



Miesięcznik TNOiK
Założył Karol Adamiecki w 1926 r.

ZWINNOŚĆ PRODUKCJI, CZYLI NISKOKOSZTOWA ELASTYCZNOŚĆ SYSTEMU

Marek Dudek

<https://doi.org/10.33141/po.2013.09.04>

Przeгляд Organizacji, Nr 9 (884), 2013, ss. 22-29
www.przegladorganizacji.pl
©Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa (TNOiK)

Wprowadzenie

Zarządzanie do niedawna polegało na zapewnieniu przedsiębiorstwu stabilności w długim okresie czasu. Temu służyły wdrażane odpowiednie struktury, systemy, które miały zapewniać w miarę stabilny rozwój. Uwarunkowania współczesnego zarządzania sprawiają, iż takie podejście do prowadzenia biznesu nie jest adekwatne do szybkości zmian zachodzących w otoczeniu. Coraz wyraźniej uwidacznia się tendencja w budowaniu wszelkiego rodzaju struktur, systemów, która pozwala na szybką reakcję na pojawiające się zmiany.

W wyniku tego powstają struktury pozwalające przełożyć akcenty z prób prognozowania i strategicznego planowania na szybkość reagowania i dostosowywania się poprzez zdolność do wykorzystania informacji [Płoszajski, 2007, s. 8].

W zakresie zarządzania produkcją obserwujemy podobne zjawiska. Osiągnięcie najwyższego poziomu zorganizowania systemów produkcji wymaga niskokosztowej elastyczności strukturalnej oraz związanej z nią szybkości reakcji i zdolności do dostosowywania się

do zmieniającego się otoczenia rynkowego i technologicznego. Takie postulaty zapewnić może jedynie najlepsza zdefiniowana obecnie forma zorganizowania, nazywana produkcją w klasie światowej (WCM – World Class Manufacturing). Ze względu na różnorodność otoczenia, jak i warunków funkcjonowania coraz trudniej utrzymać jednolity standard organizacji produkcji (WCM) w każdym przedsiębiorstwie, zatem:

- albo projektuje się dopasowane systemy produkcyjne (xPS), bazujące na tzw. zwinności produkcji, dostosowywanej do potrzeb każdego przedsiębiorstwa produkcyjnego indywidualnie,
- albo przekształca istniejące systemy w kierunku zwiększonej zwinności produkcji.

Znajduje to odzwierciedlenie w powstawaniu licznych układów strukturalnych, mających na celu osiągnięcie maksymalnej szczupłości, elastyczności i adaptacyjności. Jedyną wątpliwość w tym przypadku może budzić równoczesna chęć maksymalizacji efektywności i elastyczności strukturalnej, pozostających względem siebie w stanie tzw. napięcia [Prahald, 2010, s. 138]. Napięcie owo wynika z rozbieżnych funkcji celu realizowanych w procesach podejmowania decyzji, gdyż zarządzanie współczesnym przedsiębiorstwem wymaga pogodzenia sprzecznych orientacji: rynkowej (chęć zadowolenia klientów) i efektywnościowej (utrzymanie wysokiej rentowności i bieżącej płynności finansowej), [Mazur, 2001, s. 6]. Napięcie to można redukować, podnosząc poziom zwinności poprzez umiejętne sterowanie poziomem elastyczności i szczupłości produkcji. Zasadniczym problemem w tym procesie jest jednak to, że zarówno elastyczność, jak i szczupłość produkcji wzajemnie się wykluczają (to co jest szczupłe, nie może być elastyczne i na odwrót). Celem pracy było określenie podstawowych wyznaczników zwinnej produkcji i ich wzajemnych relacji oraz zdefiniowanie głównych założeń zorganizowania systemu produkcji, generującego niskokosztową elastyczność. W pracy wykorzystano metody badań społecznych, w szczególności obserwację i wywiad, przeprowadzone w grupie 12 średnich i dużych przedsiębiorstw produkcyjnych.

Zwinna produkcja

W literaturze funkcjonuje wiele różnych definicji zwinności produkcyjnej, między innymi [Gunasekaran, 2002, s. 1360]:

- DeVor i Mills – zwinność produkcji to zdolność do rozwoju w konkurencyjnym otoczeniu ciągłych i nieprzewidywalnych zmian i szybkiej odpowiedzi na gwałtowne zmiany rynku (przedsiębiorstwo nie jest zbiorem samych technologii, lecz systemem powiązań pomiędzy strategią, kulturą biznesową i technologią, uwzględniając przy tym rynek, na którym działa),
- Booth i McGrath – zwinność produkcji to zwiększona elastyczność i zdolność do reakcji (przedsiębiorstwa powinny być elastyczne, czyli łatwo dopasowujące się do zmiennych warunków na rynku, oraz wrażliwe na jakiegokolwiek działania konkurencji bądź też konsumentów),

- Adamides – zwinność produkcji to wytwarzanie bazujące na tzw. odpowiedzialności (RBM) (przedsiębiorstwo jest w pełni odpowiedzialne za produkcję wszystkich części oraz wyrobów gotowych – przy różnorodności asortymentowej rekonfiguracja systemu następuje w bardzo szybkim czasie, eliminując niepotrzebne przestoje, a odbywa się to w celu zwiększenia wydajności oraz spójności systemu),
- Gupta i Mittal – zwinność produkcji bazuje na zależności kosztu od efektywności, która to powinna być zrównoważona (przedsiębiorstwo powinno być wrażliwe na potrzeby klientów, czyli być w stanie sprostać szybko pojawiającym się nowym wyzwaniom, pamiętając przy tym o eliminacji marnotrawstwa),
- Abair – zwinność produkcji oznacza bycie konkurencyjnym (przedsiębiorstwo powinno być w stanie szybko reagować na wszystkie napotymane zmiany na rynku),
- Kusiak i He – zwinna produkcja jest kreowana przez potrzebę szybkiego dostosowywania się do zmiennych wymagań klientów, co oznacza możliwość efektywniejszego wytwarzania większej ilości produktów i bycie zdolnym do zmian w portfelu asortymentowym (przedsiębiorstwa powinny posiadać zdolność do szybkiej produkcji wielorakich produktów),
- Trzcieleński [Trzcieleński, 2011, s. 133] – zwinna produkcja oznacza zdolność przedsiębiorstwa do szybkiego dostarczania produktu w pełni dostosowanego do potrzeb i oczekiwań klienta. Produkt taki musi być wysokiej jakości, jego koszt musi być racjonalny, czas dostawy krótki, a ponadto powinien być tak skonstruowany, aby można go było łatwo modernizować.

Analiza przedstawionych definicji pozwala na określenie głównych wytycznych, które stanowią o zwinności produkcji [Yusuf, 1999, s. 36]:

- wysoka jakość produktów dopasowanych do wymagań rynku,
- wysoka wartość dodana produktów i usług,
- identyfikacja i eliminacja działań generujących nadmierne koszty,
- dopasowanie kwalifikacji do zakresu działań pracowniczych,
- szybka odpowiedź na działanie czynników ludzkich i środowiskowych,
- szybka odpowiedź na zmiany w otoczeniu,
- szybkie reagowanie na wahania rynkowe,
- współpraca jednostek wewnątrz firmy, jak też pomiędzy firmami oraz
- połączenie różnych technologii,
- kastomizacja produkcji.

Zwinna produkcja jest obecnie nowym paradygmatem produkcji, a także nową koncepcją biznesu i produkcji, która przez jednych jest uważana za alternatywę dla szczupłej produkcji, a przez innych – jako jej uzupełnienie i rozszerzenie [Rudnicki, 2011, s. 14]. Można więc przyjąć, iż zwinna produkcja powstała jako rozszerzenie koncepcji szczupłego wytwarzania, której głównym zadaniem była eliminacja marnotrawstwa i efektywne wykorzystanie wszystkich zasobów [Sanchez, 2001, s. 3566].

Przedstawione wytyczne wskazują jednoznacznie, że zwinność w produkcji uzyskiwana jest poprzez odpowiednie zrównoważenie szczupłości i elastyczności. Zwinna produkcja to zatem szczupła produkcja uzupełniona o projektowalną elastyczność strukturalną.

Zwinna produkcja główny nacisk kładzie na elastyczne dopasowywanie się do klientów oraz do ich unikalnych potrzeb. Jej istotą jest szybkość reagowania zarówno na nowe możliwości rynkowe, jak również koszty i jakość wyrobów finalnych, które klienci są skłonni nabywać [Gunasekaran, 2002, s. 1358]. Istotne zatem jest umiejętne zrównoważenie poziomu elastyczności i szczupłości produkcji w bieżącej działalności.

Elastyczność kontra szczupłość produkcji

W praktyce produkcyjnej bardzo trudno uzyskać zwiększoną elastyczność produkcji przy jednoczesnym zwiększaniu szczupłości produkcji. Z reguły zwiększanie poziomu elastyczności powoduje wzrost kosztów funkcjonowania systemu, a z kolei redukcja kosztów powoduje usztywnienie funkcjonowania systemu.

Elastyczność produkcji to zdolność systemu do produkcji wielu różnych produktów i szybkiego przestawiania się z produkcji jednego rodzaju na drugi, czyli zdolność przystosowywania się do zmian stanów wejścia. Na poziom elastyczności systemu wpływają:

- elastyczność wielkości produkcji charakteryzująca się możliwością realizacji zmiennej wielkości produkcji,
- elastyczność asortymentu charakteryzująca się możliwością realizacji zmiennego asortymentu,
- elastyczność marszrut technologicznych charakteryzująca się możliwością zmiany przepływów (wielkości i formy).

To, co stanowi o istocie elastyczności, osiągnąć jest dzięki dodatkowym kosztom generowanym utrzymaniem systemu w stanie gotowości do zmienności marszrut, technologii i wielkości produkcji. Dodatkowo elastyczność systemu określa się także poprzez zdolność reagowania na technologiczny rozwój produktu. Elastyczność jest osiągana zatem poprzez połączenie różnorodności produkcyjnej i szybkości działania i jest mierzona zdolnością do zmiany specyfikacji produkcji narzuconej przez klienta lub gwałtownymi zmianami otoczenia. W praktyce wyróżnia się trzy obszary elastyczności:

- elastyczność struktury, czyli możliwość szybkiego i skutecznego przystosowania się do zmiennego otoczenia,
- elastyczność działania, czyli umiejętność dostosowywania posiadanych środków do realizacji pojawiającej się sytuacji produkcyjnej,
- elastyczność procesowa, czyli umiejętność szybkiej reakcji na to, co dzieje się w otoczeniu (przystosowanie kształtu przebiegu procesów).

Elastyczność oznacza zatem utrzymywanie rezerw zasobowych i organizacyjnych na wypadek nagłych i nieprzewidywanych zmian, co oznacza, iż zwiększanie efektywności odbywa się kosztem zmniejszania, tzw. szczupłości.

Szczupłość w produkcji oznacza wyeliminowanie wszystkich niepotrzebnych działań i pozostawienie tylko tych, które stanowią istotę działalności przedsiębiorstwa. Punktem wyjścia do osiągnięcia szczupłości jest umiejętność dostrzegania marnotrawstwa. W procesach doskonalenia marnotrawstwo jest wyeliminowane, a jego redukcja powoduje zmniejszenie kosztów funkcjonowania całego systemu. Podstawą określenia szczupłości jest także tzw. wartość dodana generowana w procesie wytwarzania wyrobu lub usługi. Wartość dodaną definiuje klient nabywający w określonym czasie produkt lub usługę, która spełnia jego oczekiwania. Wartość dodana jest tym, za co klient jest w stanie zapłacić, a różnica pomiędzy nią a rzeczywistym kosztem stanowi obszar potencjalnej redukcji kosztów. Szczupła produkcja zatem to koncepcja zarządzania z całym zestawem podejść, narzędzi i charakterystyk, które prowadzą organizację w kierunku eliminowania marnotrawstwa i dodawania wartości do produktów i procesów. To, co jest między innymi wyznacznikiem szczupłej produkcji, czyli:

- zintegrowany przepływ jednej sztuki produktu,
- niski (zerowy) poziom zapasów,
- małe serie produkcyjne wytwarzane dokładnie na czas,
- standaryzacja,
- produkcja ciągła w systemie ssącym, na bieżące potrzeby klienta,

generuje spadek poziomu elastyczności systemu. W praktyce najbardziej „odchudzone” systemy produkcji to sztywne zautomatyzowane układy liniowe zoptymalizowane pod kątem produkcji jednego asortymentu.

Upraszczając, nie można jednocześnie maksymalizować efektywności procesów (poprzez eliminację strat) i ich reaktywności (poprzez wprowadzanie zabezpieczeń i buforów), [Rudnicki, 2011, s. 17].

Niskokosztowa elastyczność produkcji

Zwinność to elastyczność po jak najmniejszym koszcie jej osiągnięcia. W zwinnej produkcji najważniejsza jest zatem niskokosztowa elastyczność, którą można osiągnąć:

- odpowiednio planując strategicznie i operacyjnie,
- przy użyciu odpowiednich technologii informatycznych, projektowania produktu i systemu,
- używając wirtualizacji produkcji (stworzenie wirtualnego systemu),
- w oparciu o układy (łańcuchy, sieci) dostaw,
- optymalizując środowisko rozproszonych zasobów,
- kastomizując produkcję.

Planowanie strategiczne jest bardzo ważnym aspektem w obszarze produkcji ze względu na to, iż ma charakter długoterminowy. Do osiągnięcia pełnej sprawności produkcji nie wystarczy tylko i wyłącznie sama technologia i system, ale konieczne jest również odpowiednie dobranie strategii biznesowych i operacyjnych na bazie systemów wspomaganie decyzji. W celu dopasowania się do globalnego rynku należy tak planować, ażeby zagwarantować produkty o wysokiej jakości,

dokładnie na czas i po najniższym możliwym koszcie ich produkcji, dlatego też wybór partnerów biznesowych jest jednym z podstawowych czynników strategicznych przedsiębiorstwa. Przy wyborze partnera powinno się uwzględniać złożoność i dynamikę rynku, a tradycyjne kryteria ich doboru (np. koszty, czas reakcji, jakość, lokalizację) uzupełniać lub zastępować między innymi możliwościami informatycznymi (możliwością integracji systemów), elastycznością ich układów dostaw, zdolnością do wirtualizacji czy poziomem zaufania.

W środowisku zwinnej produkcji wymagane jest stosowanie zwinnych układów dostaw (najczęściej łańcuchów, ale także sieci), które wymuszają elastyczność w obszarze dostarczania produktów, co oznacza elastyczność relacji z dostawcami oraz współpracy pomiędzy dostawcami. Utrzymanie odpowiedniej jakości zwinnego układu dostaw wymaga odpowiedniej wiedzy oraz kontroli przepływu informacji przy wykorzystaniu odpowiednich narzędzi. Wszystkie informacje powinny znajdować się w systemach komputerowych i każdy z autoryzowanych użytkowników powinien mieć do nich łatwy dostęp, stwarzając możliwość uzyskania kompletnych informacji na temat np. upodobań klientów [Gunasekaran, 1999, s. 90] czy istniejących zasobów w sieci. Skuteczność układów zależy w dużej mierze od umiejętności wykorzystania zdobytej wiedzy oraz jej sprawnego przetwarzania w efektywne działania produkcyjne. Organizowanie procesów w formie układów dostaw pozwala na redukcję strat wynikających ze sposobu zorganizowania przede wszystkim procesów pomocniczych. Z założenia dobrze zorganizowany układ dostaw sprzyja redukcji kosztów.

W układzie dostaw każdy klient powinien być traktowany indywidualnie, dzięki czemu tworzone są relacje pomiędzy przedsiębiorstwem i jego klientami, które są przydatne do tworzenia nowego produktu. Przy wprowadzaniu nowego produktu na rynek przedsiębiorstwo powinno skupić się w głównej mierze na jego pierwszych etapach, czyli wymyśleniu koncepcji oraz projektowaniu nowego produktu, co wymaga wykorzystania bogatej wiedzy pracowników i przede wszystkim klientów oraz zawansowanych technologii informatycznych [Yusuf, 1999, s. 36]. Zwinna produkcja opiera się na elastyczności, co wymusza stosowanie szybkich systemów projektowania produktu w celu natychmiastowego dopasowywania się do wymagań rynku. Niezbędne zatem jest posiadanie systemów, których zadaniem jest grupowanie różnych zasobów, w celu wprowadzenia produktu w odpowiednim czasie na rynek oraz zmniejszenia ilości działań. Do osiągnięcia pełnej sprawności w zwinnej produkcji konieczne jest efektywne wykorzystanie rekonfiguracji sprzętu oraz oprogramowania. Ułatwia to równoległe przetwarzanie oraz analizowanie dużej ilości informacji [Gunasekaran, 1999, s. 95]. Umożliwia to także spełnienie trzech uwarunkowań zwinnej produkcji [Kusiak, 1997, s. 159]: maksymalnego uproszczenia technologicznego produktów, kompatybilności planów produkcji i skrócenia czasów produkcji. Do tego wykorzystuje się

coraz częściej sztuczną inteligencję. Inteligentny system projektowania opiera się na tworzeniu modułów, które powstają poprzez łączenie sztucznej inteligencji z tradycyjnymi technikami projektowania [Sanchez, 2001, s. 3567]. W środowisku zwinnej produkcji wymagane jest zatem posiadanie „szybko i tanio” reagującego systemu produkcji. Stosowanie projektowania współbieżnego (CE) czy projektowania uwzględniającego jakość (QFD) ułatwia szybkie reagowanie na zmieniające się warunki rynku, odpowiadając tym samym na potrzebę krótszych cykli rozwojowych produktów. Wykorzystywanie tego projektowania w rozwoju wyrobu umożliwia zaprojektowanie ich z udziałem wszystkich zainteresowanych, a w głównej mierze klienta, który ma możliwość decydowania o ostatecznej wersji produktu. Niepewność rynku wymusza stosowanie takiego sposobu projektowania produktu i systemu, który ułatwia wybór partnera, restrukturyzację oraz przekształcenie, a także modelowanie procesów w wirtualnym przedsiębiorstwie.

Zwinna produkcja wymaga przede wszystkim wirtualności, która tworzona jest na zasadach dobrowolności uczestnictwa w realizacji celu i określana poprzez „charakterystykę własności i połączenia informatyczne, a nie poprzez istniejące cechy fizyczne” [Moczała, 2004, s. 47]. Wirtualność ta oparta jest na technologii informatycznej i jest wykorzystywana do formowania wirtualnych jednostek, których zwinność jest odpowiedzią na zmieniające się otoczenie. Realizowana jest poprzez formowanie elastycznych i dynamicznych struktur produkcyjnych przy wykorzystaniu sieci kooperacji do tworzenia zmiennego asortymentu. Zapewnia ona przedsiębiorstwu zdolność do ciągłej rekonfiguracji i integracji struktury gwarantującej możliwość szybkiego dostosowywania się do zaistniałych sytuacji. Łączy ona potencjalnych kooperantów (wewnętrzne i zewnętrzne moduły) za pomocą odpowiednich informatycznych narzędzi zarządzania i podpowiada, jaki wariant organizacyjny należy zastosować w danej sytuacji. Wymaga to ujednolicenia standardów informatycznych wymiany informacji pomiędzy wszystkimi kooperantami funkcjonującymi w warunkach rozproszenia zasobów.

Zwinna produkcja kładzie nacisk na połączenia kooperacyjne w układach sieciowych. Z reguły są to luźne związki poszczególnych ogniw produkcyjnych rozproszonych geograficznie, koordynowanych przez sieć powiązań zewnętrznych (najczęściej komórek, a nawet pojedynczych maszyn), lub skupionych geograficznie w jednym miejscu, koordynowanych przez sieć powiązań wewnętrznych (najczęściej pojedynczych maszyn i modułów), połączonych w celu realizacji konkretnego zadania. Rozproszenie zasobów produkcyjnych ma miejsce wtedy, gdy realizacja zlecenia produkcyjnego wymaga użycia zasobów innych niż własne, czyli znajdujących się w odrębnych systemach. Występowanie rozproszonych zasobów produkcyjnych w otoczeniu powoduje, że w trakcie ich organizacji mamy do czynienia z tzw. systemem rozproszonym, czyli takim, który tworzą niezależne zasoby, sprawiające wrażenie, z punktu widzenia przedsiębiorstwa, logicznie zwartego systemu.

Ta pozornosc wynika między innymi z cech tak zorganizowanych systemów, „ukrywających” z założenia swoją strukturę w sieci. O ile wyszukiwanie zasobów będących w rozproszeniu w takim systemie nie stanowi zasadniczego problemu (przy założeniu, że dysponujemy odpowiednimi narzędziami przeszukiwania sieci), o tyle projektowanie takich układów problem ten stanowi.

Kastomizacja oznacza oferowanie produktów dostosowanych do wymagań klienta na masową skalę po cenach porównywalnych z cenami produktów standardowych i jest związana z przemysłowym kształtowaniem struktury asortymentowej [Bieniek, 2011, s. 34]. Kształtowanie struktury asortymentowej należy do sfery działań związanych z opracowaniem strategii produktu. Decyzje zmierzające do ustalenia optymalnej struktury asortymentowej odnoszą się w przedsiębiorstwie do ustalenia szerokości i głębokości produkowanego asortymentu oraz przyjętych w danym przedsiębiorstwie zmian w tym zakresie, a także kształtowania struktury instrumentów marketingu w sytuacji sprzedaży wielu zróżnicowanych produktów [Mazur, 2013, s. 60]. Kształtowanie struktury asortymentowej rozpatrywane jest z punktu widzenia ich różnicowania pionowego i poziomego. Różnicowanie pionowe związane jest z głębokością asortymentu i występuje w sytuacji, gdy do programu produkcji i sprzedaży przedsiębiorstwa wprowadza się wiele odmian danego rodzaju produktu. Różnicowanie poziome jest związane z szerokością asortymentu i ma miejsce w sytuacji, gdy do programu produkcji i sprzedaży przedsiębiorstwa wprowadza się wiele różnych produktów (redukcja poziomu elastyczności zmniejsza zdolność wariantowania produkcji, podczas gdy nadmiar elastyczności zwiększa zdolność wariantowania produkcji).

Spełnienie przedstawionych uwarunkowań, stwarzających możliwość uzyskiwania niskokosztowej elastyczności, wymaga odpowiedniego zorganizowania systemu.

Założenia funkcjonowania zwinnych systemów produkcji

Uzyskanie niskokosztowej elastyczności produkcyjnej, czyli zwinności produkcji, wymaga przyjęcia między innymi kilku założeń dotyczących zorganizowania systemu, jak i jego poszczególnych elementów¹. Założenia te opracowano dla najwyższego poziomu zwinności produkcji (RAM) po uwzględnieniu informacji zawartych w wywiadach² oraz na podstawie własnych obserwacji.

Pierwsze założenie, które muszą spełniać systemy zwinnej produkcji, to założenie tzw. pełnej synergii sieciowej. Systemy produkcji w celu zwiększenia efektywności swoich działań tworzą taką jakość współpracy, która umożliwia uzyskanie efektu synergii, który definiuje się jako „stan, w którym całość jest większa od sumy jej części” [Słonec, 2002, s. 5]. Podstawą tego zjawiska jest możliwość tworzenia struktury oraz reguł współpracy jej elementów w takiej formie, aby uzyskać optymalną kombinację tych elementów z punktu widzenia wszystkich udziałowców sieci. W wyniku takiego

działania mogą powstawać zwinne systemy, między którymi występuje szereg kooperacji. Ich przebieg jest w znaczącym stopniu związany ze stosowaniem technologii informatycznych oraz wirtualizacją produkcji. Zasada współdziałania wirtualnych systemów oparta jest na dobrowolności, a jednostki wchodzące ze sobą w różnego rodzaju współpracę dążą do osiągnięcia wspólnego celu. Aktywna kooperacja sieciowa jest nowoczesną i bardzo efektywną postacią całościowego wspomaganie współpracy produkcyjnej, mającej miejsce między jednostkami współpracującymi w danym systemie, który zmusza jego uczestników do sklasyfikowania oferowanych przez nich produktów oraz sposobów ich produkcji. Klasyfikacje mogą dotyczyć wszystkich podmiotów biorących udział w sieci kooperacji. Może być to pomocne w odnajdywaniu partnerów biznesowych oraz w samoczynnym dopasowywaniu obu podmiotów [Moczała, 2005, s. 16]. Synergia sieciowa daje możliwość rozwoju i wykorzystania kluczowych kompetencji i osiągnięcia korzyści przez wszystkich uczestników sieci oraz gwarantuje dużą elastyczność przy niewielkim koszcie jej uzyskania.

Drugim założeniem jest występowanie tzw. zwinnych obiektów produkcyjnych (*AMU – Agile Manufacturing Units*), [por. Stachowiak, 2004, s. 481]. Zwinne obiekty to samodzielne, samowystarczalne obiekty produkcyjne (maszyny, moduły, systemy), realizujące założenia zwinnej produkcji. Wymaga to stworzenia obiektów (grup) wewnątrz każdego systemu, których zadaniem jest realizacja określonych celów. Filozofia ta różni się od tradycyjnie stosowanych metod organizacji tym, iż wprowadza ona dodatkowo podział podsystemu technicznego, a nie tylko, jak to miało miejsce w podejściu tradycyjnym, podsystemu socjalno-organizacyjnego. Odnosi się to do maszyn i urządzeń stosowanych do wykonywania zadań produkcyjnych przez daną grupę, jak również do stosowanych systemów informatycznych, których celem powinien być właściwy przebieg informacji pomiędzy tymi grupami [Stachowiak, 2004, s. 481]. Zwinne obiekty powinny być koordynowane w swoich działaniach tak, ażeby można było generować jak najmniejsze straty w sieci i zachować ich naturalną elastyczność.

Trzecim założeniem jest sprawność systemu koordynacji (zwinnych obiektów produkcyjnych), gwarantującego synergię (zwinne obiekty występujące w zwirtualizowanej sieciowej strukturze wymagają koordynacji w procesie ich organizacji). Form koordynacji jest wiele, ale najkorzystniejszym, gwarantującym bilansowanie elastyczności i szczupłości, wydaje się być wykorzystanie technologii agentowej. „Obecnie współpraca między partnerami biznesowymi jest często tworzona dynamicznie i utrzymywana tylko przez określony okres czasu, nawet na potrzeby pojedynczej transakcji. Taki stan rzeczy powoduje, że technologia agentowa może być z powodzeniem zastosowana do konfiguracji i zarządzania układami dostaw, bazującymi na elektronicznym obiegu informacji. Wykorzystanie elektronicznych kanałów przekazywania informacji ściśle wiąże się z trzema własnościami agentów: agenty są autonomicz-

ne, agenty mogą być mobilne, agenty mogą być bardzo inteligentne, a więc zdolne do efektywnego wspierania konfiguracji, rekonfiguracji i zarządzania łańcuchami” [Fuks, 2007, s. 43]. Ze względu na brak standardów nie ma zgodności co do definicji agenta. Można jednak zdefiniować agenta jako jednostkę, działającą w pewnym środowisku, zdolną do komunikowania się, monitorowania swego otoczenia i podejmowania autonomicznych decyzji, aby osiągnąć cele określone podczas jej projektowania lub działania.

Niezależnie od wyboru formy koordynacji zwinnych obiektów (agenty, holony itp.) warunkiem koniecznym jest posiadanie infrastruktury informatycznej do jej obsługi.

Czwartym założeniem jest posiadanie odpowiedniej technologii techniczno-informatycznej, umożliwiającej zarządzanie zwinnymi obiektami produkcji oraz odpowiednich narzędzi ich wspomaganie. Ewolucja systemów informatycznych w stronę wsparcia organizacji grupowej oraz etapowo decentralizowanego procesu decyzyjnego jest w obecnych czasach bardzo istotna. Zwinność wymusza powstanie systemu, który nie tylko będzie gwarantował sprawny przepływ informacji, ale także optymalizował wszystkie aktywności zarówno w systemach, jak i na poziomie sieci. W tym celu wykorzystać można tzw. e-wytwarzanie, które zarządza układami produkcji na poziomie sieci lub procesu. E-wytwarzanie to narzędzie umożliwiające połączenie elementów z odrębnych systemów, zgodnie z przebiegiem wytyczonej najkorzystniejszej ścieżki produkcji celem najszybszego i najtańszego zrealizowania przydzielonych zadań. E-wytwarzanie zdefiniować więc można jako zorganizowanie kolaboracyjne (CM)³ z wieloma powiązaniem zewnętrznymi, wykorzystujące rozwiązania informatyczne celem integracji z otoczeniem, z zaawansowaniem technologii informatycznej do podejmowania decyzji w czasie rzeczywistym, mających na celu określenie: sposobu organizacji, zasad doboru i konfiguracji modułów i niezbędnych zasobów. Narzędzie to zapewnia wymianę informacji, wiedzy, doświadczeń pomiędzy wszystkimi kooperantami, co pozwala na skrócenie prac projektowych, zmniejszenie czasu produkcji, szybką korektę defektów itp. (wymaga to przede wszystkim ujednoczenia standardów informatycznych wymiany informacji pomiędzy wszystkimi kooperantami) [Lee, 2003, s. 503]. Podstawowymi komponentami tego narzędzia są:

- narzędzie do optymalizacji zasobów wytwórczych (*Manufacturing Execution System*) – odpowiada za bieżące dostarczanie informacji, które pozwalają na optymalizację przepływów produkcyjnych, począwszy od procesu zamówienia aż do etapu dostarczenia wyrobów gotowych,
- narzędzie do optymalizacji wykorzystania zasobów (*Equipment Engineering System*) – ma za zadanie dostarczanie bieżących informacji, które pozwalają na optymalizację wykorzystania zasobów systemu w sieci,
- narzędzie do zarządzania łańcuchem dostaw (*Supply Chain Management*) – dzięki niemu możliwa jest syn-

chronizacja przepływu pomiędzy poszczególnymi kooperantami, dostawcami i odbiorcami,

- narzędzie do zarządzania łańcuchem/procesem produkcji (*Engineering Chain Management*) – dzięki niemu możliwa jest synchronizacja poszczególnych zasobów oraz faz procesu produkcji.

Zwinna produkcja wykorzystuje na szeroką skalę także proste narzędzia komputerowego wspomaganie w zakresie wszystkich aktywności przedsiębiorstwa (np. CAM, CAD, CAE, CIM, PPC, CAP, CAQ, CAPP, CAMC, CAMAC, CAQA, CAT, CAO, CAS oraz systemów klas MRP, ERP itp.).

Piątym założeniem jest tzw. rekonfigurowalność zasobów. Rekonfigurowalność jest właściwością inżynierii, która pozwala na opłacalne projektowanie maszyn i systemów produkcyjnych oraz szybką rekonfigurację systemu w celu reakcji na zmiany rynkowe [Koren, 2000, s. 405]. Rekonfigurowalność można uzyskać na poziomie maszyn i urządzeń lub na poziomie systemu. Pozwala ona na płynną regulację zdolności produkcyjnej i struktury asortymentowej w zależności od wahań popytu na rynku. Rekonfigurowalność jest podstawową cechą tzw. systemu rekonfiguracyjnego, czyli takiego, który zamiast uwzględniać wszystkie elastyczności od razu na początku ich cyklu życia, zawiera tylko podstawowe modele procesów – zarówno sprzętu, jak i oprogramowania – które mogą być przedstawione lub zastąpione szybko i niezawodnie (funkcjonalności są dodawane podczas cyklu życia w zależności od potrzeb [Koren, 2000, s. 406]). Rekonfiguracja w praktyce oznacza gotowość do dodania czy wyodrębnienia z istniejącej struktury, usunięcia lub wymiany jednego lub kilku elementów w strukturze systemu, ewentualnie zmiany ich powiązań [Jasiński, 2004, s. 502]. Zwinność w takim ujęciu oznacza zdolność do ciągłej rekonfiguracji i integracji struktury zapewniającej możliwość szybkiego dostosowywania się do zaistniałych sytuacji. Oznacza to więc konieczność wirtualizacji i funkcjonowanie w warunkach rozproszenia zasobów, a tym samym możliwość wykorzystywania okazji. Rekonfigurowalność oznacza także pełną gotowość do wprowadzania zmian.

Podsumowanie

Zwinność w swej definicji zawiera szczupłość oraz elastyczność. Ciągły proces usprawnień i ukierunkowanie na klienta są z założenia wbudowane w szczupłą produkcję, jednak nie są one wystarczająco silnymi mechanizmami, by panować nad nieprzewidywalnymi zachowaniami ciągle zmieniającego się otoczenia. Nadmierna szczupłość przejawiająca się redukcją kosztownych do utrzymania zasobów, prowadzi do usztywnienia systemu, z kolei ich nadmiar gwarantuje większą elastyczność. Nadmierne zwiększenie elastyczności często prowadzi do wzrostu kosztów funkcjonowania systemu. Zwinność rozwija i wzbogaca szczupłą produkcję poprzez jeszcze większą dbałość o klienta i elastyczność w postępowaniu z nim, ale także wprowadza do organizacji

systemowe podejście reagowania na zmiany i nieprzewidywalność rynku. Dodatkowo, próbując wyprzedzić czas, zakłada konieczność powstawania wirtualnych przedsiębiorstw.

Zwinność produkcji oznacza taki dobór zasobów, które pozwalają:

- „szybko i tanio” określać i zaspokajać zmienne potrzeby klienta,
- „szybko i tanio” projektować produkty, bazując na indywidualnych potrzebach,
- „szybko i tanio” je produkować w różnych konfiguracjach,
- „szybko i tanio” wprowadzać je na rynek po jak najniższej cenie,
- „szybko i tanio” reagować na zmiany jakościowo-ilościowe,
- „szybko” reagować i „tanio” adaptować się do zmian w otoczeniu⁴.

Pogodzenie sprzecznych orientacji zawsze jest trudne. Najważniejsze jest zidentyfikowanie, a następnie uwzględnianie w procesach podejmowania decyzji wzajemnych relacji pomiędzy elastycznością i szczupłością systemu produkcji. Maksymalizowanie wartości jednego z wyznaczników zwinnej produkcji bardzo często powoduje minimalizowanie wartości tego drugiego, dlatego też analizować je trzeba kompleksowo. Na podstawie zdefiniowanych założeń zorganizowania będzie można projektować zwinne systemy produkcji (RAM), generujące niskokosztową elastyczność. Założenia funkcjonowania zwinnych systemów wytwarzania są obecnie weryfikowane przy wykorzystaniu modelowania symulacyjnego [Dudek, 2013, s. 151], a po określeniu modelowych granic elastyczności i szczupłości będą wprowadzane do praktyki gospodarczej jako podstawowy element zorganizowania systemów dopasowanych (xPS).

dr inż. Marek Dudek
Akademia Górniczo-Hutnicza
im. St. Staszica w Krakowie
Wydział Zarządzania
e-mail: mdudek@zarz.agh.edu.pl

Przypisy

- ¹ W tym kontekście należy rozróżniać trzy poziomy zwinności: zwinność układu, zwinność systemu jako całości oraz zwinność poszczególnych jego elementów, stanowiących o poziomie zwinności całego systemu i układu. W trzecim poziomie klientem jest kolejne ogniwo układu wartości (łańcucha lub sieci).
- ² W większości przypadków przeprowadzone wywiady wskazywały na konieczność ujednoczenia standardów gromadzenia i wymiany informacji oraz na opracowanie narzędzia do koordynacji rozproszonych zasobów. Generalnie zaobserwowano niski stan wiedzy praktyków w zakresie zwinnej formy zorganizowania systemów produkcji.
- ³ CM (Collaborate Manufacturing) zdefiniować można jako układ strukturalny, który w swej konfiguracji ma zapewnić możliwość nieustannego rozwoju wyrobów, niezakłócone zaopatrzenie, wytwarzanie, dystrybucję w czasie

rzeczywistym przy wykorzystaniu technologii intranetowej lub ewentualnie internetowej.

- ⁴ Szybko” zwykle związane jest z oczekiwaniem w gotowości na ewentualne zmiany, co oznacza z reguły ponoszenie dodatkowych kosztów.

Bibliografia

- [1] BIENIEK D., *TPM a zapewnienie jakości*, „Zarządzanie Jakością” 2011, nr 2.
- [2] DUDEK M., *Utilisation of Simulation Modelling to Coordinate of Distributed Logistic Resources*, [w:] CLC’2012: Carpathian Logistics Congress: November 7th – 9th 2012, TANGER Ltd., Czech Republic 2013.
- [3] DUDEK M., BYZDRA P., MYNARCZYK K., *Agility as a Framework to Organize Modern Manufacturing Structure*, [w:] DUDEK M., HOWANIEC H., WASZKIELEWICZ W. (red.), *Management and Production Engineering*, Wyd. ATH, Bielsko-Biała 2012.
- [4] FUKS K., KAWA A., *Dynamiczne konfigurowanie łańcuchów dostaw w oparciu o technologię agentową*, [w:] FERTSCH M., GRZYBOWSKA K., STACHOWIAK A. (red.), *Logistyka i zarządzanie produkcją – nowe wyzwania, odległe granice*, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2007.
- [5] GUNASEKARAN A., *Agile Manufacturing: a Framework for Research and Development*, „International Journal of Production Economics” 1999, No. 62.
- [6] GUNASEKARAN A., YUSUF Y.Y., *Agile Manufacturing: a Taxonomy of Strategic and Technological Imperatives*, „International Journal of Production Resources” 2002, Vol. 40, No. 6.
- [7] JASIŃSKI Z., *Spoleczno-techniczne uwarunkowania adaptacyjności systemu produkcyjnego*, [w:] KNOSALA R. (red.), *Komputerowo zintegrowane zarządzanie*. Wyd. WNT, Warszawa 2004.
- [8] KOREN Y., ULSOY A.G., MEHRABI M.G., *Reconfigurable Manufacturing Systems: Key to Future Manufacturing*, „Journal of Intelligent Manufacturing” 2000, No. 11.
- [9] KUSIAK A., HE D.W., *Design for Agile Assembly: An Operational Perspective*, „International Journal of Production Research” 1997, No. 35.
- [10] LEE J., *E-manufacturing – Fundamental, Tools and Transformation*, „Robotics and Computer Integrated Manufacturing” 2003, Vol. 19.
- [11] MAZUR G., OBRZUD J., *Kastomizacja produkcji – nowy trend w systemach produkcji klasy światowej*, [w:] DUDEK M., HOWANIEC H., SALA D., WASZKIELEWICZ W. (red.), *Inżynieria produkcji – problemy jakości i zarządzania produkcją*, Wyd. ATH, Bielsko-Biała 2013.
- [12] MAZUR Z., MAZUR G., DUDEK M., OBRZUD J., *Zarządzanie produkcją – zagadnienia wybrane*, Wyd. Scriptorium Textura, Kraków 2001.
- [13] MOCZAŁA A., *Systemy wspomagania kooperacji*, „Produktywność i Innowacje” 2005, nr 1.
- [14] MOCZAŁA A., *Uwarunkowania projektowania procesów produkcyjnych w warunkach kooperacji*, „Zarządzanie Przedsiębiorstwem” 2004, nr 2.
- [15] PŁOSZAJSKI P., *Polubić chaos*, „E-mentor” 2007, nr 3.
- [16] PRAHALD C.K., KRISHAN M.S., *Nowa era innowacji*, Wyd. Profesjonalne PWN, Warszawa 2010.

- [17] RUDNICKI J., *Przedsiębiorstwo Agile*, „Logistyka Produkcji” 2011, nr 2.
- [18] SANCHEZ L. M., NAGI R., *Review of Agile Manufacturing Systems*, „International Journal of Production Resources” 2001, Vol. 39, No. 16.
- [19] SŁONIEC J., *Zjawisko synergii w organizacjach wirtualnych*, „Inżynieria Maszyn” 2002, nr 4.
- [20] STACHOWIAK A., *Zwinne jednostki wytwarzania*, [w:] KNOSALA R. (red.), *Komputerowo zintegrowane zarządzanie*, Wyd. WNT, Warszawa 2004.
- [21] TRZCIELIŃSKI S., *Przedsiębiorstwo zwinne*, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2011.
- [22] YUSUF Y.Y., SARHADI M., GUNASEKARAN A., *Agile Manufacturing: The Drivers, Concepts and Attributes*, „International Journal of Production Economics” 1999, No. 62.

Production Agility, i.e. Low-cost System Flexibility

Summary

Production agility means the necessity to simultaneously consider mutually excluding flexibility and leanness (what is lean cannot be flexible and vice versa). Maximising the value of either of the lean production determinants very often causes minimising the value of the other, which is why they need to be comprehensively analysed. The article describes mutual relations between flexibility and production leanness, and identifies the basic assumptions of organising lean production that will guarantee the balance of both determinants.

Keywords: flexibility, lean, agile production
