ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1984

Seria: AUTOMATYKA z. 73 Nr kol. 798

Henryk KOWALOWSKI

# O PREFEROWANYCH KIERUNKACH BADAŃ PODSTAWOWYCH W AUTOMATYCE I AUTOMATYZACJI NA TLE POTRZEB GOSPODARCZYCH

Streszczenie. Uzasadnia się preferowanie w nauce o metodach i układach sterowania badań podstawowych ukierunkowanych na poszukiwania skutecznych sposobów automatyzacji dyskretnych procesów przemysłowych. Sterowanie dyskretnych procesów w oparciu o optymalizowane harmonogramy ustanawia przydziały w czasie i w przestrzeni urządzeń, narzędzi, surowców i ludzi przy uwzględnieniu wieloetapowych operacji technologicznych i zapewnia wykonanie zaplanowanych ilości i asortymentów wyrobów przy najlepszym wykorzystaniu zasobów. Występującą sprzeczność pomiędzy metodami automatyzacji konwencjonalnej a współcześnie dominującej produkcji mało- i średnioseryjnej usuwa elastyczna automatyzacja dyskretnych procesów wytwórczych drogą robotyzacji. Powiększając zdolności produkcyjne i jakość wyrobów minimalizuje się przy tym ponoszone nakłady finansowe oraz uwalnia ludzi od prac szkodliwych dla zdrowia, ciężkich i monotonnych.

1. Zarysowuje się coraz to wyraźniej pogląd, że polityka lat siedemdziesiątych była między innymi dlatego błędna, ponieważ opierała cały rozwój na nowych inwestycjach wymagających dewizowego importu, podczas gdy gdzie indziej uzyskiwano rozwój przede wszystkim przez stałą modernizację, w tym przez szeroko rozumianą automatyzację procesów wytwarzania (Doc. dr Witold Werner z Instytutu Zarządzania i Ekonomiki Przemysłu Budowlanego szacuje, że "wartość kosztorysowa wstrzymanych inwestycji wg cen 1982 r. - przeliczona po oficjalnym kursie dolara - wynosi mniej więcej tyle samo, ile zadłużenie naszego kraju za granicą: około 25 - 26 mld. dolarów").

Upatruje się, że w programie przeciwdziałania nieprawidłowościom w gospodarowaniu odegrają decydującą rolę dwa elementy: wzrost produkcji i rzeczywiście oszczędne gospodarowanie środkami materiałowymi i finansowymi.

2. Modernizacja procesów wytwarzania przez automatyzację, która łączy się z rozwiązywaniem rozlicznych zadań optymalizacji należy do podstawowych metod rozwoju produkcji przemysłowych. Czynnikami stymulującymi rozwój poprzez automatyzację są przede wszystkim wzrost wydajności i jakości procesów wytwarzania (co ma odbicie też we wzroście wynagrodzeń) oraz racjonalizacja ponoszonych nakładów materiałowych i inwestycyjnych. Znaczącym stymulatorem "modernizacji przez automatyzację" jest czynnik humani-

tarny, gdyż najczęściej wdrożenia idei automatyzacji ułatwiają ludziom pracę lub uwalniają ich od wykonywania czynności uciążliwych, monotonnych szkodliwych i niebezpiecznych dla zdrowia, a nawet życia.

3. Automatyka rozumiana jako nauka o metodach i układach sterowania obejmuje współcześnie wszystkie środki analizy i organizacji, podporządkowując posiadane środki produkcji realizacji optymalizowanego użytkowania zasobów produkcyjnych, materiałowych, energetycznych i ludzkich w procesie przemysłowego wytwarzania wyrobów.

Interdyscyplinarne zastosowanie automatyki, a więc automatyzacja może być stosowana w przypadku procesów przemysłowych albo do wydzielonych obiektów lub części procesów wytwarzania jako lokalne, lub autonomiczne układy sterowania, albo też obejmuje całkowity proces przekształcania surowców w produkt końcowy i mówimy wtedy o kompleksowych systemach sterowania i zarządzania przedsiębiorstwem. Możliwości realizacji idei automatyzacji kompleksowej są często ograniczone względami ekonomicznymi.

Automatyzacja obejmuje techniki sterowania, regulacji, pomiaru kontroli i sygnalizacji. Skoro sterowanie i regulacja procesami produkcyjnymi dokonuje się na podstawie pomiarów parametrów i charakterystyk tych procesów, pomiary są niezbędnym uzupełnieniem automatyzacji.

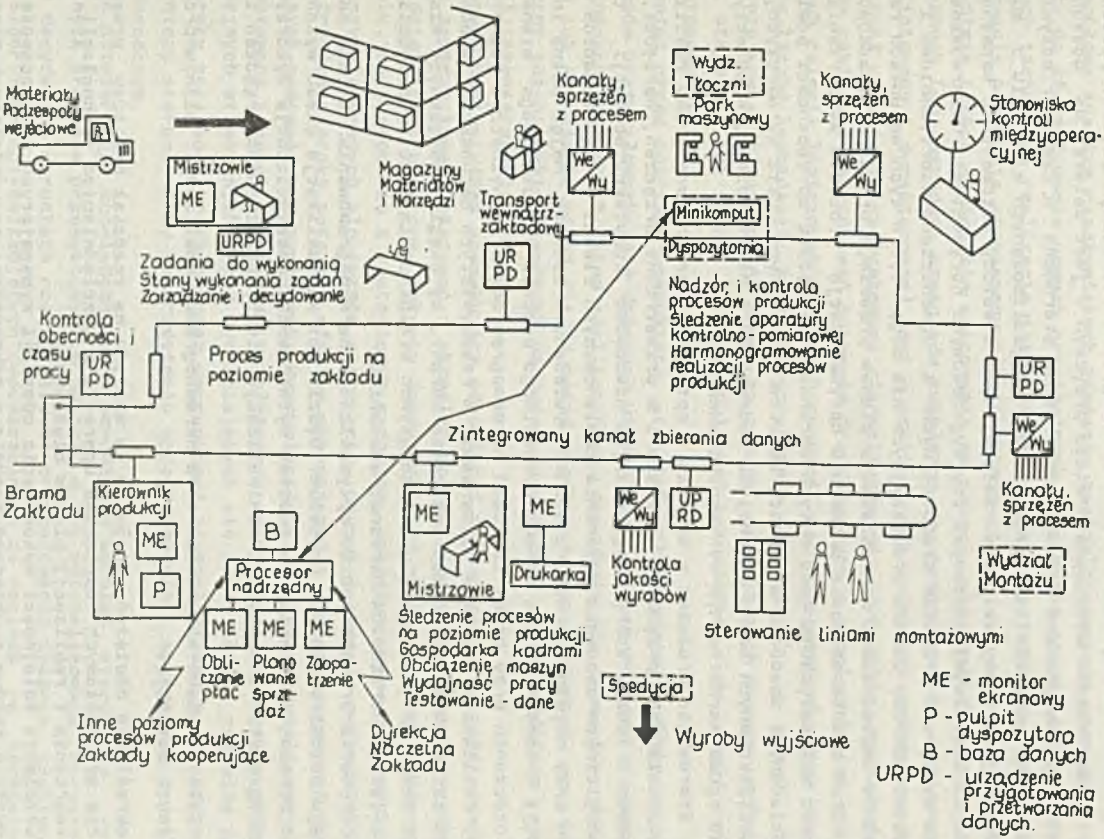
4. Automatyka jako samodzielna dziedzina nauki i techniki o własnych podstawach teoretycznych i środkach technicznych ma interdyscyplinarne zastosowania, które rozważa się w kategoriach ciągłych i dyskretnych (nieciągłych) procesów technologicznych.

Większość podstawowych problemów naukowo-badawczych oraz aplikacyjnych dotyczących sterowania ciągłymi procesami technologicznymi w agregatach powiązanych ciągłym przepływem materiałów i energii jest współcześnie dostatecznie głęboko opracowana. Potwierdzają to obecna literatura oraz liczne przykłady uzyskiwanych efektów gospodarczych takiej automatyzacji.

Występuje natomiast potrzeba rozwoju prac naukowo-badawczych w kierunku poszukiwań i zastosowań skutecznych sposobów automatyzacji dyskretnych procesów przemysłowych. Brak jest syntetyzujących opracowań podstaw teorii sterowania tymi procesami, które tworzą kompleksy operacji technologicznych uwarunkowanych logicznie w czasie i w przestrzeni [1].

Tymczasem dyskretne procesy przemysłowe, których wielostapowe technologie są nieciągłe i niejednorodne, a produktami są wyroby o złożonej budowie obejmują procesy wytwarzania dominujące w przemysłach elektromaszynowych, maszynowych, samochodowych i hutniczych, takie jak: procesy kucia, tłoczenia, walcowania, skrawania, spawania montażu (rys. 1). Trudności automatyzacji procesów dyskretnych rosną przy produkcji średnio- i małoseryjnej dominującej we współczesnych procesach wytwórczych.

Specyfiką dyskretnych procesów przemysłowych jest potrzeba uwzględniania w ich automatyzacji udziału człowieka. Człowiek jako bezpośredni element wykonawczy w przemysłach o procesach dyskretnych aktywnie ingeruje w przebiegi technologiczne, gdyż jego własności psychofizyczne i umiejęt-




Rys. 1. Dyskretne procesy wytwarzania w zakładzie produkcyjnym

ności w powiązaniu z rodzajami wykonywanych operacji wpływają na efekty wytwarzania oraz na motywacje jego działań. Zmianę tego stanu umożliwia tam gdzie jest to uzasadnione, elastyczna automatyzacja dyskretnych procesów przemysłowych drogą robotyzacji [3].

5. Współczesna praktyka sterowania dyskretnymi procesami przemysłowymi na podstawie optymalizowanych harmonogramów realizacji planów produkcyjnych jest rzadko stosowana z wielu przyczyn - jest daleka od doskonałości. Automatyzowane procesy wytwarzania sterowane w czasie rzeczywistym należą do wyjątków. Nie wprowadza się optymalizowanych w oparciu o modele odwzorujące stany obiektów rzeczywistych i metody automatyki, harmonogramów za zmianowymi, dobowymi czy tygodniowymi horyzontami. Obserwowana niska wydajność procesów produkcyjnych i ograniczane asortymentowo i ilościowo zakresy planów produkcyjnych nie mogą być w tych warunkach racjonalnie uzasadnione, bo realizacja planów przebiega prawie przypadkowo.

Brak zainteresowania przemysłu optymalizacją procesów wytwarzania poprzez automatyzację może w tych warunkach pogłębiać sprzeczności pomiędzy posiadanymi zasobami w postaci bogactw naturalnych, sił wytwórczych, wykwalifikowanych kadr, potencjału badawczego a niewłaściwym, nieefektywnym lub zgoła marnotrawnym ich spożytkowaniem.

Sterowanie procesem w oparciu o optymalizowane harmonogramy realizacji ustanawia taki przydział w czasie i w przestrzeni urządzeń, narzędzi, surowców i ludzi, który uwzględniając niezbędne kompleksy operacji technologicznych zapewnia wykonanie zaplanowanych ilości i asortymentów wyrobów przy najlepszym wykorzystaniu posiadanych zasobów. Mając pełną informację o istotnych dla danego dyskretnego procesu produkcyjnego stanach i o otoczeniu przy braku zakłóceń harmonogram można by wyznaczyć jednorazowo. Realizacja procesów wytwarzania w rzeczywistych warunkach, w obecności zakłóceń wymaga przeprowadzania korekt, by ciągi powiązanych wzajemnie zadań optymalizacyjnych rozwiązywać wielokrotnie nawet w przedziałach przyjętych horyzontów harmonogramowania.

Kryteria przyjmowane do optymalizacji harmonogramowania zależą od rodzaju automatyzowanych procesów. Będzie to: minimalizacja czasu wykonywania wyrobu, minimalizacja kosztów wytwarzania, maksymalizacja wykorzystania agregatów i narzędzi, minimalizacja liczby przezbrojeń urządzeń i inne.

Cele stawiane optymalizowanym harmonogramom realizacji planów produkcyjnych obejmują:

- określanie obciążeń agregatów ze względu na rozdział pomiędzy urządzenia szczegółowych kompleksów operacji z uwzględnieniem technologii wytwarzania i realizacji planów bieżących;
- ustalanie kolejności wykonywania operacji wymagających precyzowania decyzji o każdym z urządzeń zgodnie z sekwencjami przydzielonych operacji i z logicznymi następstwami wykonawstwa tych operacji;

- wyznaczanie czasowych harmonogramów wykonawstwa z uwzględnieniem wyników badań obciążeń agregatów, normatywów technologicznych i kwalifikacji robotników.

Poszukiwania rozwiązań takich zadań harmonogramowania w oparciu o szczegółową analizę rzeczywistych procesów technologicznych prowadzą z reguły do sformułowania nowych oryginalnych algorytmów optymalizacyjnych, których techniczna realizacja jest możliwa w zautomatyzowanych systemach sterowania produkcją wspomaganych komputerowo [2].

Synteza takich algorytmów sterowania za pomocą eleganckich metod analitycznych (np. metodami przeglądu zupełnego czy programowania sieciowego, liniowego i dynamicznego) jest w praktycznych zadaniach sterowania dyskretnymi procesami przemysłowymi nierealizowalna, gdyż opis macierzowy stanów zakładu i uwarunkowań procesów produkcyjnych z uwzględnieniem wzajemnych relacji logicznych możliwych operacji technologicznych daje tak wielką liczbę kombinacji, że czas wyznaczania najlepszych z uwagi na przyjęte kryteria rozwiązań, nawet za pomocą najszybszych maszyn cyfrowych, staje się tak długi, a koszty obliczeń tak wysokie, że traci sens ich stosowanie.

Stojąc przed potrzebą poszukiwań sterowań rzeczywistych dyskretnych procesów przemysłowych, nie dających użytecznych rozwiązań przy stosowaniu znanych dokładnych metod analitycznych, poszukuje się nowych - ścisłych lub równolegle sięga się do metod rozwiązań heurystycznych, ze sfery sztuk inżynierskich opartych na doświadczeniach - umiejętnościach i intuicji inżynierskiej.

Metody heurystyczne poszukujące odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób można zapoczątkować, sterować i określać wolną - lecz nie samowolną - złożoną działalność umysłową, tak aby doprowadzić do osiągnięcia wyznaczonego celu, łączącego się z postawionym zadaniem, wykorzystywane do poszukiwań optymalizowanych algorytmów sterowania, mogą być obecnie najwydajniejszym źródłem szeroko pojętych efektów ekonomicznych automatyzowanych dyskretnych procesów przemysłowych. Heurystyczne algorytmy optymalizacyjne projektowane z uwagi na uzyskanie założonych celów i formalizację reguł decyzyjnych stosowanych przez wyróżniających się robotników i rzetelną inżynierską znajomość procesów oraz uwarunkowań technologicznych są podstawą syntezy sterowań przy wykorzystaniu oprogramowania i sprzętu emc w trybie doradczym.

Jak potwierdzają doświadczenia, o powodzeniu wdrożeń sterowania dyskretnych procesów przemysłowych w oparciu o tak optymalizowane harmonogramy decydują w warunkach rzeczywistych: przygotowanie zbiorów efektywnych algorytmów optymalizujących dopuszczalnych ze względu na technologię, czasy wykonywania przez Łemc operacji algebraicznych i logicznych, wymagane pojemności pamięci operacyjnych i zewnętrznych oraz organizacja cykli wprowadzania i wyprowadzania informacji o stanach procesów.

Duże szanse otrzymania suboptymalnych rozwiązań dają również poszukiwania syntezy sterowań przy wykorzystaniu metod budowy cyfrowych modeli symulacyjnych procesów oraz zbiorów priorytetów i funkcji priorytetów uwzględniających rzeczywiste struktury wytwarzania. Uzyskiwane przy tym sterowania w postaci zbiorów przepisów postępowania można wykorzystywać do sterowania dyspozytorskiego.

Zastosowania otrzymywanych harmonogramów nie ogranicza wcale niemożność oceny różnic wartości kryteriów jakości uzyskiwanych i optymalnych, jeśli tylko otrzymywane przy wykorzystywaniu tych sterowań szeroko rozumiane efekty ekonomiczne są lepsze od tych, które osiągał zakład przed wprowadzeniem takiej automatyzacji.

6. Uznaje się coraz powszechniej, że oczekiwaną optymalizowaną wydajność w dyskretnych procesach produkcyjnych oraz jakość wyrobów osiąga się w zintegrowanych systemach technicznego przygotowania procesu wytwarzania, sterowania technologią wytwarzania oraz zarządzania zakładem. Podkreśla się coraz częściej, że postęp w tej dziedzinie posiada istotne znaczenie dla rozwoju gospodarczego kraju [4]. Trzeba więc w zakresie badań podstawowych w automatyce i automatyzacji przesunąć punkt ciężkości z badań nad sterowaniem procesami ciągłymi na rzecz badań nad sterowaniem dyskretnymi procesami przemysłowymi. Wyniki tych badań w szczególności nad metodyką budowy modelu procesów i identyfikacji kompleksów operacji uwarunkowanych algorytmami optymalizującymi rodziały zasobów i zadań, sterowaniem kolejnością wykonywania zadań i obsługą zadań w czasie rzeczywistym a także nad systemami aktywnymi, jak potwierdza praktyka mogą mieć także istotne znaczenie utylitarne nawet bez wydatnych nakładów inwestycyjnych.

7. Dyskretne technologie wytwarzania - jednostkowe, mało- czy średnioseryjne, potokowe i zautomatyzowane powinny sprostać wymogom konkurencyjności produkowanych wyrobów. Łączy się to z potrzebą okresowego dostosowywania parametrów i charakterystyk wyrobów do zmieniających się, zróżnicowanych wymagań odbiorców. Przedsiębiorstwa nie nadążające za zmianami profilów produkcyjnych, uwzględniających wymagania dyskretnego wytwarzania modyfikowanych (lub nowych) wyrobów, ryzykują spadkiem popytu wywołującym dalsze poważne zakłócenia. Pojawiające się wtedy stany kryzysowe stymulują najczęściej okresową wymianę kapitałochłonnego wyspecjalizowanego parku maszynowego (np. automatów) oraz przekwalifikowanie się załogi.

Występującą w tych warunkach sprzeczność pomiędzy metodami automatyzacji konwencjonalnej (przydatnej jeszcze do produkcji masowej) a potrzebami automatyzacji współcześnie dominującej produkcji średnio- i małoseryjnej usuwa potencjalnie elastyczna automatyzacja dyskretnych procesów wytwarzania drogą robotyzacji.

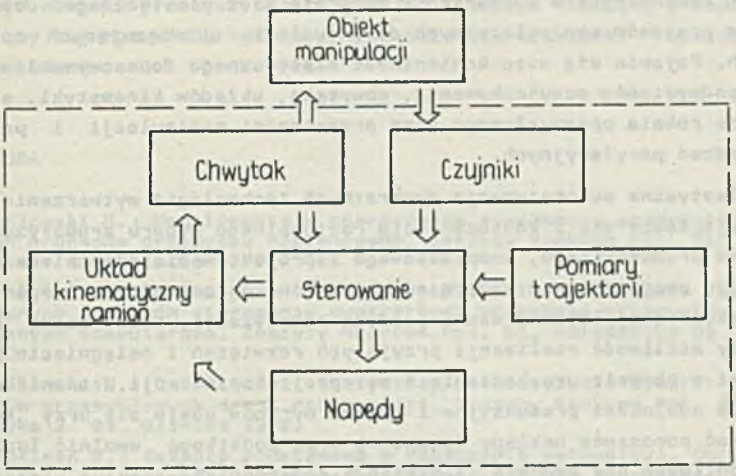
8. Roboty przemysłowe jako środki elastycznej automatyzacji zastępującej pracę ręczną człowieka w procesach produkcyjnych trudno zdefiniować pokrótce i wyczerpująco. Są to bowiem złożone maszyny robocze, które wy-

posaża się, celem samodzielnego manipulowania obiektami produkcji,w spełniające wymagania dyskretnego procesu wytwarzania narzędzia, których ruchy programuje się w danych osiach swobody orientując, pozycjonując i szeregując określone kompleksy operacji roboczych.

Robot przemysłowy - sterowany manipulator - można bliżej określić jako system urządzeniowy wyszczególniając jego podstawowe elementy składowe albo opisując funkcje jakie ten system spełnia.

Rozpatrując podstawowe elementy składowe systemu robota przemysłowego wyróżnia się:

- konstrukcje mechaniczne - rozwiązania układów kinematycznych ramion i chwytaków oraz ruchomą lub nieruchomą podstawę;
- zespoły napędowe;
- układy czujników do zbierania informacji o otoczeniu i o stanach robota;
- układy sterowania, do komunikacji człowieka z robotem, przetwarzania i wypracowania informacji;
- obiekty manipulacji oddziałujące na prccę wszystkich elementów składowych robota (rys. 2).




Rys. 2. Elementy składowe systemu robota przemysłowego

Definiując robot przemysłowy z punktu widzenia jego możliwości wykonawczych, stanowi on trójwymiarowy system urządzeniowy przeznaczony do odtwarzania zależności:

- fizycznych (siła, ruch, prędkość, stabilność charakterystyk, niezawodność, żywotność, zdolność wykonywania prac),
- umysłowych (odczuwanie, postrzeganie, zapamiętywanie, logiczne kojarzenie, uczenie się);
- funkcjonalnych (uniwersalność, mobilność, przystosowalność).

9. Rodzi się potrzeba rozwinięcia badań nad identyfikacją i ewidencją parametrów oddziałujących na elastyczność automatyzacji drogą robotyzacji. Uwzględnić należy zarówno obiekty produkcji i narzędzia obróbki, jak i dyskretne technologie wytwarzania, a także wymagania wnoszone przez cykle manipulacji roboczych. Przykładowo, można wymienić takie źródła ograniczeń oddziałujących na koncepcje sterowania, jak: konieczność przezbrojeń narzędzi obróbki do odmiennych geometrii elementów surowych, wariacje stanowisk dostawy, załadunku, pracy i odstawy, różne geometrie wyrobów gotowych, osobliwości powierzchni roboczych, rozliczne operacje obróbki wieloetapowej.

Operacje procesów montażu wywierają dodatkowe wpływy uwzględniające konieczne tolerancje, wymiary narzędzi, położenia osi montowanych elementów i podzespołów i inne. Procesy spawania ze zmianą zadań roboczych wnoszą różnice w trajektoriach ruchu elektrod, nachyleniach krawędzi i kształtów szczelin spawów, zmiany prędkości posuwu elektrod, ruch obiektów obróbki i inne. Technologie pokrywania wymagają uwzględnienia rodzajów i kształtów powierzchni obiektów, własności mediów nakładanych, prędkości ruchu obrabianych obiektów itd.

Wariacje zadań roboczych w jednostkowych, mało- i średnioseryjnych dyskretnych technologiach wytwarzania wymagają więc elastycznego dopasowywania się procesów manipulacyjnych do aktualnie obowiązujących operacji roboczych. Pojawia się więc konieczność elastycznego dopasowywania do tych wymagań podsystemów oczujnikowania, chwytaka, układów kinematyki, a także sterowania robota przemysłowego oraz przestrzeni manipulacji i potrzebnych urządzeń peryferyjnych.

10. Elastyczna automatyzacja dyskretnych technologii wytwarzania drogą robotyzacji łączy się z koniecznością racjonalnego wyboru zrobotyzowanego stanowiska produkcyjnego, kompleksowego zaprojektowania stanowiska pracy robota przy uwzględnianiu zagadnień elementów, parametrów i organizacji oraz aspektów socjalnych i ekonomicznych robotyzacji. Każdorazowo zapewnić należy możliwość realizacji przyjętych rozwiązań i osiągnięcie pełnej sprawności w okresie uruchamiania i wstępnej eksploatacji stanowiska. Powiększając zdolności produkcyjne i jakość wyrobów udaje się przy tym minimalizować ponoszone nakłady finansowe oraz dodatkowo uwolnić ludzi od prac szkodliwych dla zdrowia, ciężkich i monotonnych.

Elastyczna automatyzacja drogą robotyzacji zapowiada więc kardynalny przełom w ekonomicznych i społeczno-politycznych warunkach życia ludzi zatrudnionych w dyskretnych procesach przemysłowego wytwarzania wyrobów.

11. Rozwój badań podstawowych nad elastyczną automatyzacją dyskretnych procesów przemysłowych drogą robotyzacji, stymulowanych okresowo zmiennymi przebiegami kompleksów operacji roboczych, a więc wariacjami wejściowych i wyjściowych parametrów i cech konstrukcyjnych produkowanych wyrobów, posiada obecnie duże znaczenia praktyczne. Nikłe jeszcze efekty zastosowań produkowanych w kraju robotów przemysłowych można tłumaczyć bra-

kiem opracowań podstawowych oraz - sprawdzonych technik postępowań projektowych i wdrożeniowych zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych, a także, może, ciągle jeszcze występującymi sprzecznościami pomiędzy prawodawstwem pracy oraz regułami wprowadzanej reformy i racjonalnego gospodarowania.

Alternatywę elastycznej automatyzacji są, jak już podkreślono, kapitałochłonne okresowe przezbrojenia maszyn i urządzeń, wyposażeń linii wytwórczych na co nie stać obecnie producentów w nawet wysoko rozwiniętych gospodarczo i bogatych krajach.

12. Przedstawione tendencje i sugestie wskazują na to, co zdaniem autora trzeba preferować w badaniach podstawowych w automatyce i automatyzacji na tle rozpoznanego stanu w przemyśle i na tle potrzeb gospodarczych kraju.

Posiadane doświadczenia własne, a także uzyskane wyniki rozwijanych w Instytucie Automatyki prac w tej dziedzinie rodzą już dziś możliwości techniczne realnych zastosowań przemysłowych. Potrzebna jest jednak szersza akceptacja tych idei w zainteresowanych gałęziach przemysłu wytwórczego, który powinien podejmować ryzyko realizacji takich optymalizacji.

To, co jest już dzisiaj technicznie możliwe do wykorzystania i to co akceptuje obecnie przemysł niestety dzieli jeszcze widoczna przepaść, którą staramy się rozumieć, wpływając równocześnie wszelkimi sposobami na jej niwelowanie.

LITERATURA

[1] Kowalowski H.: Modelowanie w operatywnym sterowaniu produkcją dyskretnych procesów przemysłu maszynowego. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. Automatyka z. 43, Gliwice 1978.

[2] Kowalowski H.: Ważniejsze zasady projektowania i wdrażania automatyzowanych systemów sterowania dyskretnymi procesami przemysłowymi wspomaganych komputerowo. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. Automatyka 55, Gliwice 1980.

[3] Kowalowski H.: Osobliwości elastycznej automatyzacji dyskretnych procesów przemysłowych drogą robotyzacji. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. Automatyka z. 64, Gliwice 1982.

[4] Findeisen W.: Badania podstawowe w dziedzinie automatyki. Opracowanie Komitetu Automatyki i Cybernetyki Technicznej PAN. Warszawa 7 XI 1980.

Recenzent: Prof. dr inż. Henryk Górecki

Wpłynęło do Redakcji: kwiecień 1983 r.

О ПРЕФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ ОСНОВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
В АВТОМАТИКЕ И АВТОМАТИЗАЦИИ НА ФОНЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ

Р е з ю м е

В работе доказывается потребность предпочтения основных исследований направленных на успешное управление дискретными промышленными процессами на основе оптимализированных календарных планов, а также путём эластической автоматизации этих процессов с использованием промышленных роботов.

ABOUT PREFERED DIRECTIONS OF FUNDAMENTAL INVESTIGATIONS
IN AUTOMATIZATION WITH RESPECT TO THE ECONOMIC NEEDS

S u m m a r y

In this paper the prefering of the fundamental investigations in science about control methods and systems is substantiated. It relates to the fundamental investigations proceeded in the direction of the research for the efficacious ways of the discrete industrial processes automatization. There are discussed problems of the discrete industrial processes control based on optimizied schedules of production and elastic automatization of these processes using robots.