

Ireneusz Gania*

Elastyczne Systemy Produkcyjne (ESP)

Dzięki szybkiemu postępowi naukowo – technicznemu w takich dziedzinach, jak automatyka, elektronika, informatyka, powstają nowe możliwości kompleksowej automatyzacji procesów produkcyjnych, obejmujących cały obszar produkcji – począwszy od projektowania wyrobu przez programowanie procesu technologicznego, obróbkę i montaż, a skończywszy na dostarczeniu gotowego wyrobu odbiorcy [2]. Wdrażanie elastycznych systemów produkcyjnych, opartych na zastosowaniu nowoczesnych, sterowanych numerycznie urządzeń, komputerów, robotów, systemów wspomagających prace projektowo – konstrukcyjne, jest naczelną zasadą przedsięwzięć, mających na celu unowocześnienie technologicznej bazy w przedsiębiorstwie, a przede wszystkim usprawnienie organizacji produkcji.

Pojęcie elastyczności

Pojęcie elastyczności kojarzy się z łatwością adaptacji procesów lub systemów gospodarczych do pożądaných warunków lub zmian, zachodzących w otoczeniu [1]. Jednak elastyczność jest pojęciem bardziej złożonym i nie może być odnoszona jedynie do urządzeń lub form realizacji procesów technologicznych. Elastyczność jest więc przede wszystkim cechą systemów gospodarczych, decydującą o możliwościach ich adaptacji do zmieniających się wymogów funkcjonowania otoczenia. Obok produktywności oraz jakości i niezawodności, elastyczność jest główną składową konkurencyjności systemów gospodarczych.

Przesłanki powstania, rozwoju i projektowania ESP

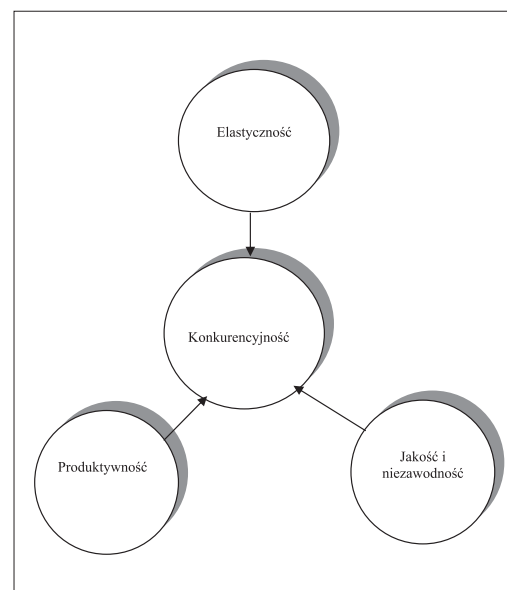
Rozwój elastycznych systemów produkcyjnych (*ang. Flexible Manufacturing System – FMS*) i rozwiązań pochodnych (elastyczne systemy selekcji i kompletacji, automatyczne magazyny) rozpoczął się w latach 80. ubiegłego wieku. Przyczyną zainteresowania tą wysoko za-

awansowaną technicznie i wymagającą wtedy dużych nakładów na etapie inwestycji formą jednostki produkcyjnej była odczuwana przez przemysł produkujących w skali światowej krajów presja kosztów, powiązana z różnicowaniem się potrzeb klientów.

Różnicujące się zapotrzebowania klientów prowadziły do dużych i szybko następujących zmian w asortymencie montowanych wyrobów, wytwarzanych części czy kompletowanych wysyłek. W tradycyjnie zorganizowanych jednostkach produkcyjnych prowadziło to do konieczności odchodzenia od wytwarzania w partiach ekonomicznych częstszych, niż przewidywały to harmonogramy przebrojeń, spadku efektywnego obciążenia (wzrost udziału czasu przygotowawczego – zakończeniowego itp.). Wszystko to prowadziło do wzrostu kosztów wytwarzania. Częste przebrojenia powodowały też wzrost kosztów robocizny, wynikający z konieczności wzrostu kwalifikacji bezpośredniej obsługi maszyn i urządzeń (a co za tym idzie – wzrostu wynagrodzeń) oraz kosztów szkolenia pracowników. W odpowiedzi na narastające problemy przemysł zaczął poszukiwania obniżki kosztów wytwarzania, zwiększenia możliwości produkcyjnych oraz zwiększenia konkurencyjności.

Analiza celowości wdrażania ESP oraz problemy z tym związane

Warunkiem utrzymania się przedsiębiorstwa na rynku jest zdolność szybkiego reagowania na nowe potrzeby, czyli skracanie cykli wdrażania nowych wyrobów oraz szybkie uruchamianie i realizowanie zleceń produkcyjnych przy jednoczesnym zapewnieniu odpowiedniej jakości wyrobów i zachowaniu niskiej ceny. Nieodzowne staje się zatem tworzenie systemów produkcyjnych, opartych na rozwiązaniach zapewniających wysoką efektywność funkcjonowania przedsiębiorstwa i spełniających jednocześnie wszystkie wymogi związane z oczekiwaniami rynku [1], [2].



Rys. 1. Główne składowe konkurencyjności współczesnego przedsiębiorstwa.
Źródło: opracowanie własne na podstawie [1].

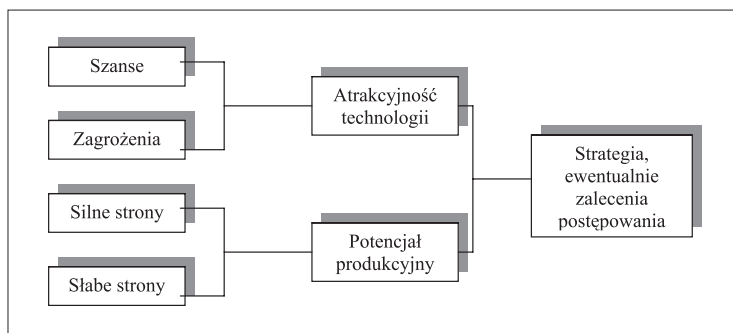
Istnieje wiele przesłanek przemawiających za stosowaniem w określonych warunkach ESP, a korzyści związane ze stosowaniem ich są następujące:

- wzrost stopnia wykorzystania środków trwałych,
- niższe koszty wyposażenia (ogółem),
- zmniejszenie kosztów robocizny bezpośredniej,
- zmniejszenie zapasów robót w toku oraz cykli produkcyjnych,
- szybkie reagowanie na zmienne zadania produkcyjne,
- odporność na zakłócenia wewnętrzne,
- wzrost jakości produkowanych wyrobów,
- wzrost wydajności,
- łatwość rozbudowy systemu.

Jednym z podstawowych zadań w trakcie projektowania ESP jest możliwość jak najwcześniejsze ustalenie, czy i jak projektowany system będzie spełniał aktualne i przyszłe cele przedsiębiorstwa. Jest to najważniejszy element gwarantujący, iż system będzie miał odpowiedni poziom zdolności produkcyjnych. W związku z tym potencjalne korzyści wdrażania ESP mogą być następujące [1]:

- obniżka kosztów produkcji,
- zmniejszenie zatrudnienia,
- skrócenie cykli produkcyjnych,
- zmniejszenie zapasów robót w toku,
- zwiększenie zdolności produkcyjnych,

* Autor jest pracownikiem Instytutu Inżynierii Zarządzania, ZOPiZ, Politechniki Poznańskiej w Poznaniu



Rys. 2. Tworzenie normatywnych strategii wdrażania ESP. Źródło: [1].

- modernizacja wyposażenia produkcyjnego,
- rozszerzenie asortymentu produkowanych wyrobów,
- wzrost elastyczności systemu,
- wzrost konkurencyjności przedsiębiorstwa.

Cele wdrażania ESP powinny być ustalane indywidualnie dla danego przedsiębiorstwa.

Innym kryterium oceny ESP w ramach studiów przedprojektowych jest ocena szans i zagrożeń. Celem takiej oceny jest wypracowanie konkretnych zaleceń lub też tzw. strategii normatywnych dla wdrożenia ESP w przedsiębiorstwie.

Przedsiębiorstwo podejmujące decyzję o budowie ESP staje wobec problemu wyboru własnej strategii działania w dłuższym przedziale czasu, koniecznych zmian w technikach wytwarzania oraz swej strukturze organizacyjnej. Inny rodzaj ryzyka związany jest ze zmiennym poziomem popytu na produkowane wyroby w ESP i związanego z tym stopnia wykorzystania obrabiarek. Dlatego decyzja o budowie ESP ma charakter strategiczny dla przedsiębiorstwa, gdyż musi uwzględniać wszystkie wymagania i ograniczenia, jak koszty ekonomiczne i społeczne opanowania nowej technologii.

Wdrażanie ESP może być realizowane w następujący sposób:

- drogą ciągłej modernizacji istniejącego systemu produkcyjnego,
- stopniowo, budując system produkcyjny zgodnie z opracowanym planem,
- budując od podstaw nowy system jako jednorazowe przedsięwzięcie inwestycyjne.

Wybór jest uwarunkowany sytuacją przedsiębiorstwa a także cechami nowej technologii.

Budowa elastycznych systemów produkcyjnych.

Ogólny model

Elastyczne Systemy Produkcyjne (ESP) to zintegrowany, sterowany komputerowo kompleks maszyn i urządzeń technologicznych, sterowanych numerycznie (*ang. Computer Numerically Controlled – CNC*), urządzeń przemieszczania materiałów i pomocy warsztatowych oraz automatycznych urządzeń pomiarowych i diagnostycznych z minimalną obsługą ręczną i krótkimi czasami przezbrojeń, mogący produkować dowolny wyrób należący do określonej klasy przedmiotów o wspólnych cechach technologicznych i zróżnicowanych cechach konstrukcyjnych w ramach swych określonych możliwości, zgodnie z wymaganą kolejnością (harmonogramem). ESP ze względu na ciągły rozwój automatyzacji stanowi jeden z etapów przechodzenia od obrabiarek konwencjonalnych, poprzez obrabiarki bezpośrednio sterowane numerycznie – DNC (*ang. Direct Numerical Control*) do komputerowo zintegrowanego wytwarzania – CIM

(*ang. Computer Integrated Manufacturing*) [5], [6], [7].

Elastyczne systemy produkcyjne to obiekty techniczne o wielkim stopniu złożoności. Ich poprawne zaprojektowanie i kierowanie wymaga odpowiedniej dekompozycji systemu na: podsystemy i części składowe [8].

Podsystemy

ESP jest zbiorem powiązanych, wzajemnie zależnych podsystemów determinujących jego cechy i możliwości, z których można wyróżnić [1].

- podsystem wytwarzania (maszynowy, obróbkowy),
- podsystem transportu,
- podsystem magazynowania,
- podsystem manipulacji (przemieszczania),
- podsystem pomocy warsztatowych,
- podsystem zasilania i usuwania odpadów,
- podsystem sterowania,
- podsystem kontroli i diagnostyki.

Podsystem wytwarzania jest najważniejszym podsystemem funkcjonalnym ESP. Realizuje on bowiem podstawowe zadania systemu, decydując o takich parametrach techniczno – ekonomicznych, jak: wydajność, jakość produkcji, elastyczność, stopień automatyzacji, nakłady inwestycyjne, koszty produkcji i in. Podsystem wytwarzania stanowią urządzenia technologiczne, maszyny, obrabiarki, stanowiska robocze i montażowe, realizujące określone metody wytwarzania oraz funkcje pomocnicze.

Podsystem przepływu materiałów odnosi się do przepływu przez ESP przedmiotów obrabianych, narzędzi oraz uchwytów mocujących lub ich elementów. W ramach tego podsystemu wyróżnić możemy następujące elementy funkcjonalne: składowanie, manipulacja oraz transport.

Podsystem przepływu strumieni informacyjnych tworzą układy sterowania wraz z oprogramowaniem oraz układy diagnostyczne – nadzorujące, realizujące funkcje kontroli, zapewniające i warunkujące możliwość pracy systemu bez bezpośredniego dozoru operatorów.

Elementy składowe

Podstawowymi elementami elastycznych systemów produkcyjnych są obrabiarki i inne urządzenia technologiczne ze sterowaniem numerycznym NC (*ang. Numerical Control*) lub komputerowym sterowaniem numerycznym CNC (*ang. Computerized Numerical Control*). Termin sterowanie numeryczne oznacza sterowanie automatyczne ruchami zespołów obrabiarki, a także jej funkcjami pomocniczymi, zgodnie z danymi i instrukcjami tworzącymi program [1].

Ponadto elastyczne systemy produkcyjne w swojej ogólnej konfiguracji zawierają następujące elementy:

- maszyny i urządzenia produkcyjne:
 - obrabiarki sterowane numerycznie, uniwersalne lub specjalne z automatyczną wymianą narzędzi i stałym lub wymiennym magazynem narzędzi
 - centra montażowe
 - maszyny i urządzenia pomiarowe
- urządzenia transportowe:
 - roboty przemysłowe
 - wózki automatycznie kierowane
 - transportery, przenośniki karuzelowe, zmieniacze palet
 - suwnice i układarki regalowe
- magazyny:
 - zautomatyzowany magazyn centralny

- magazyny lokalne
- bufony międzyoperacyjne przy obrabiarkach
- sieć nadzorujących komputerów (realizująca następujące funkcje):
 - kierowanie marszrutami przepływu części przez system
 - śledzenie stanu wykonania części
 - przekazywanie instrukcji wykonania poszczególnych części
 - nadzorowanie prawidłowości wykonania operacji i sygnalizowanie zagrożeń.

Zasady funkcjonowania

Funkcjonowanie elastycznych systemów produkcyjnych wiąże się z przepływem informacji i materiałów. Jego istotą jest oddziaływanie na proces produkcyjny (podstawowy i pomocniczy) w celu zapewnienia realizacji zadań produkcyjnych określonego systemu, ujętych w formie planu produkcji dla ustalonego przedziału czasu [1].

System sterowania produkcją w ESP, w odniesieniu do procesu produkcyjnego podstawowego, realizuje następujące zadania:

- planowanie i sterowanie przepływem produkcji (np. terminowanie zleceń, obciążanie zapasów, itp.),
- sterowanie urządzeniami produkcyjnymi (np. dostarczanie informacji sterujących do urządzeń technologicznych, pomiarowych, itp.).

W odniesieniu do procesów produkcyjnych pomocniczych zadania systemu sterowania są następujące:

- zapewnienie odpowiedniego poziomu jakości produkowanych wyrobów,
- sterowanie procesami transportu,
- sterowanie procesami magazynowania,
- sterowanie procesami gospodarki narzędziowej,
- sterowanie procesami utrzymania ruchu maszyn i urządzeń.

Sterowanie produkcją

System sterowania produkcją w ESP koordynuje i nadzoruje działania wszystkich podsystemów funkcjonalnych i urządzeń. Obejmuje zatem sterowniki obrabiarek, urządzeń transportowych, urządzenia kontrolno – diagnostyczne, sieci transmisji danych oraz system komputerowy wraz z oprogramowaniem wspomagającym funkcje sterowania i nadzoru, niezbędne dla utrzymania wysokiej wydajności systemu oraz stopnia wykorzystania maszyn i urządzeń.

System sterowania ma budowę hierarchiczną, najczęściej trójpoziomową.

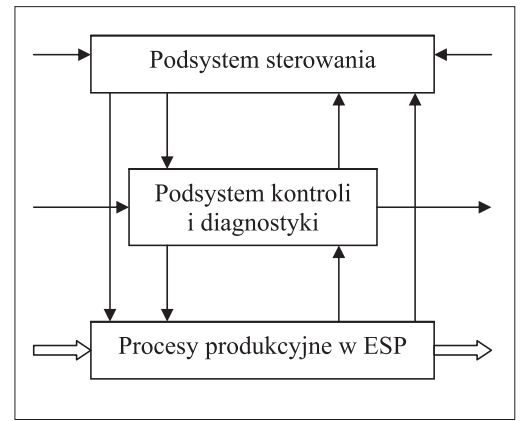
Centralnym problemem sterowania produkcją w ESP jest planowanie przydziału zasobów dla realizacji określonych zadań. Jest to podstawa rozwiązywania dalszych problemów sterowania produkcją, w tym: harmonogramowania zadań transportowych, magazynowania, zmiany narzędzi i innych. Planowanie kolejności realizacji zadań odbywa się cyklicznie w kolejnych fazach różniących się długością horyzontu planowania i szczegółowością planowania.

Projektowanie elastycznych systemów produkcyjnych

Elastyczny system produkcyjny jako obiekt projektowania charakteryzuje się szeregiem właściwości, które określają możliwość jego zastosowania, zachowanie w warunkach funkcjonowania, czy techniczno – ekonomiczne wskaźniki. Właściwości te możemy podzielić na dwie grupy. Właściwości pierwszej grupy mogą się zmieniać w określonych przedziałach zgodnie z założeniami projektanta, a więc jako zmienne sterowalne są parametrami obiektu. Właściwości drugiej grupy zależą od parametrów obiektu, czyli zmiennych sterowniczych, zwanych charakterystykami. Charakterystyki te mogą zależeć nie tylko od parametrów, lecz od innych, drugorzędnych niemierzalnych czynników, zwanych wielkościami losowymi. Związek pomiędzy charakterystykami obiektu projektowania z jednej strony i czynnikami zewnętrznymi z drugiej strony, stanowi model matematyczny. Dlatego należy wyodrębnić zbiór parametrów sterowniczych, charakteryzujących system i określić przekształcenie tych parametrów w charakterystyki [1], [2].

Konieczna i wystarczająca dla projektowania elastycznego systemu produkcyjnego ilość informacji powinna być zawarta w przedmiotach, które będą w nim obrabiane. Lecz obecny poziom wiedzy nie pozwala nam wyodrębnić i w odpowiedni sposób przetworzyć powiązań informacyjnych w taki sposób, aby informacje o częściach transformować w informację, opisującą optymalny system projektowania ESP.

Proces projektowania ESP jest więc procesem selekcji niezbędnej informacji o częściach, maszynach technologicznych, urządzeniach transportowych, magazynach, paletach, narzędziach i jednocześnie odpowiedniego jej przetworzenia.



Rys. 3. Powiązania podsystemu sterowania i podsystemu kontroli i diagnostyki w ESP. Źródło: [1].

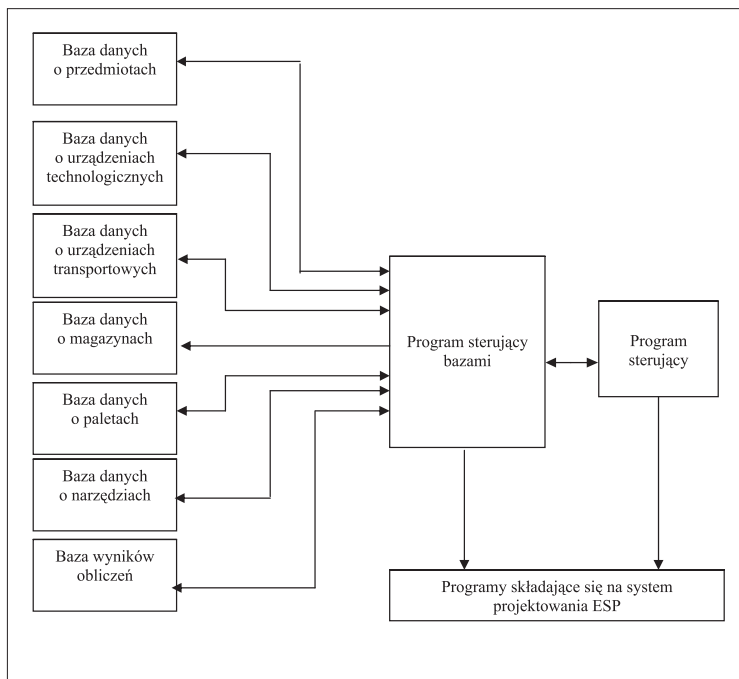
Właściwości przedmiotów obrabianych. Przystępując do projektowania elastycznego systemu produkcyjnego należy określić rodzaj przedmiotów, do obróbki których będzie on przeznaczony. Również takie dane, jak rysunki części, warunki techniczne, itp. powinny się znaleźć w zbiorze informacji, niezbędnych do projektowania elastycznego systemu.

Analiza urządzeń technologicznych pod kątem możliwości technicznych.

W procesie projektowania niezbędna jest także informacja o urządzeniach technologicznych (obrabiarki, urządzenia kontrolno – pomiarowe, urządzenia do obróbki cieplnej, itp.), magazynach, paletach, narzędziach, itp. Dzięki takiej analizie funkcji maszyn i ich charakterystyk technicznych możemy wyodrębnić tak ważną, a zarazem istotną dla procesu projektowania ESP informację. Wynika stąd konieczność opracowania baz danych o przedmiotach, urządzeniach technologicznych, urządzeniach transportowych, magazynach, paletach, narzędziach skrawających, które zawierałyby informacje niezbędne do projektowania ESP.

W procesie projektowania elastycznego systemu produkcyjnego, w pierwszej kolejności należy opracować podsystem wytwarzania, czyli dynamiczny podsystem obrabiarek wraz z zachodzącymi w nim procesami oraz – na podstawie otrzymanych wyników – pozostałe funkcjonalne podsystemy ESP.

Zarówno cały ESP, jak również jego elementy składowe, powinno rozpatrywać się w powiązaniu z otoczeniem, z którym dany system wzajemnie wymienia się materiałami oraz zasobami informacyjnymi i energetycznymi. Niezbędne i w pełni wystarczające dla



Rys. 4. Schemat powiązań informacyjnych w projektowaniu ESP. Źródło: [1].

właściwego projektowania elastycznego systemu produkcyjnego dane określa przedmiot, który będzie w nim obrabiany. Jego kształt, wymiary gabarytowe i ciężar w znaczący sposób wpływają na wybór rozwiązań przy projektowaniu procesów pomocniczych, jak transport, magazynowanie oraz dobór urządzeń i sterowanie procesem obróbki w ESP.

Ocena elastycznych systemów produkcyjnych

Ocena Elastycznych Systemów Produkcyjnych dokonywana jest wielokrotnie i w różnych fazach rozwoju systemu. W fazie przedprojektowej jej celem jest wybór typu systemu produkcyjnego i podjęcie decyzji o jego budowie. W trakcie projektowania systemu dokonywany jest wybór wariantów projektu wstępnego i wybór konkretnego projektu przyjętego do realizacji. Również w czasie eksploatacji ESP podlega ciągłej ocenie. Jako kryterium podziału może być rodzaj metody; wówczas możemy wyróżnić [1], [2], [9]:

- **metody zupełne oceny.** Są metodami statystyczno – matematycznymi, wykorzystującymi algebrę liniową, statystykę matematyczną i należą do grupy metod najbardziej uniwersalnych. Uniwersalność metod zupełnych wynika z bardzo szerokiego zakresu ich stosowania. Z kolei metody te są słabo powiązane z funkcjonującym systemem ekonomiczno – finansowym co może powodować, że otrzymane oceny mogą nie odzwierciedlać rzeczywistej efektywności przedsięwzięcia w danych warunkach gospodarczych, zdeterminowanych przez rynek, politykę kredytową czy podatkową. Zupełne metody przedsięwzięć powinny być stosowane szczególnie w fazie przedprojektowej i projektowej badanego rozwiązania technicznego. Natomiast w pozostałych dwóch fazach, czyli wdrożeniowej i eksploatacyjnej, przydatność tych metod jest relatywnie mała,
- **metody kosztowe.** Są to metody uniwersalne. Służą do oceny różnych przedsięwzięć o charakterze automatyzacji,

co, poczynając od usprawniających prostych rozwiązań, kończąc na złożonych elastycznych systemach produkcyjnych. Specyfika metod polega na usystematyzowanym liczeniu kosztów związanych z wykonaną, wykonywaną lub zamierzoną działalnością projektową, produkcyjną lub eksploatacyjną. Metody kosztowe opierają się na miernikach syntetycznych kosztów, takich jak: wielkość kosztu całkowitego produkcji oraz jednostkowy koszt produkcji. Dlatego posługując się miernikami tego typu wskazany jest dobór ich ze względu na wielkość obszaru, na jakim pojawiają się zmiany wywołane wprowadzeniem nowego rozwiązania o charakterze automatyzacji,

- **metody parametryczne.** Za pomocą ocen parametrycznych można w łatwy sposób określić efektywność różnych rozwiązań technicznych, takich jak np. Elastyczne Systemy Produkcyjne. Stosując te metody wykorzystujemy cały szereg mierników o charakterze technicznym, ekonomicznym i organizacyjnym. Są to najczęściej:
 - mierniki wydajności pracy, kapitałochłonności i uzbrojenia pracy,
 - zmienowość i obciążenie stanowisk roboczych,
 - mierniki poziomu automatyzacji i mechanizacji.

Wadą parametrycznych metod oceny efektywności przedsięwzięć jest nie korzystanie z mierników syntetycznych, co powoduje trudności w powiązaniu otrzymanej oceny z funkcjonującym w gospodarce systemem zarządzania oraz systemem ekonomiczno – finansowym. Utrudnia również uwzględnienie w ocenie zewnętrznych warunków gospodarczych, np. chłonność rynku. Niemniej istnieje też cały szereg zalet, które powodują, że metody te są w praktyce gospodarczej często stosowane. Są nimi:

- prosty sposób budowy metod oceny,
- łatwość obliczania wykorzystywanych mierników,
- porównywalność otrzymywanych ocen,
- duża elastyczność oceny.

Wykorzystywane mierniki oceny mogą być przydatne w różnych fazach realizacji przedsięwzięcia techniczno – organizacyjnego.

- **analiza ekonomiczna.** Przy określaniu celowości ekonomicznej obróbki przedmiotów w ESP w ogólnym przypadku mają miejsce dwa warianty:

- elastycznego systemu produkcyjnego dla obróbki przedmiotów jeszcze nie zbudowano,
- taki system już istnieje.

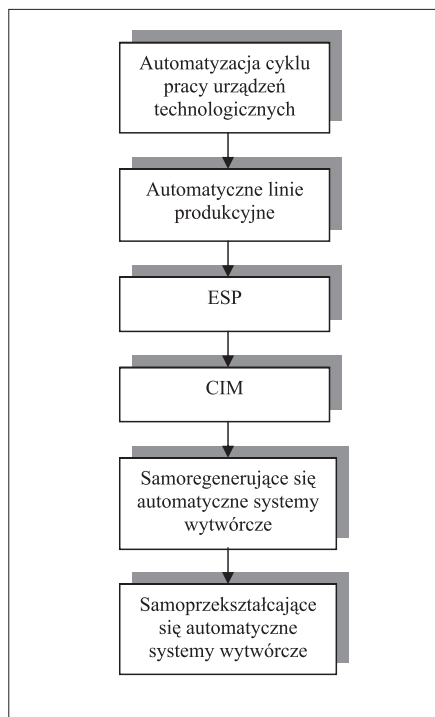
Ponadto należy uwzględnić dodatkowe możliwości:

- przedmiot posiada bazowy proces technologiczny obróbki, według którego był obrabiany w systemie konwencjonalnym, a więc opracowane dla ESP technologie można porównać,
- nie ma bazowego procesu technologicznego, a więc nie można porównać opracowanej dla ESP technologii.

Ostatecznie, jako kryterium określania celowości obróbki przedmiotów w elastycznym systemie produkcyjnym, przyjmuje się koszt i czas obróbki.

Tendencje rozwoju elastycznych systemów produkcyjnych

O rozwoju gospodarczym kraju najczęściej decyduje zakres i sposób wykorzystania nowoczesnych i efektywnych technologii, a za takie bez wątpienia należy uznać Elastycz-



Rys. 5. Perspektywy rozwoju ESP na świecie. Źródło: [2].

ne Systemy Produkcyjne [1], [2]. Dlatego, mimo niezbyt dużej liczby dotychczas zainstalowanych ESP, wyraźnie zaznaczają się trendy, iż systemy elastycznej produkcji będą się ciągle rozwijać, a liczba ich wdrożeń będzie wzrastać.

W pierwszych zastosowaniach ESP dominowały tzw. systemy dedykowane, czyli przeznaczone do produkcji określonego, stosunkowo wąskiego, asortymentu wyrobów. Obecnie profil wyrobów systemów elastycznych jest znacznie szerszy i nie jest zawężony do określonego zestawu, a raczej do pewnej klasy wyrobów o ustalonych cechach konstrukcyjnych, np. parametrach wymiarowych. Są to tzw. systemy niededykowane. Aktualnie pojawiają się systemy zdolne produkować szeroką gamę wyrobów, często istotnie różniących się konstrukcją, technologią czy sposobem manipulacji.

Pierwsze ESP funkcjonowały najczęściej jako tzw. systemy sekwencyjne, ponieważ zakładano w nich równoległe produkowanie tylko jednego rodzaju wyrobów, co w oczywisty sposób ograniczało ich elastyczność. Obecnie obserwuje się zwrot ku tzw. systemom losowym, tj. takim, w których można wytwarzać w dowolnej kolejności i proporcjach wyroby spośród pewnego asortymentu.

Uruchamiane systemy produkcyjne wraz z upływem czasu i postępują-

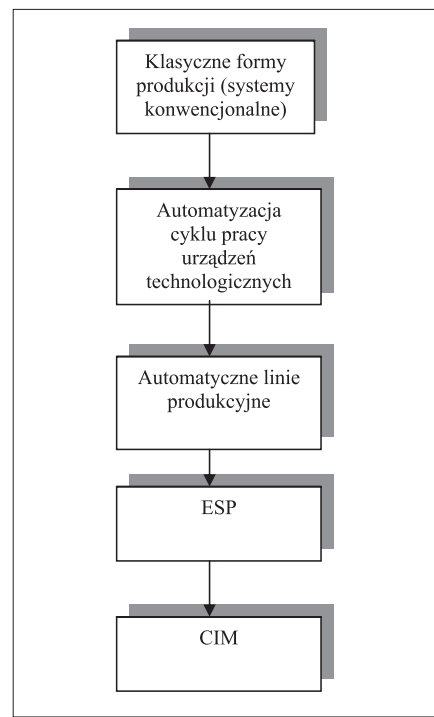
cym rozwojem nauki i techniki (elektroniki i informatyki) stają się w coraz większym stopniu zautomatyzowane i skomputeryzowane.

Bariery w rozpowszechnianiu Elastycznych Systemów Produkcyjnych w polskim przemyśle najczęściej związane są obecnie bardziej z czynnikami organizacyjnymi, niż finansowo – ekonomicznymi. Polskie przedsiębiorstwa produkcyjne w przemyśle budowy maszyn, ze względu na brak kontaktu z rozwiązaniami z zakresu elastycznego wytwarzania, nie są w większości przypadków gotowe do zastosowania tych rozwiązań, mimo występujących obiektywnych przesłanek ich zastosowania.

Zmieniające się relacje cen jednostkowych konwencjonalnych obrabiarek do ich wysoko zaawansowanych zamienników, w połączeniu z coraz szybciej rosnącymi kosztami robocizny i związanymi z nią kosztami pochodnymi powoduje, że w chwili obecnej alternatywa zastąpienia konwencjonalnych obrabiarek wraz z obsługą rozwiązaniami elastycznymi wydaje się w wielu przypadkach być ekonomicznie atrakcyjna. Na znaczeniu tracą również istniejące kiedyś obiektywne ograniczenia w dostępie przedsiębiorstw do przodujących rozwiązań, a także problemy związane z serwisowaniem i obsługą techniczną zaawansowanych technicznie rozwiązań, jakimi są elastyczne systemy produkcyjne i montażowe.

Powstające w Polsce przedstawicielstwa wszystkich znanych w świecie obrabiarek ułatwiają przedsiębiorstwom dostęp do sprzętu. Finansowanie zakupu przez banki lub agencje leasingowe rozwiązać może znaczną część problemów finansowych przedsiębiorstwa, starającego się o zakup nowoczesnego wyposażenia. Obsługa techniczna i sens tego wyposażenia organizowane być mogą na zasadzie outsourcingu i nie wymagają od użytkownika utrzymania własnego, wyspecjalizowanego w tym zakresie potencjału.

Stopniowy rozwój polskiego przemysłu, jak również powstające w polskich uczelniach kierunki kształcenia specjalistów z dziedziny automatyzacji produkcji i ESP, rokurają szansę na znaczny rozwój tej gałęzi przemysłu w naszym kraju. Jest sprawą raczej wątpliwą, aby był on tak gwałtowny, jak w krajach wysoko rozwiniętych. Można jednak przypuszczać, że polskie przedsiębior-



Rys. 6. Perspektywy rozwoju ESP w Polsce. Źródło: [2].

stwa będą na miarę swoich możliwości wprowadzały elastyczne systemy, gdyż w polskim przemyśle istnieją w chwili obecnej efektywne przesłanki do wdrażania Elastycznych Systemów Produkcyjnych (ESP).

LITERATURA.

1. Santarek K.: Strzelczak S., Lis S., Organizacja elastycznych systemów produkcyjnych. W-wa 1994, PWN,
2. Świć A.: Elastyczne systemy produkcyjne. Technologiczno-organizacyjne aspekty projektowania i eksploatacji., Lublin 1998, WPL,
3. Zawadzka L.: Podstawy projektowania elastycznych systemów sterowania produkcją. Problemy techniczno-ekonomiczne., Gdańsk 2000, WPG,
4. Kosmol J.: Automatyzacja obrabiarek i obróbki. W-wa 2000, WNT,
5. Bałtowski M.: Współczesne tendencje rozwojowe systemów produkcyjnych. Ekonomista nr1-2/1089,
6. Banaszak Z., Jampolski L. S.: Komputerowo wspomaganie modelowanie elastycznych systemów produkcyjnych, Wrocław 1991, WPPW,
7. Sawik T., Łebkowski P.: Elastyczne systemy produkcyjne, Kraków 1992, WAGH
8. Chajtman S.: Systemy i procesy informacyjne, W – wa, 1986, PWE,
9. Marciniak S.: Zespolona metoda oceny efektywności przedsięwzięć techniczno-organizacyjnych, Prace naukowe PW, seria OIZP, W – wa 1989, WPPW,