

Krzysztof PAŁUCHA  
Politechnika Śląska  
Wydział Organizacji i Zarządzania  
krzysztof.palucha@polsl.pl

## ORGANIZACJA I ZARZĄDZANIE ELASTYCZNYMI SYSTEMAMI PRODUKCYJNYMI

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono problemy związane z wdrażaniem i organizacją w przedsiębiorstwach produkcyjnych Elastycznych Systemów Produkcyjnych. Omówiono cechy charakterystyczne tych systemów ich strukturę oraz wskazano na czynniki wpływające na ich organizację. Celem artykułu było ponadto przedstawienie kierunków rozwoju współczesnych systemów produkcyjnych w oparciu o zmiany zachodzące w technologii, informatyce, automatyzacji. Wskazano na potrzebę sprawnego wykorzystania tych systemów posiłkując się w tym celu współczesnymi koncepcjami i metodami zarządzania takimi jak np. System Produkcyjny Toyoty, System Pull, Kaizen itp.

**Słowa kluczowe:** Elastyczny System Produkcyjny, komputerowo zintegrowane wytwarzanie, System produkcyjny Toyoty, System Pull

## ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM

**Abstract.** In the article problems associated with implementing and the organization in manufacturing companies of flexible production systems were presented. Distinctive features of these systems and their structure were discussed and also factors influencing their organization were pointed out. The aim of the article was except that presentation of directions of development of the modern productive systems leaning on changes that took place in technology, informatics, automation. As indicated the need of efficient use of these systems exploiting contemporary concepts and management methods such as e.g. Toyota Production System, System Pull, Kaizen, etc.

**Keywords:** Flexible Manufacturing System, Computer Integrated Manufacturing, Toyota Production System, System Pull

## 1. Wprowadzenie

Początek lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku cechował się dużą intensywnością zmian jakie zachodziły w krajach wysoko uprzemysłowionych. Mając na uwadze zmiany zachodzące w gospodarce zauważyć można było wzrost popytu na różnorodne wyroby, wzrost wymagań stawianych przez klientów nowym wyrobom, a ponadto aktywizację działań mających na celu rozszerzenie asortymentu i odmian produkowanych i oferowanych na rynkach wyrobów, poprawy jakości, itp. Równocześnie widoczny był szybki rozwój różnorodnych technologii produkcji oraz szeroko rozumianego wyposażenia produkcyjnego. Nowoczesne przedsiębiorstwa produkcyjne wyposażane były w coraz większej skali w obrabiarki sterowane numerycznie a następnie w centra obróbkowe dla części obrotowych i dla części korpusowych. Centra te wyposażone zostały w magazyny narzędzi cechujące się możliwością przechowywania dużej ilości różnorodnych narzędzi. Wpłynęło to na poszerzenie możliwości technologicznych tych centrów. Charakteryzowały się one coraz wyższym poziomem automatyzacji oraz robotyzacji. Rozwój ten dotyczył zarówno procesów produkcyjnych podstawowych jak i pomocniczych, głównie transportu, magazynowania, przebrajania palet, zmiany palet a także procesów sterowania produkcją. Jednocześnie wraz z tymi zmianami następował rozwój techniki komputerowej, którą w coraz szerszym stopniu wykorzystywano w procesach produkcyjnych. Właśnie środki techniki komputerowej pozwalały na realizowanie tzw. elastycznej automatyzacji produkcji [1]. Przykładem tego typu rozwiązań była możliwość dokonywania szybkich zmian dotyczących programów pracy maszyn i urządzeń produkcyjnych odpowiednio do zmian zadań produkcyjnych. Wymagania stawiane przez klientów produktom przejawiały się w skracaniu cykli życia tych produktów, rosnącą częstotliwością składania zamówień przy jednoczesnym zmniejszaniu wielkości tych zamówień i wymuszaniu krótkich cykli ich realizacji. Stało się oczywistym, że szybkie zmiany w otoczeniu zewnętrznym przedsiębiorstwa musiały przełożyć się na wzrost jego elastyczności a w szczególności elastyczności systemów produkcyjnych. Przejawiało się to w skracaniu terminów dostaw, skracaniu cykli produkcyjnych, poprawie logistycznej obsługi klienta, zmniejszaniu wielkości partii produkcyjnych, zmniejszaniu wielkości zapasów robót w toku, skracaniu czasów przebrojeń maszyn i urządzeń, lepszym wykorzystaniu zdolności produkcyjnych, wzroście wydajności, poprawie produktywności itp. Działania te miały sprzyjać podniesieniu konkurencyjności przedsiębiorstwa, poprawie jego ekonomiczności, wzrostowi elastyczności itp. W odróżnieniu od tradycyjnego podejścia do organizacji produkcji elastyczne systemy produkcyjne cechują się m.in.:

- ekonomią różnorodności (różnorodne wyroby, powtarzalne elementy),
- produkcją/montażem na zamówienie,
- niską powtarzalnością produkowanych wyrobów,
- koncentracją na produkcji średnio i małoseryjnej oraz jednostkowej,

- organizacją systemów produkcyjnych w formie gniazd i linii elastycznych,
- integracją przepływów materiałowych i informacyjnych,
- kompleksowym podejściem do przygotowania produkcji i samej produkcji,
- minimalizacją czasu realizacji zamówień,
- dążeniem do obniżenia progu rentowności (mniejsza wielkość produkcji zapewnia osiągnięcie progu rentowności),
- wzrostem zakresu prac wymagających wysokich kwalifikacji, umiejętności i kompetencji pracowników, wyższej kultury organizacyjnej.

Można więc zauważyć, że podstawową tendencją rozwojową była automatyzacja procesu produkcyjnego a następnie integracja obrabiarek sterowanych numerycznie oraz wprowadzenie do procesów produkcji manipulatorów i robotów przemysłowych co doprowadziło do powstania Elastycznych Systemów Produkcyjnych (ESP). W ramach tych działań możliwe było wprowadzenie do praktyki przemysłowej tzw. technologii grup a wraz z tym obróbki wielowarsztatowej. Automatyzacja musiała więc iść w parze z elastycznością. Automatyzacja procesów produkcyjnych polegała bowiem przede wszystkim na produkowaniu szybko zmieniającego się asortymentu wyrobów, wyrobów wytwarzanych partiami produkcyjnymi. Problemem stało się minimalizowanie czasów przebrojeń maszyn przy przechodzeniu z jednego asortymentu na drugi. Organizowanie produkcji w oparciu o Elastyczne Systemy Produkcyjne wymaga ponadto wdrożenia nowoczesnych rozwiązań związanych z komputerowym wspomaganie różnorodnych procesów a docelowo zastosowania komputerowo zintegrowanych systemów wytwarzania (CIM). Dopelnieniem tak rozumianych ESP jest zastosowanie w procesach organizacji i zarządzania produkcją współczesnych koncepcji i metod zarządzania opartych na rozwiązaniach japońskich, przede wszystkim filozofii Toyota Production System. Na niej opiera się też koncepcja Lean Manufacturing, metoda PUSH – PULL i inne.

Celem artykułu jest przedstawienie organizacji współczesnych systemów produkcyjnych funkcjonujących w oparciu o rozwiązania bazujące na elastyczności, integracji i automatyzacji. Ponadto w artykule przedstawiono podstawowe problemy związane z zarządzaniem produkcją w Elastycznych Systemach Produkcyjnych oraz wskazano na kluczowe koncepcje i metody zarządzania wspomagające funkcjonowanie tych systemów.

## **2. Elastyczne Systemy Produkcyjne**

W literaturze z zakresu organizacji i zarządzania pojęcie elastyczności stosowane jest coraz częściej. Zamiennie wykorzystuje się pojęcie adaptacja. Natomiast elastyczność organizacyjną „... utożsamia się ze zdolnością do adaptacji całej organizacji, nie wymieniając jej obszarów, których dotyczy” [9, s. 23]. To interesujące podejście do elastyczności

przedstawiono w kontekście turbulencji otoczenia jak i w odniesieniu do struktur i zasobów. Generalnie w odniesieniu do systemów produkcyjnych wskazuje się ponadto na takie cechy jak np.:

- wysoki poziom techniczny obszaru produkcji,
- nowoczesne wyposażenie i oprzyrządowanie maszyn i urządzeń,
- nowoczesne technologie produkcji,
- minimalne nakłady na produkcję.

Według J. Brilmana „elastyczna jest ta organizacja, której struktura i kultura umożliwiają szybkie dostosowanie się do zmieniających się potrzeb klientów oraz wymogów konkurentów” [2, s. 391]. Do istotnych cech wyróżniających elastyczną organizację można zaliczyć:

- umiejętność szybkiego rozpoznawania potrzeb, gustów, preferencji, oczekiwań, opinii klientów i szybkie reagowanie na nie,
- umiejętność antycypacji i identyfikacji kierunków zmian otoczenia i reagowanie na nie szybciej niż konkurenci,
- sprawne zarządzanie zmianami,
- sprawny proces podejmowania decyzji.

Na początku lat 90-tych ubiegłego stulecia „Elastyczne Systemy Produkcyjne, zintegrowane z informatycznymi systemami projektowania i zarządzania były najnowszymi rozwiązaniami techniczno – organizacyjnymi w produkcji...” [6, s. 29] o charakterze nieciągłym (dyskretnym). Systemy produkcyjne zaczęto nazywać elastycznymi z chwilą gdy rozwój procesów technologicznych i konstrukcja maszyn i urządzeń pozwoliły na oddzielenie operatora od maszyny. Takiego rozdzielenia nie umożliwiały obrabiarki sterowane numerycznie. Elastyczność odniesioną do produkcji uzyskuje się dopiero z chwilą gdy nowoczesne maszyny (stanowiska obróbcze) zdolne są do wykonywania różnorodnych operacji technologicznych na różnych detalach. „Elementarny, elastyczny system techniczny odznacza się określonym stopniem autonomii i zdolnością do wielofunkcyjnej obróbki zróżnicowanych elementów. Tworzy go wielozadaniowa maszyna oraz współpracujący z nią system załadunku i magazynowania elementów o pożądanym stopniu automatyzacji i samowystarczalności” [6, s. 30]. Większość nowoczesnych maszyn cechuje się ponadto tym, że wyposażone są we własny magazyn narzędzi, skąd automatycznie pobierane są aktualnie potrzebne narzędzia a następnie mocowane w odpowiednich uchwytach. W literaturze przedmiotu Elastyczny System Produkcyjny jest różnie określane. I tak po raz pierwszy pojęcie Flexible Manufacturing System zostało wprowadzone przez amerykańską firmę Kearney and Trecker. Termin ten został też prawnie zastrzeżony. Podobnie postąpił koncern Cincinnati Milacron, który swój elastyczny system nazwał Variable Manufacturing Mission. Aktualnie spotyka się jeszcze inne terminy takie jak np. Flexible Manufacturing System Complex, Atelier Flexible, itp. [14]. ESP jako nowa forma organizacji produkcji pojawiła się

i rozwinęła w krajach wysokorozwiniętych tj. USA, Japonii oraz w krajach Europy Zachodniej a rok 1965 przyjmuje się jako ten, gdy wdrożono w USA pierwszy ESP. Kolejne wersje ESP różniące się poziomem technicznym przyjętych rozwiązań wdrażano na szeroką skalę w połowie lat 70 – tych ubiegłego stulecia.

Definicja ESP mówi, że jest to „zintegrowany komputerowo kompleks maszyn i urządzeń technologicznych sterowanych numerycznie, urządzeń przemieszczania materiałów i pomocy warsztatowych oraz automatycznych urządzeń pomiarowych i diagnostycznych z minimalną obsługą ręczną, krótkimi czasami przezbrojeń – mogący produkować dowolny wyrób należący do określonej klasy wyrobów w ramach swych określonych możliwości oraz zgodnie z wymaganą kolejnością” [5]. Strukturę takiego systemu tworzą cztery podstawowe podsystemy: podsystem wytwarzania, podsystem pomocy warsztatowych, podsystem przepływu strumienia materiałowo-energetycznego, podsystem przepływu strumienia informacyjnego. W podsystemie przepływu strumienia materiałowo-energetycznego (wyróżnionego podobnie jak w podsystemie przepływu strumieni informacyjnych ze względu na rodzaj zasileń i przepływów określonych strumieni) wyróżnia się: podsystem przepływu przedmiotów pracy z własnymi podsystemami magazynowania, transportu i manipulacji; podsystem przepływu pomocy warsztatowych także z własnym podsystemem transportu, magazynowania i manipulacji; podsystem zasilania i usuwania odpadów, podobnie jak poprzednie podsystemy dysponuje skonstruowanym dla własnych potrzeb systemem transportu, magazynowania i manipulacji. Z kolei podsystem przepływu strumienia informacyjnego obejmuje podsystem sterowania oraz podsystem kontroli i diagnostyki. Tak więc z punktu widzenia realizowanych funkcji w ramach ESP możemy wydzielić: podsystem wytwarzania (jest to podsystem integrujący pozostałe podsystemy), sterowania, kontroli i diagnostyki, transportu, magazynowania, manipulacji, pomocy warsztatowych, podsystem zasilania i usuwania odpadów. Projektując ESP trzeba pamiętać o jego trzech podstawowych cechach, tj.: automatyzacji, elastyczności, integracji a jednocześnie zwrócić szczególną uwagę na dobór odpowiednich komponentów projektowanego systemu oraz poprawne ich skonfigurowanie. Główne problemy projektowania ESP dotyczą m.in. sterowania produkcją, przygotowania i obsługi produkcji (w tym technicznego przygotowania produkcji), wyboru, oceny i wdrażania ESP a ponadto doboru oraz praktycznego zastosowania określonych koncepcji i metod wspomagających zarządzanie i organizację produkcji<sup>1</sup>.

Mówiąc o cechach ESP należy pamiętać, że elastyczność jest własnością systemu produkcyjnego polegającą na zdolności dostosowania się do zmiennych zadań produkcyjnych (produkowanie przez system różnych wyrobów, tzw. wielostronność, przy jednoczesnej zdolności samodzielnego dostosowywania się do produkcji nowych wyrobów przy dowolnej kolejności ich zleceń) przy ustalonym składzie i strukturze systemu. Elastyczność jest więc cechą wielowymiarową. Cecha jaką jest integracja jako problem pojawiła się wraz

---

<sup>1</sup> Problematyka ta poruszana jest m.in. w publikacjach S. Lisa, L. Zawadzkiej, T. Sawika i innych.

z rozwojem sterowania numerycznego urządzeń technologicznych. Jej realizacja dokonywała się poprzez rozbudowę systemów przepływu strumieni materiałowych, energetycznych i informacyjnych. Integracja funkcjonalna sprzyja wzrostowi autonomii systemów, domkniętości procesów realizowanych przez system itp. Integracja techniczna idzie z kolei w kierunku ograniczenia ilości obiektów wchodzących w skład systemu produkcyjnego ale bez zmniejszenia liczby funkcji realizowanych przez system. Rośnie tym samym poziom automatyzacji urządzeń produkcyjnych i realizowanych przez nie funkcji. Osiągnięcie więc zakładanej elastyczności i integracji możliwe jest dzięki automatyzacji. Automatyzacji realizowanej środkami techniki komputerowej. Stopień automatyzacji określa liczba funkcji realizowanych bez udziału operatorów. Na tej podstawie najlepiej można zaobserwować rozwój ESP, rozwój związany z automatyzacją poszczególnych funkcji wykonywanych w ramach procesów produkcyjnych.

Biorąc pod uwagę rodzaj i różnorodność produkowanych wyrobów oraz zakres automatyzacji wśród organizowanych komórek produkcyjnych można wyróżnić:

- Elastyczny Moduł Produkcyjny - jest skonfigurowany na bazie wyposażenia technologicznego, stanowiskowych środków załadowniczych i wyładowniczych, urządzeń pomiarowych, składowisk, pól odkładczych, palet, wymienników narzędzi, układów sterowania. Moduł taki może pracować z obsługą bądź bez obsługi w zależności od charakterystyki układu sterowania i poziomu automatyzacji.
- Elastyczne Gniazdo Produkcyjne – w jego skład wchodzi minimum dwa moduły (obrabiarki sterowane numerycznie lub centra obróbkowe). Gniazdo cechuje duża elastyczność przejawiająca się w możliwości produkowania dużej ilości detali należącej do określonej technologicznej grupy (technologia grupowa) wyrobów, dla wytworzenia której korzysta się z podobnego rodzaju procesu technologicznego. Spośród urządzeń pomocniczych w skład gniazda wchodzi urządzenie załadownicze i wyładownicze, stanowisko przebrajania palet, manipulatory oraz roboty przemysłowe, urządzenia do automatycznej wymiany narzędzi, magazyny a także urządzenia diagnostyczne. Przepływ poddawanych obróbce elementów odbywa się w różnej kolejności.
- Elastyczne Linie Produkcyjne – ich organizacja i struktura wynika z kolejności wykonywanych operacji technologicznych. Wchodzące w skład linii określone moduły rozmieszczone są względem siebie w określonym porządku. Linia ma zdolność do automatycznych przebrojeń oraz umiejętność szybkiej zmiany wielkości produkcji. Przy projektowaniu tego typu linii podobnie jak w przypadku gniazd bierze się pod uwagę technologię grupową a przebrojeń dokonuje się w oparciu o program komputerowy.
- Elastyczny Wydział Produkcyjny – jest wynikiem rozwoju elastycznych gniazd i linii produkcyjnych [3].

System zarządzania w ESP powinien natomiast spełniać takie funkcje jak: dynamiczny podział zadań produkcyjnych; gospodarka narzędziami i pomocami warsztatowymi; zasilanie systemu w media; kontrolę realizowanej produkcji w tym kontrolę jakości; gospodarkę zapasami; pozyskiwanie i przetwarzanie informacji; itp.

### **3. Przykładowe koncepcje i metody wspomagające zarządzanie Elastycznymi Systemami Produkcyjnymi**

Zaprojektowanie elastycznych systemów produkcyjnych bazujących na nowoczesnych, zautomatyzowanych maszynach i urządzeniach produkcyjnych a także różnorodnych urządzeniach pełniących różne funkcje w procesach pomocniczych, również poddanych automatyzacji, wymaga korzystania w pracy tych systemów z odpowiedniego oprogramowania komputerowego. Najczęściej wdrożenie na poziomie całego przedsiębiorstwa systemów klasy MRP, szczególnie MRP II i ERP, pozwala korzystać z tego oprogramowania w zakresie odnoszącym się do funkcjonowania systemów produkcyjnych. Do najczęściej wykorzystywanych systemów należą:

- CAD – (Computer Aided Design) – komputerowo wspomagane projektowanie
- CAP – (Computer Aided Planning) – komputerowo wspomagane planowanie produkcji
- CAE – (Computer Aided Engineering) – komputerowo wspomagane konstruowanie, podsystem ten tworzą CAD i CAP a więc podsystemy wspomagające prace z zakresu technicznego przygotowania produkcji
- CAPC - (Computer Aided Production Control) – komputerowo wspomagane sterowanie produkcją
- CAQ – (Computer Aided Quality) – komputerowo wspomagana kontrola jakości
- CAA – (Computer Aided Administration) – komputerowo wspomagane prace administracyjne
- PPS – (Production Planning System) – planowanie i sterowanie produkcją
- CAPC – (Computer Aided Production Control) – wspomaganie komputerowe sterowania produkcją
- CAM - (Computer Aided Manufacturing) – komputerowo wspomagane wytwarzanie, obejmuje funkcje sterowania produkcją a w szczególności planowanie operatywne i ewidencje produkcji
- CAD/CAM – komputerowo wspomagane konstruowanie i wytwarzanie. Systemy tego typu pozwalają na opracowywanie procesów technologicznych na bazie wyników obliczeń konstrukcyjnych oraz pisanie programów pracy maszyn przy wykorzystaniu rysunków wyrobów. Elementem integrującym te systemy jest wspólna baza danych konstrukcyjnych i technologii wyrobów.

- CIM – (Computer Integrated Manufacturing) – komputerowo zintegrowane wytwarzanie. Jest to system w którym wszystkie funkcje i elementy uczestniczące w realizacji procesu są zintegrowane przez jednolity system informacyjno – decyzyjny i sterowane przez komputer. System realizuje przetwarzanie informacji technicznych i ekonomicznych przy zastosowaniu wysoko zaawansowanych technologii informatycznych. Integruje on kolejne sfery działalności przedsiębiorstwa, zintegrowana jest także baza danych.
- System MES (Manufacturing Execution System) służący do zarządzania i monitorowania procesów produkcyjnych realizowanych zgodnie z kolejnością zleceń. System umożliwia analizowanie najważniejszych wskaźników wydajnościowych np. OEE (Overall Equipment Effectiveness) co z kolei pozytywnie wpływa na operatywne i dynamiczne podejmowanie podstawowych decyzji dotyczących procesów produkcyjnych, np. planowania kolejności realizacji zleceń, monitorowania przebiegu procesu wytwórczego.

Wśród metod wspomagających przepływ informacji, w znacznej mierze w zakresie wymiany informacji z otoczeniem, wyróżnia się zarządzanie relacjami z klientami (Customer Relationship Management – CRM), efektywną obsługę klienta (Efficient Customer Response – ECR), elektroniczną wymianę informacji (Electronic Data Interchange – EDI) i inne [7].

Dynamikę omawianych zmian potwierdzają wyniki badań, które pokazują, że blisko 60% polskich małych i średnich przedsiębiorstw wdrożyło do produkcji w 2016r. szereg innowacyjnych produktów i różnych rozwiązań w tym organizacyjnych. Gros z tych innowacji to wynik prac pracowników tych firm. A główny kierunek działań to robotyzacja i automatyzacja. Innowacje usprawniające obszar produkcji, optymalizujące jej koszty a bazujące na automatyzacji, informatyzacji, nowoczesnych technologiach w tym informatycznych określa się przemysłem 4.0. Taki kierunek działań sprzyja rozwojowi outsourcingu prac opartych na wykorzystywaniu wysokowydajnych maszyn udostępnianych przez niektóre przedsiębiorstwa. Nie wszystkie bowiem małe firmy stać na zakup relatywnie drogich maszyn czy urządzeń. Z drugiej strony można zaobserwować zjawisko odchodzenia od tzw. offshoringu, czyli przenoszenia produkcji do krajów gdzie koszty pracy są niższe a co najmniej bardzo precyzyjnego kalkulowania kosztów przed podjęciem decyzji – produkować w innych krajach czy macierzystym kraju. Coraz częściej widoczna jest bowiem większa efektywność elastycznych systemów produkcyjnych w porównaniu z konwencjonalnymi, tradycyjnymi maszynami czy urządzeniami ale generujących wysokie koszty robocizny. Największy udział w rozwoju elastycznych systemów produkcyjnych ma przemysł samochodowy oraz firmy innych branż z udziałem kapitału zagranicznego. Widoczne jest to także w branży Automotive gdzie automatyzacja i robotyzacja obejmuje procesy wytwórcze, logistyczne w tym głównie transportowe i magazynowe.

Elastyczne Systemy Produkcyjne dla swojego sprawnego działania wymagają doboru odpowiednich metod i technik zarządzania. Przydatna okazuje się tutaj koncepcja bazująca na



tw. Systemie Produkcyjnym Toyoty (Toyota Production System) [4]. Akcentuje ona najważniejsze elementy, których wdrożenie powinno umożliwić prawidłowe funkcjonowanie systemu produkcyjnego bazującego na rozwiązaniach właściwych dla produkcji elastycznej. Generalna zasada obowiązująca przy wdrażaniu koncepcji Lean, JiT, Systemu Pull itp. to odpowiedni dobór i wykorzystanie metod pozwalających na eliminowanie z procesu wszelkiego marnotrawstwa. Chodzi o radykalne zmniejszenie kosztów generowanych w procesie produkcji. Rynkowe podejście do produkcji stosowane w coraz szerszym stopniu to filozofia pull oparta na zasadzie dążenia do opłacalności produkcji coraz mniejszych partii produkcyjnych. Mamy do czynienia z tzw. „wyciąganiem produkcji”, które uruchamia klient zewnętrzny a w dalszej kolejności przejmują tę rolę klienci wewnętrzni (kolejne ogniwa w procesie wytwórczym) [11]. Dąży się, jak już wcześniej wspomniano, do zapewnienia opłacalności uruchamiania coraz mniejszych partii produkcyjnych zróżnicowanych wyrobów, minimalizacji liczby i czasów przebrojeń maszyn. Dotyczy to zarówno narzędzi jak i wszelkiego rodzaju oprzyrządowania. Takie podejście do redukcji kosztów jest głównym celem Systemu Produkcyjnego Toyoty. System ten nazywany był pierwotnie produkcją w systemie JiT. Podkreślano, że istota problemu polega na tym, aby dostarczać dokładnie to czego klient oczekuje, w zamawianej ilości i w określonym czasie. Pozwalało to minimalizować różne elementy uważane za marnotrawstwo. Podstawą systemu stała się praca standaryzowana (produkcja wyrobów o wysokiej jakości w sposób bezpieczny oraz efektywny). Jednocześnie pracownicy poprzez zróżnicowany system szkoleń angażowani są w realizację tzw. filozofii Kaizen – stałe usprawnianie procesu produkcyjnego. Ciągłe doskonalenie może dotyczyć całego systemu czy też jego poszczególnych procesów a wymaga odpowiednio przygotowanych pracowników, dążących do rozwoju swoich kompetencji a w przedsiębiorstwie powinna obowiązywać kultura ciągłego doskonalenia. Podstawowe cele Systemu Produkcyjnego Toyoty w odniesieniu do ESP to ciągłe rozwijanie ESP, obniżanie kosztów, produkcja na wysokim poziomie jakościowym, współpraca i stały rozwój pracowników. Zarządzanie ESP wiąże się z przestrzeganiem i sukcesywnym wdrażaniem tzw. Drogi Toyoty, czyli zasad, które tworzą określony model rozwoju. Cztery poziomowy model obejmuje długofalowe myślenie, eliminowanie strat w procesie, czynnik ludzki, ciągłe doskonalenie [4].

Komputeryzacja to jedno z rozwiązań, które ma usprawnić zarządzanie informacjami w sferze produkcyjnej [15]. Możliwości wynikające z modelowania i symulacji procesów produkcyjnych w coraz szerszym zakresie wykorzystywane są do komputerowego modelowania procesów wytwórczych [16]. W produkcji pull radykalnej zmianie ulegają tradycyjne procesy informacyjne. Zupełnie inaczej wygląda bowiem przepływ informacji i materiałów w systemie push (pchania) a inaczej w systemach pull. Różny będzie tzw. czas przejścia. Projektując elastyczne systemy produkcyjne konieczne jest podjęcie decyzji o ulokowaniu tzw. punktu rozdziału. Ułatwia to funkcjonowanie całego systemu, wpływa na poziom niezależnienia podejmowanych decyzji produkcyjnych od zapotrzebowania rynku.

Przyjęte rozwiązania wskazują, że najczęściej stosuje się produkcję na zamówienie (Make – to Order Products) – wyroby produkowane są w wielu wersjach i dostosowywane do indywidualnych potrzeb klienta (użytkownika). Równie często stosowany jest montaż (wykończenie) na zamówienie (Assembly – to – Order Products). Przedsiębiorstwo wytwarza produkty w wielu wersjach, montowane są najczęściej z typowych elementów i modułów, różnią się wykończeniem. Pozostałe konfiguracje dotyczące środowiska produkcyjnego są praktycznie niewykorzystywane lub jedynie w niewielkim stopniu. Są to produkcja na magazyn (Make – to – Stock Products), gdzie realizowana jest produkcja typowych wyrobów dla bliżej nie zidentyfikowanego klienta, a także konstrukcja na zamówienie (Engineer – to – Order Products) charakteryzująca się głównie tym, że z typowych modułów bądź części konstruuje się zamawiany przez klienta, złożony wyrób [7].

Do głównych korzyści wynikających ze stosowania ESP można zaliczyć:

- zwiększenie wykorzystania środków trwałych,
- zwiększenie efektywności przedsiębiorstwa,
- wzrost wydajności,
- podniesienie jakości,
- skracanie długości cykli produkcyjnych m.in. poprzez skracanie czasów przebrojeń przy równoczesnym zmniejszaniu zapasów robót w toku,
- dużą szybkość reagowania na zmienne zadania produkcyjne wynikające z konieczności zaspokajania różnorodnych potrzeb i oczekiwań klientów,
- zmniejszenie kosztów wyposażenia i kosztów robocizny,
- relatywną łatwość modyfikacji i rozbudowy systemu oraz odporność na zakłócenia zewnętrzne, itp. [10].

#### **4. Podsumowanie**

Omówione powyżej problemy związane z wykorzystywaniem w praktyce przemysłowej coraz nowocześniejszych i bardziej skomplikowanych rozwiązań dotyczących procesów produkcyjnych podstawowych i pomocniczych pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

- Cele wdrażania Elastycznych Systemów Produkcyjnych powinny być formułowane indywidualnie, różnie dla określonych przedsiębiorstw. Pomocna w tym zakresie może być analiza SWOT. W znacznym stopniu rzutuje to na poziom nowoczesności stosowanych technologii i metod produkcji. Łatwiejszy jest dostęp do systemów informatycznych wspomagających systemy sterowania produkcją, częściej stosowane

są urządzenia pełniące funkcje pomocnicze w procesie produkcyjnym, takie jak np. roboty przemysłowe, manipulatory, urządzenia transportowo-magazynowe itp.

- Elastyczne Systemy Produkcyjne to aktualnie najczęściej stosowane rozwiązania w obszarze produkcji. Dotyczy to zarówno procesów obróbczych jak i procesów montażowych. Wynika to z faktu radykalnego skracania się rynkowych cykli życia produktów, zmniejszania wielkości partii zamawianych produktów, zmniejszania wielkości partii produkcyjnych, wzrostu częstotliwości składanych zamówień, skracania czasów realizacji zamówień itp. Rośnie znaczenie jakości, czasu, elastyczności i efektywności.
- Potencjalne korzyści ze stosowania systemów elastycznych to podniesienie poziomu konkurencyjności przedsiębiorstwa, wzrost elastyczności systemu produkcyjnego, rozszerzenie asortymentu i odmian produkowanych wyrobów, podniesienie poziomu jakości wyrobów, obniżka kosztów produkcji, zmniejszenie zatrudnienia, modernizacja wyposażenia, lepsze wykorzystanie zdolności produkcyjnych, szersze korzystanie z nowoczesnych koncepcji, metod i technik organizacji i zarządzania.
- Projektując systemy produkcyjne bazujące na elastyczności należy brać pod uwagę wpływ tych rozwiązań na konfiguracje środowiska produkcyjnego tzn. czy decydujemy się na produkcję na zamówienie czy montaż na zamówienie. To najczęściej stosowane w ESP rozwiązania. Konfigurowane nowe systemy powinny na bieżąco uwzględniać kierunki rozwoju nowych produktów, nowoczesne rozwiązania technologiczne, nowoczesne systemy informatyczne wspomagające zarządzanie, współczesne systemy komputerowe pozwalające na wielowariantowe modelowanie procesów wytwórczych. Wszystkie te elementy łącznie rzutują na poziom organizacyjny ESP i jego nowoczesność.
- Podstawowym zakresem działań na które nakierowany jest System Produkcyjny Toyoty, na bazie którego funkcjonuje Elastyczny System Produkcyjny jest eliminacja strat. Dotyczy to nadprodukcji, oczekiwania, zbędnych operacji i przebiegów transportowych, nadmiernego i niewłaściwego przetwarzania, nadmiernych zapasów, produkowania wadliwych elementów, niewielkie korzystanie z kreatywności pracowników. Wdrożenie tego systemu umożliwi zapewnienie wysokiego poziomu konkurencyjności.

Podsumowując, można stwierdzić, że w najbliższych latach następować będzie ciągły rozwój Elastycznych Systemów Produkcyjnych. Wynikało to będzie przede wszystkim z potrzeby budowania przez przedsiębiorstwa silnej pozycji konkurencyjnej bazując na wdrażaniu do praktyki przemysłowej nowoczesnych technologii i wyników prowadzonych prac badawczo-rozwojowych z zakresu nowoczesnych technologii komputerowych, systemów sterowania itp. Wzrastać będzie także potrzeba umiejętnego korzystania w zakresie zarządzania z innowacyjnych koncepcji i metod wspomagających organizację i zarządzanie.

## Bibliografia

1. Bałtowski M.: Współczesne tendencje rozwojowe systemów produkcyjnych. *Ekonomista*, Nr 1-2, PWE, Warszawa 1989, s. 133-153.
2. Brillman J.: Nowoczesne koncepcje i metody zarządzania. PWE, Warszawa 2002.
3. Durlik I.: Inżynieria zarządzania. Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych w gospodarce rynkowej. amp wyd. naukowe, Katowice 1993.
4. Liker K. J.: Droga Toyoty. 14 zasad zarządzania wiodącej firmy produkcyjnej świata. MT Biznes, Warszawa 2005
5. Lis S., Santarek S., Strzelczak S.; Organizacja elastycznych systemów produkcyjnych. WN PWN, Warszawa 1994.
6. Matczewski A.: Zarządzanie produkcją przemysłową. Problemy. Metody. Środki. PWE, Warszawa 1990.
7. Pałucha K.: Wdrażanie innowacji w obszarze organizacji i zarządzania elementem wpływającym na wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Organizacja i Zarządzanie*, z. 78, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2015, s. 353-366.
8. Pałucha K.: Organizacyjne problemy środowiska produkcyjnego w łańcuchu dostaw, [w:] J. Brzóska, J. Pyka (red): Nowoczesność przemysłu i usług. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Organizacja i Zarządzanie*, z. 83. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2015, s. 515-527.
9. Praca zbiorowa pod red. R. Krupskiego: Zarządzenie przedsiębiorstwem w turbulentnym otoczeniu. PWE, Warszawa 2005.
10. Praca zbiorowa pod red. M. Fertscha: Logistyka produkcji. Biblioteka Logistyka, Poznań 2003.
11. Produkcja w systemie Pull. Wyciąganie na hali produkcyjnej. ProdPublishing, Wrocław 2011.
12. Sawik T.: Planowanie i sterowanie produkcji w elastycznych systemach montażowych. WNT, Warszawa 1996.
13. Zawadzka L.: Podstawy projektowania elastycznych systemów sterowania produkcją. Problemy techniczno-ekonomiczne. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2000.
14. Zawadzka L.: Współczesne technologie informatyczne w elastycznych systemach produkcyjnych (ESP), [w:] Problemy zarządzania i inżynierii produkcji. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1999, s. 35-41.
15. Zdanowicz R., Świder J.: Modelowanie i symulacja systemów produkcyjnych w programie Enterprise Dynamics. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.
16. Zdanowicz R., Świder J.: Komputerowe modelowanie procesów wytwórczych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2013.