

Zrównywanie wartości miar cech obiektów technicznych

Piotr Bielawski

Katedra Diagnostyki i Remontów Maszyn, Akademia Morska w Szczecinie

Streszczenie: Scharakteryzowano przedsiębiorstwo działające w społecznej gospodarce rynkowej, wymieniono cechy przedsiębiorstwa i przedstawiono fazy życia obiektów technicznych. Dokonano dekompozycji majątku przedsiębiorstwa i wyszczególniono pojęcia: system produkcyjny, obiekty techniczne, obiekty systemów technicznych. Poruszono problem cech i struktury cech systemu produkcyjnego. Wskazano na wpływ potencjału eksploatacyjnego na inne cechy systemu produkcyjnego. Wskazano na związki między cechami systemu produkcyjnego i cechami przedsiębiorstwa. Przedstawiono relacje między jakością przedsiębiorstwa, jakością systemu produkcyjnego i jakością wyrobu. Wprowadzono pojęcie wartości rzeczywistej i wartości pożądanej miary danej cechy. Wykazano konieczność zrównywania wartości rzeczywistych miar cech systemu produkcyjnego z pożądanymi wartościami miar cech systemu produkcyjnego. Przedstawiono algorytmy zrównywania wartości miar cech na poziomie systemów technicznych, obiektów systemów technicznych, zespołów funkcjonalnych obiektów i elementów obiektów. Opisano metody i środki wyrównywania wartości miar cech. Każdemu poziomowi przypisano sposób realizacji zrównywania wartości miar cech. Poruszono problem identyfikacji cech na każdym poziomie dekompozycji systemu produkcyjnego. Wskazano na rolę obsługi w zrównywaniu wartości cech systemu produkcyjnego. Scharakteryzowano metodykę identyfikacji obiektów stosowaną w obsłudze. Opisano rolę „asset management” w zrównywaniu wartości miar cech systemu produkcyjnego. Uzasadniono potrzebę tworzenia kompletnego i spójnego systemu miar cech od poziomu przedsiębiorstwa do poziomu elementu obiektu systemu technicznego. Zaznaczono, że istotą takiego systemu powinna być możliwość wyznaczania wartości miar cech jednego poziomu dekompozycji na podstawie wartości miar cech sąsiedniego poziomu dekompozycji systemu.

Słowa kluczowe: cechy przedsiębiorstwa, cechy systemów technicznych, identyfikacja obiektów technicznych, zarządzanie majątkiem, obsługa, wartość miary cechy

1. Wprowadzenie

Globalizacja i wzrost konkurencji zmuszają do skutecznego i efektywnego zarządzania na każdym szczeblu organizacyjnym przedsiębiorstwa produkcyjnego. Istnieją różne podziały organizacyjne przedsiębiorstwa, a zarządzający przedsiębiorstwami poszukują i wprowadzają różne idee zarządzania, np. Total Quality Management czy też Lean Manufacturing, której jednym z narzędzi jest Total Productive Maintenance. Obecnie lansowana jest idea zwana Asset Management. W usystematyzowaniu i ocenie idei oraz w polepszeniu skuteczności i efektywności zarządzania w przedsiębiorstwie pomocne okazać się może podejście polegające na działaniach na cechach przedsiębiorstwa i cechach obiektów przedsiębiorstwa celem zrównywania rzeczywistych i poświadczanych wartości miar cech przedsiębiorstwa i jego obiektów.

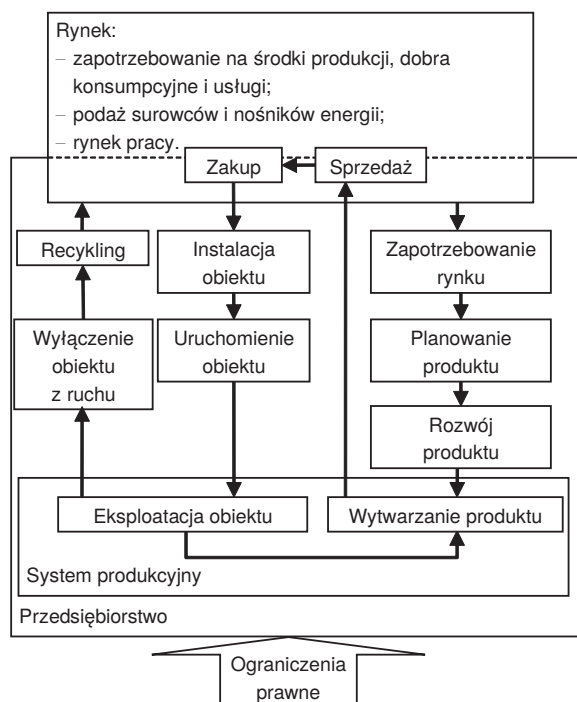
2. Obiekty techniczne i ich wytwarzanie

Z nauk ekonomiczno-społecznych wynika, że naturalnym i podstawowym celem działania ludzi we wszystkich systemach społecznych jest zaspokajanie potrzeb, i że środkami zaspokajania potrzeb są dobra. Wyróżnia się przy tym dobra konsumpcyjne, dobra produkcyjne i usługi. Dobra nazywane są również wyrobami lub produktami. W gospodarce rynkowej produkcja dóbr realizowana jest w przedsiębiorstwach a wymiana dóbr dokonywana jest na rynku. Dobra produkcyjne są obiektami eksploatacji w przedsiębiorstwie produkcyjnym (rys. 1).

O sukcesie rynkowym wyrobu decyduje jego jakość. Według ISO 9001, jakość to „ogół cech i właściwości wyrobu i usługi, decydujących o zdolności wyrobu lub usługi do zaspokajania stwierdzonych lub przewidywanych potrzeb” [1]. Koszty jakości to nakłady ponoszone na uzyskanie oczekiwanego poziomu jakości oraz straty wynikające z niedostatecznej jakości [3].

Jakość wyrobu określona jest w „specyfikacji” wyrobu. Jakość wyrobu można zmierzyć i ocenić, jeżeli:

- znane są cechy i właściwości wyrobu,
- znane są miary cech i właściwości wyrobu,



Rys. 1. Fazy życia dóbr produkcyjnych w społecznej gospodarce rynkowej [2]

Fig. 1. Life phase of production goods in a social market economy

– znane są przedziały wartości wymienionych miar, w których wyrób jest zdolny do zaspokojenia stwierdzonych lub oczekiwanych potrzeb.

Do produkcji konieczne są materiały, energia i praca ludzka. Podstawowym składnikiem przedsiębiorstwa jest system produkcyjny składający się z obiektów technicznych i ludzi. Obiekty techniczne systemów produkcyjnych są produktami/wyrobami innych systemów produkcyjnych.

2.1. Przedsiębiorstwo

Przedsiębiorstwo to samodzielna jednostka prowadząca działalność gospodarczą, wyodrębniona prawnie, organizacyjnie i ekonomicznie [4].

Aksjomatami przedsiębiorstwa działającego w społecznej gospodarce rynkowej są niezależność i elastyczność, a sensem działania jest utrzymanie się na rynku i dalszy rozwój [5]. W danej chwili przedsiębiorstwo ma określone: rodzaj produktu, technologię produkcji, krąg odbiorców i socjalne zobowiązania. Przedsiębiorstwo prowadzi działalność przynoszącą zysk. Celami głównymi przedsiębiorstwa są według [5]:

- maksymalizacja zysku,
- podwyższanie rentowności/efektywności,
- poszerzanie rynku zbytu,
- zapewnienie płynności finansowej.

Przedsiębiorstwo w swojej polityce i zarządzaniu musi uwzględniać:

- wymagania rynku,
- ograniczenia prawne,
- istnienie konkurencji,
- postępującą globalizację.

Efektom globalizacji jest wzrost konkurencji. Drogi sprostania konkurencji i utrzymania się na rynku to [6]:

- utrzymanie/podwyższanie jakości wyrobu/usługi,
- wprowadzanie innowacji.

Na podstawie powyższego sformułować można następujące cechy opisujące jakość przedsiębiorstwa:

- rentowność przedsiębiorstwa,
- konkurencyjność przedsiębiorstwa,
- innowacyjność przedsiębiorstwa,
- udział w rynku produktów przedsiębiorstwa.

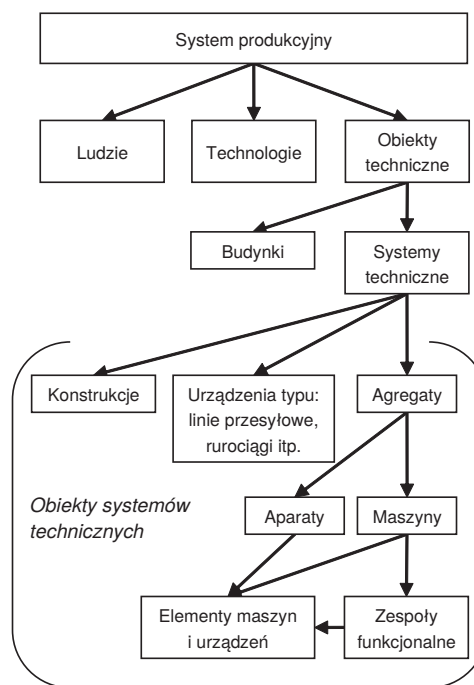
W ekonomii znane są miary wyżej wymienionych cech.

Warunkiem koniecznym sukcesu przedsiębiorstwa jest posiadanie system produkcyjnego o odpowiedniej jakości.

2.2. System produkcyjny

System produkcyjny jest systemem składającym się ze zbioru obiektów technicznych, ludzi i wiedzy (technologii). Elementy składowe obiektów technicznych zestawiono hierarchicznie na rys. 2. Obiekty techniczne i wiedza składają się na majątek przedsiębiorstwa (asset). Systemy i obiekty systemów technicznych przechodzą przez określone fazy życia: projektowanie, wytwarzanie elementów, montaż obiektów, instalowanie obiektów, uruchamianie systemu, eksploatacja systemu, likwidacja i recykling obiektów systemu (rys. 1).

System produkcyjny po uruchomieniu ma pewien potencjał eksploatacyjny (nadany w fazie projektowania



Rys. 2. Dekompozycja systemu produkcyjnego

Fig. 2. Decomposition of the production system

i wytwarzania) oraz ma określone wartości miar cech. Cechy te opisują jakość systemu produkcyjnego. Potencjał eksploatacyjny podczas użytkowania wyczerpuje się (obiekty systemów technicznych ulegają niedającym się wyeliminować zużyciu) a wartości rzeczywiste miar cech zmieniają się wraz z redukcją potencjału. Wyczerpanie potencjału oznacza, że co najmniej jedno najsłabsze ogniwo systemu (maszyna, urządzenie, zespół, element) uległo uszkodzeniu a cały system znajduje się w stanie niezdatności.

Wartość potencjału wpływa na cechy systemu produkcyjnego: wartości rzeczywiste cech zmieniają się wraz z redukcją potencjału. Cechą najmocniej zależną od potencjału jest niezuszkodzalność (ang. *reliability*) systemu. Według PN-EN 13306 [7] niezuszkodzalność obiektu to jego zdolność do spełniania wymaganych funkcji w danych warunkach, w danym przedziale czasu. Niezuszkodzalność według PN-EN 13306 to także „prawdopodobieństwo działania”.

W [8] zdefiniowano wybrane cechy układu człowiek–maszyna. Według [8] do głównych cech i właściwości układu: człowiek–maszyna można zaliczyć: odpowiedność (ang. *adequacy*), niezawodność (ang. *dependability*), bezpieczeństwo (ang. *safety*), trwałość (ang. *durability*) i efektywność (ang. *effectiveness*). Wymienione cechy główne są zbiorami innych określonych cech. Przykładowo niezawodność obejmuje niezuszkodzalności, nadmiarowości, bezbłędności i gotowości [8]. Według PN-EN 13306: 20006 [7] termin niezawodność (ang. *dependability*) jest używany tylko do ogólnego, nieliczbowego opisu i oznacza zespół właściwości (niezuszkodzalność, obsługiwalność i wspomagalność obsługiwanego), które opisują gotowość obiektu i wpływają na nią.

Wymienione cechy układu człowiek–maszyna można uznać za cechy systemu produkcyjnego. Każda cecha powinna być mierzalna. Dla każdej cechy tworzy się miary ilościowe wyznaczalne lub szacowalne (ex post lub ex ante), głównie na podstawie danych statystycznych. Niezuszkodzalność, gotowość, obsługiwalność przykładowo opisywane są odpowiednio za pomocą wskaźników niezuszkodzalności, gotowości i obsługiwalności, np. zgodnie z wymaganiami normy PN-93/N-50191 [9]. Norma PN-80/N-04000 [10] wskaźniki niezuszkodzalności zaliczała bezpośrednio do wskaźników niezawodności.

Istnieje pewna zależność między cechami systemu produkcyjnego. W wielu przypadkach osiągnięcie jednej cechy uwarunkowane jest osiągnięciem innej cechy, np. według [8] niezawodność warunkuje bezpieczeństwo i efektywność.

Możliwe wydaje się tworzenie relacji między cechami przedsiębiorstwa i cechami systemu produkcyjnego, przykładowo:

- gotowość (ang. *availability*) systemu produkcyjnego determinuje dyspozycyjność (ang. *disposability*) systemu produkcyjnego. Dyspozycyjność wpływa na potencjalne korzyści/dochody z systemu produkcyjnego i dalej ma znaczący wpływ na rentowność przedsiębiorstwa;

- bezpieczeństwo (ang. *safety*) według [8] to łączna cecha systemu produkcyjnego opisująca przysposobienie systemu do unikania zagrożeń i narażeń w ruchu i w stanie spoczynku. Bezpieczeństwo systemu produkcyjnego ma wpływ na bezpieczeństwo ludzi, obiektów i środowiska (bezpieczeństwo to stan niezagrożenia, spokoju, pewności [4]). Spełnianie wynikających z aktów prawnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa pociąga za sobą pewne koszty ale przyczynia się do unikania awarii skutkujących kosztami przerw w produkcji i kosztami usuwania skutków awarii systemu produkcyjnego. Wymienione koszty wpływają na rentowność przedsiębiorstwa;
- efektywność (ang. *effectiveness*) systemu produkcyjnego wpływa na potencjalne koszty wytworzenia produktu/usługi i tym samym na rentowność przedsiębiorstwa. Efektywność opisywana jest zbiorem czterech pojęć: sprawność energetyczna (ang. *efficiency*), wydajności (ang. *capability*), ekonomiczność (ang. *economics*), gospodarność (ang. *managementability*).

W tab.1 wskazano zależności między cechami przedsiębiorstwa i wybranymi cechami systemu produkcyjnego.

Tab. 1. Zależność cech przedsiębiorstwa od wybranych cech systemu produkcyjnego

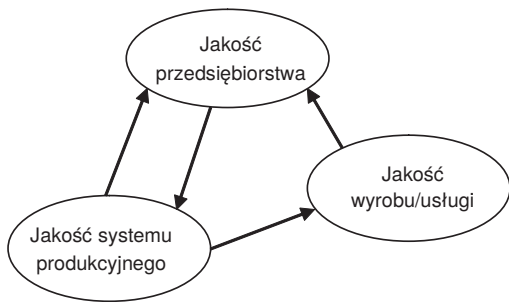
Tab. 1. Dependence of enterprise features on selected features of the production system

Cechy jakości przedsiębiorstwa	Cechy jakości systemu produkcyjnego
rentowność	gotowość, sprawność energetyczna, niezuszkodzalność, obsługiwalność
konkurencyjność	wydajność, sprawność energetyczna, ekonomiczność, gospodarność
udział w rynku	wydajność
innowacyjność	kompatybilność, sprawność energetyczna

Istnieje możliwość spowalniania ubytków potencjału i przywracania potencjału eksploatacyjnego. Istnieje również możliwość zmiany (podwyższania) wartości miar cech systemu produkcyjnego.

3. Zrównywanie rzeczywistych i pożądaných wartości miar cech

Jakość wyrobu lub usługi znacząco zależy od jakości systemu produkcyjnego wytwarzającego te wyroby lub usługi i jakości użytych materiałów. Jakość wyrobów ma wpływ na jakość przedsiębiorstwa. Przedsiębiorstwo determinuje jakość wyrobu sterując odpowiednio jakością systemu produkcyjnego. Możliwe jest również sterowanie wartościami

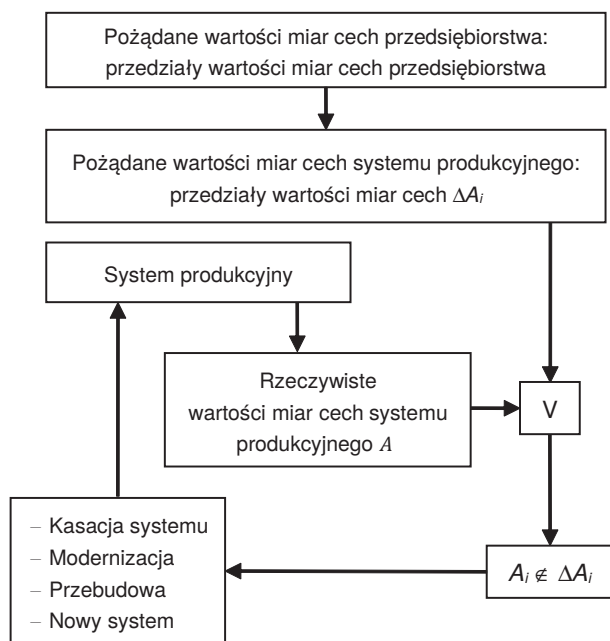


Rys. 3. Relacje między jakością przedsiębiorstwa, systemu produkcyjnego i wyrobu

Fig. 3. Relation between the quality of the enterprises, the production system and product

cech systemu produkcyjnego celem uzyskania pożądanych wartości cech przedsiębiorstwa. Istniejące relacje między jakością przedsiębiorstwa, jakością systemu produkcyjnego i jakością wyrobu/usługi schematycznie można przedstawić tak, jak na rys. 3.

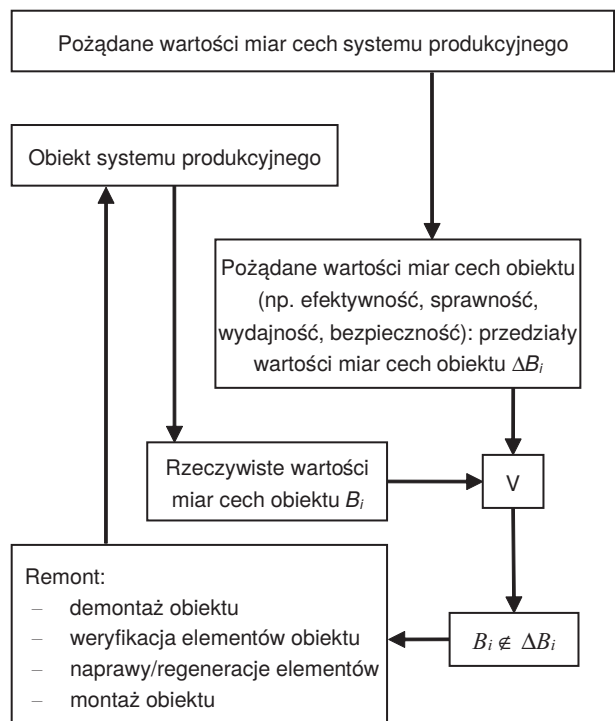
Przedsiębiorstwo decyduje o jakości swojego systemu produkcyjnego na etapie projektowania i wytwarzania, dążąc do nadania mu pożądanych wartości miar cech. Po uruchomieniu systemu produkcyjnego, podczas użytkowania systemu, po upływie czasu pozwalającego na identyfikację rzeczywistych wartości miar cech systemu produkcyjnego następuje porównanie wartości rzeczywistych i pożądanych.



Rys. 4. Zrównanie wartości miar cech pożądanych i rzeczywistych systemu produkcyjnego

Fig. 4. Equalization of the required and real features values of production system

W przypadku, gdy wartości rzeczywiste miar cech nie mieszczą się w przedziale wartości pożądanych konieczne są działania celem zrównania wartości rzeczywistej z wartością pożądaną. W przypadku nowo wytworzonego systemu produkcyjnego takie działania w części technicznej systemów produkcyjnych (podobne działania należy prowadzić w części organizacyjnej i technologicznej) polegają na usuwaniu błędów projektowych, konstrukcyjnych, wytwarzania i montażowych. Stosowana jest w takich przypadkach procedura znana z literatury jako „analiza uszkodzeń”. Analizę uszkodzeń przeprowadza się po każdej awarii systemu technicznego.

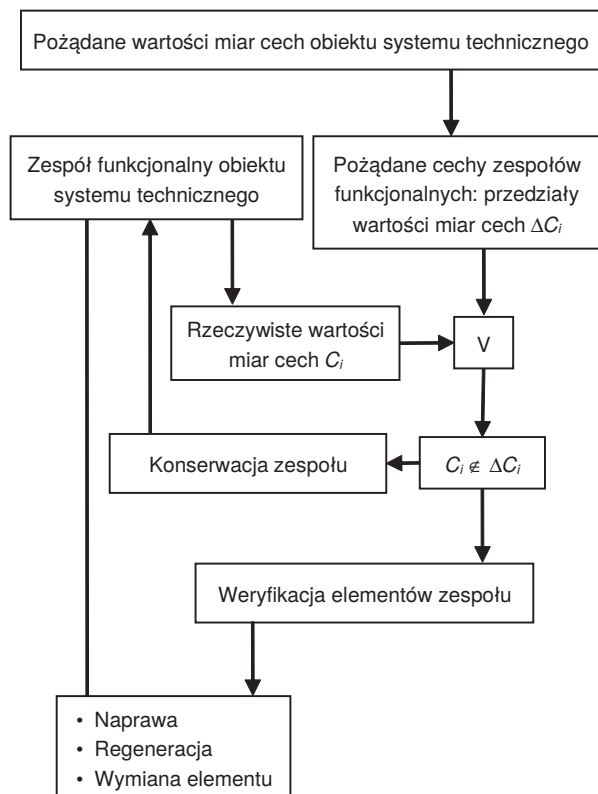


Rys. 5. Zrównanie wartości miar cech pożądanych i rzeczywistych obiektów systemu technicznego

Fig. 5. Equalization of the required and real features measures values of technical system objects

W przypadku dłużej eksploatowanych systemów produkcyjnych konieczność zrównania wartości rzeczywistych z pożądanymi może być spowodowana koniecznością podwyższenia wartości miar cech przedsiębiorstwa lub może być skutkiem zużycia systemu produkcyjnego. W takim przypadku zrównywanie wartości miar cech następuje w kolejności i w sposób przedstawiony na rys. 4. Wybór sposobu zrównania (kasacja, modernizacja, przebudowa, nowy system) musi być dopasowany do planowanych, pożądanych wartości miar cech przedsiębiorstwa.

Poza kasacją i budową nowego systemu inne działania, to jest modernizacja i przebudowa, nie dotyczą całego systemu, ale wybranych części systemu lub wybranych obiektów systemu technicznego. W tych przypadkach dzia-



Rys. 6. Zrównanie wartości miar cech pożądanych i rzeczywistych zespołów funkcjonalnych obiektów systemów technicznych

Fig. 6. Equalization of the required and real features measures values of functional groups of technical system objects

łania, celem zrównania wartości miar cech rzeczywistych systemu produkcyjnego z wartościami pożądanymi, podejmuje się dopiero po zbadaniu, że działania celem zrównania wartości rzeczywistych z wartościami pożądanymi poszczególnych obiektów systemu technicznego (rys. 5) są niemożliwe lub nieuzasadnione.

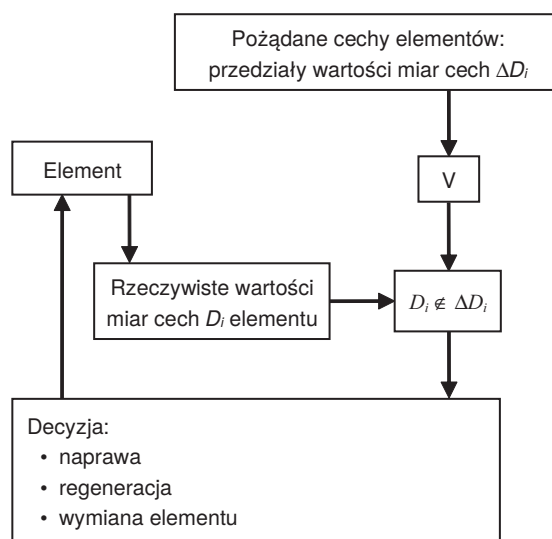
Obiekty techniczne systemów produkcyjnych są z reguły wyrobami, które powinny się charakteryzować (pkt 2) wartościami cech określonymi w specyfikacji technicznej wyrobu. Wartości te powinny być zarazem optymalne dla systemu produkcyjnego, co wymaga znajomości relacji między cechami obiektu systemu produkcyjnego i cechami systemu produkcyjnego.

Elementy poszczególnych obiektów systemu produkcyjnego, w szczególności obiektów systemów technicznych, zużywają się z różną szybkością. Różna jest szybkość utraty potencjału eksploatacyjnego poszczególnych obiektów i różna jest szybkość zmian rzeczywistych wartości miar cech poszczególnych obiektów. Konieczna jest identyfikacja wartości cech poszczególnych obiektów i w przypadku, gdy wartości rzeczywiste nie mieszczą się w przedziale wartości pożądanymi to niezbędna jest odbudowa potencjału eksploatacyjnego. Czynności organizacyjno-techniczne celem odbudowy potencjału eksploatacyjnego

obektu nazywane są remontem obiektu (rys. 5). W przypadkach, gdy istnieje możliwość odbudowy potencjału eksploatacyjnego obiektów działania według rys. 4 przeprowadza się po zbadaniu, że działania według rys. 5 nie spowodują zrównania wartości miar cech pożądanymi i rzeczywistymi systemu produkcyjnego.

W obiektach typu maszyna można wyróżnić tzw. zespoły funkcjonalne realizujące w maszynie zadania cząstkowe. Szybkość utraty potencjału eksploatacyjnego poszczególnych zespołów funkcjonalnych obiektu (maszyny) nie jest stała i jednakowa dla wszystkich zespołów obiektu. Takim zespołom można, dokonując dekompozycji cech maszyny, przypisać pożądane wartości miar cech. Jeżeli rzeczywiste wartości miar cechy zespołu funkcjonalnego nie mieszczą się w przedziale pożądanymi wartości to odnowa potencjału odbywa się poprzez konserwację i naprawy danego zespołu (rys. 6). Utrata potencjału zespołu funkcjonalnego często wynika z uszkodzenia jednego z elementów np. elementów węzła tribologicznego. Na podstawie rzeczywistych wartości miar cech zespołu funkcjonalnego nie zawsze jest możliwe wskazanie uszkodzonego elementu. Konieczne są badania poszczególnych elementów jako osobnych części. Badania, których celem jest określenie rzeczywistych wartości miar cech swobodnych (wymontowanych) elementów obiektów technicznych nazywane są weryfikacją elementów. Wyniki weryfikacji są podstawą decyzji dotyczących dalszych działań na przedmiotowych elementach.

Na rys. 7 przedstawiono algorytm zrównywania wartości cech elementu swobodnego (nowego lub wyjętego z obiektu). Celem zrównania wartości miar cech rzeczywistych i pożądanymi elementami, element można wymienić na nowy, naprawić lub zregenerować. Podobnie w przy-



Rys. 7. Zrównanie wartości miar cech rzeczywistych i pożądanymi elementami (weryfikacja elementów)

Fig. 7. Equalization of the required and real features measures values of objects parts (verification of objects parts)

padku remontów obiektów: po demontażu każdy element jest weryfikowany i w zależności od wyników weryfikacji może być wymieniony na nowy, naprawiony lub regenerowany. Identyfikacji poddawany powinien być każdy element nowo wytworzony. Celem takiej identyfikacji jest zbadanie zgodności wyrobu ze specyfikacją oraz:

- wykrywanie niedoskonałości, które sprzyjają destrukcji elementu pod działaniem obciążeń roboczych;
- wykrywanie niedoskonałości o wartościach krytycznych (wykrywanie wad) dyskwalifikujących element.

Różnica między działaniami według rys. 5 i 6 polega na tym, że według rys. 5 dokonuje się poszukiwania uszkodzonych elementów przez badanie wszystkich elementów po demontażu maszyny. Według rys. 6 działania koncentrują się tylko na elementach zespołu funkcjonalnego i najpierw przeprowadza się działania konserwujące, które mogą spowodować pożądaną poprawę wartości miar cech zespołu funkcjonalnego.

4. Metody i środki zrównywania wartości miar cech

Zrównywanie wartości miar cech na każdym poziomie dekompozycji (rys. 4–7) to swego rodzaju układ regulacji i, analogicznie jak w mechatronicznych systemach regulacji, można mówić o członach sterujących i wykonawczych czy też wyróżnić sensory i aktory [11]. Sensory służą tu do identyfikacji (selekcji, pomiaru i analizy) miar cech, aktory do przeprowadzenia czynności celowo zmieniających wartości miar cech.

Metody i środki zrównywania wartości miar cech elementów, zespołów funkcjonalnych i obiektów systemów technicznych określane są podczas projektowania i konstruowania systemu produkcyjnego i jego obiektów. Zastosowane metody i środki zrównywania mają bezpośredni wpływ na osiągnięte wartości miar cech systemu produkcyjnego. System produkcyjny może osiągać zaplanowane wartości cech tylko pod warunkiem skutecznego i efektywnego przeprowadzania czynności zrównywania wartości miar cech obiektów systemu produkcyjnego. Ponieważ metody i środki zrównywania są ciągle rozwijane istnieje możliwość zrównywania cech obiektów i systemu produkcyjnego poprzez wprowadzanie, drogą modernizacji obiektów i systemów, bardziej skutecznych i efektywnych metod i środków zrównywania. Skuteczność i efektywność zrównywania nowymi metodami i środkami musi być wcześniej dowiedziona a celowość ich zastosowania w danym przypadku sprawdzona metodami symulacyjnymi.

Na rys. 4–6 wartości pożądane miar cech danego obiektu wynikają z wartości pożądanych miar cech obiektów nadrzędnych. Dla danego obiektu mogą w wielu przypadkach pojawić się dodatkowe, specyficzne dla danego obiektu wartości miar cech pożądanych. Z [12] wynika, że takie wartości miar mogą być brane pod uwagę ze względu na:

- przebieg szybkości zużywania się elementów;
- naprawialność elementów.

W obu powyższych przypadkach wartość graniczna przedziału pożądanego jest wartością dopuszczalnego zużycia danego elementu. W pierwszym przypadku wartość dopuszczalnego zużycia odpowiada początkowi intensywnego zużycia (drugiemu punktowi charakterystycznemu na krzywej Lorenza w przypadku zużycia tribologicznego) kończącego się destrukcją materiału i dalej awarią obiektu. W drugim przypadku wartość dopuszczalnego zużycia zależy od zastosowanej technologii realizacji zrównywania np. technologii naprawy.

Czynności służące utrzymaniu wartości miar cech systemu produkcyjnego i jego obiektów w pożądanym zakresie wartości cech określane są jako „utrzymanie w ruchu” lub „obsługiwanie” (niem. *Instandhaltung*, ang. *Maintenance*). Zastosowane tu metody i środki identyfikacji znajdują odzwierciedlenie w nazwie „strategii obsługiwanie”. W kolejności powstawania, znane są następujące strategie: obsługiwanie do awarii, obsługiwanie według rezerwu, obsługiwanie według stanu technicznego.

W przypadku obsługiwanie do awarii podstawą identyfikacji są skutki utraty potencjału eksploatacyjnego danego obiektu objawiające się nie tylko wartościami miar cech obiektu niemieszczącymi się w zakresie wartości pożądanych, ale często również całkowitym zatrzymaniem pracy danego obiektu i uszkodzeniami wtórnymi to znaczy uszkodzeniami, które nastąpiły na skutek wystąpienia wcześniejszego, innego uszkodzenia w obiekcie.

W obsługiwanie według rezerwu mierzoną cechą sterującą jest czas pracy danego obiektu, a warunkiem koniecznym posiadanie tzw. charakterystyk niezawodnościowych opracowanych na podstawie danych uzyskanych z obiektów tego samego typu wcześniej eksploatowanych. Działania sanacyjne podejmowane są po upływie „z góry” określonego czasu pracy obiektu.

Obsługiwanie według stanu wymaga pomiaru i oceny wartości cech typowo technicznych, takich cech, które są związane z cechami technicznymi elementów składowych obiektu. Mierzone muszą być przy tym takie cechy, których zmiany mają charakter trwały i wynikają ze zużycia elementów (zużycie – trwałe, niepożądane zmiany materiału elementu). Identyfikacja cech elementu w strategii według stanu jest wynikiem przeglądu albo diagnozowania danego obiektu. Przegląd wiąże się z zatrzymaniem pracy obiektu i jego częściowym lub całkowitym demontażem. Całkowity demontaż pozwala na identyfikację cech elementów swobodnych. Przegląd bez demontażu ukierunkowany jest na identyfikację elementów wbudowanych: wartości cech elementów po wbudowaniu (po ich zamontowaniu w obiekcie) są wypadkową wartości cech elementów przed ich wbudowaniem i oddziaływań między elementami obiektu w stanie zmontowanym. Dla pewnych elementów określonych typów obiektów zdefiniowane są mierzalne cechy elementów wbudowanych. Diagnozowanie dotyczy elementów pracujących w obiekcie i wymaga wprowadzania i pomiaru nowych cech związanych z zespołami (układami elementów wbudowanych) funkcjonalnymi obiektów. Operując pojęciem cechy, jako odpowiedzi na wymuszenie, wartość takiej cechy powinna być zależna

od wartości cech elementów składowych oraz obciążenia działającego na dany zespół funkcjonalny. Środki diagnozowania wymagają ich wcześniejszego stworzenia bądź zakupu. Każda metoda diagnozowania ma swoją określoną skuteczność i jest „zorientowana” (termin stosowany w pracach Cz. Cempela) na określone uszkodzenie. Wprowadzenie „nowej” metody diagnozowania do obsługiwanego danego obiektu wiąże się z poniesieniem przez przedsiębiorstwo kosztów związanych z zakupem stosownych środków, szkoleniem pracowników, przystosowaniem obiektu i otoczenia do nowej metody. Koszty takie mogą spotkać się z akceptacją w przypadkach, gdy wprowadzenie nowej metody diagnozowania:

- spowoduje wzrost wartości jednej z cech przedsiębiorstwa;
- wynika z aktów prawnych obowiązujących przedsiębiorstwo (rys. 1. Ograniczenia prawne).

Wprowadzanie nowych metod i środków obsługiwanego to jedna z wielu możliwości utrzymania lub podwyższenia wartości miar określonych cech systemu produkcyjnego: musi być jednak najpierw znaleziona, a następnie wzięta pod uwagę w podejmowaniu decyzji o zakresie prac według rys. 5. Biorąc pod uwagę, że akcjonariusze przedsiębiorstw oczekują ciągłego podwyższania wartości miar cech przedsiębiorstwa należy spodziewać się, że zarząd przedsiębiorstwa będzie dążył do podwyższania wartości miar określonych cech systemu produkcyjnego poprzez ciągłe podwyższanie wartości miar odpowiednich cech obiektów tego systemu. Prognoza takiego zachowania zarządu wynika między innymi z faktu, że według [13] koszty inwestycyjne są zawsze dużo niższe od późniejszych kosztów użytkowania i obsługiwanego. Można przyjąć, że każda celowa modernizacja może doprowadzić do zmniejszenia kosztów eksploatacji przekraczającej znacznie koszty modernizacji.

Uzasadnione są zatem takie działania, które podnosząc koszt inwestycji spowodują spadek kosztów eksploatacji. Warunkowo uzasadnione są wszelkie działania na systemie produkcyjnym, które spowodują celową zmianę pożądanego wartości cech przedsiębiorstwa. Działania takie powinny przebiegać według poniższego algorytmu:

- Analiza potrzeb zmian wartości miar cech przedsiębiorstwa. Wskazanie cechy, która powinna być zmieniona.
- Analiza możliwości zmiany wartości wskazanej cechy przedsiębiorstwa poprzez zmianę wartości cechy/cech systemu produkcyjnego. Wskazanie cechy systemu produkcyjnego, która powinna być zmieniona.
- Analiza możliwości działań technicznych na obiektach systemu produkcyjnego, które mogą spowodować określoną wcześniej zmianę. Analiza wpływu poszczególnych rozwiązań na wartości cech przedsiębiorstwa. Wybór rozwiązania.
- Realizacja wybranego rozwiązania i ocena efektywności i skuteczności rozwiązania.

Istnieje zatem potrzeba patrzenia na obiekty techniczne systemów produkcyjnych nie z punktu „obsługownika” („użytkowanie – użytkownik” analogicznie „obsługiwanie

– obsługownik”) danego obiektu, ale z punktu „zarządzającego obiektami systemów produkcyjnych”.

Rozwój i wprowadzanie nowych metod i środków zrównywania cech, w tym metod i środków diagnozowania, wykracza poza ramy standartowych czynności obsługiwanego obiektów systemów produkcyjnych. Z drugiej strony zadanie znajdowania nowych możliwości zrównywania cech obiektów technicznych to zadania w sposób naturalny przypisywane obsługownikom. Doniesienia literaturowe wskazują na duże zainteresowanie tą problematyką. Powstały między innymi idee zwane „terotechnologia” (ang. *Terotechnology*) oraz „zarządzanie majątkiem technicznym” (ang. *Asset Management*). Na podstawie [14] terotechnologię można zdefiniować jako studia i zarządzanie systemami technicznymi od ich projektowania do likwidacji. Cele i zadania podobne do terotechnologii przypisano idei *asset management*. Różnica polega na tym, że w *asset management* (AM) wskazuje się głównego wykonawcę: zadania ma realizować dział obsługiwanego, kierownik działu staje się *asset manager* [13, 15].

Najbardziej znaną metodą AM jest *Reliability Centered Maintenance* (RCM). W aspekcie przedmiotowego zrównywania wartości miar cech jest to rozwiązanie cząstkowe. RCM ukierunkowana jest tylko na jedną z cech obiektu /systemu – nieuszkodzalność.

5. Zakończenie

Utrzymanie/podwyższanie jakości przedsiębiorstwa to główny cel przedsiębiorstwa produkcyjnego w gospodarce rynkowej. Warunkiem koniecznym osiągnięcia celu jest skuteczne i efektywne zarządzanie przedsiębiorstwem wsparte systemem doradczym zbierającym i analizującym wszelkie dostępne istotne informacje. Jakość przedsiębiorstwa opisuje się za pomocą zbioru stosownych cech. Istnieją relacje między jakością przedsiębiorstwa, jakością systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa i jakością wyrobu lub usługi. Cechy wyrobu określone są w specyfikacji wyrobu. Pożądane wartości miar cech wyrobu i przedsiębiorstwa zależą w dużym stopniu od aktualnej sytuacji prawno-ekonomicznej. Pożądane wartości miar cech systemu produkcyjnego wynikają z pożądanego wartości miar jakości przedsiębiorstwa i pożądanego miar jakości wyrobu/usługi. System produkcyjny można zdekomponować i w zależności od poziomu dekompozycji znaleźć cechy jakości obiektów danego poziomu. Rzeczywiste wartości cech systemu produkcyjnego ulegają zmianom na skutek fizycznego zużycia elementów tworzących obiekty systemu produkcyjnego. Konieczne jest ciągle zrównywanie rzeczywistych wartości miar cech obiektu z pożądanymi wartościami miar cech obiektu. W procesie zrównywania przydatny jest model zrównywania jakości rzeczywistej z pożądaną. Jednym z najistotniejszych składników modelu wyrównywania wartości cech jest identyfikacja cech na każdym poziomie dekompozycji systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa. Wskazane są badania celem utworzenia kompletnego i spójnego systemu cech i ich

miar od cech elementu do cech przedsiębiorstwa. Tworzony system powinien być systemem otwartym, ciągle doskonalonym drogą syntezy stosownej wiedzy. Istotą takiego systemu powinna być możliwość wyznaczania wartości miar cech systemu z jednego poziomu dekompozycji na podstawie wartości miar cech sąsiedniego poziomu dekompozycji.

Z organizacyjnego punktu widzenia spowalnianie zużycia i przywracanie pierwotnych wartości miar cech obiektów technicznych systemu produkcyjnego to zadania „obsługiwania”. Obsługiwanie to zrównywanie cech według rys. 5 i 6. Zrównywanie wartości cech według rys. 4 to zadania zarządzania majątkiem technicznym przedsiębiorstwa (*Asset Management*). *Asset Management* umożliwia dopasowywanie jakości elementów, jakości montażu i jakości eksploatacji obiektów technicznych do aktualnych celów przedsiębiorstwa i przyczynia się do „optymalizacji kosztów przedsiębiorstwa”.

Bibliografia

1. PN-EN ISO 9000:2001. Systemy zarządzania jakością. Podstawy i terminologia.
2. Bielawski P., *Możliwość optymalizacji obsługi maszyn okrętowych*, Zeszyty Naukowe WSM w Szczecinie 68/2003, 57–87.
3. Szymula M., *Rola kosztów w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, „Problemy Jakości” Październik, 2005, 40–41.
4. *Uniwersalny słownik języka polskiego*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003.
5. Kiel T., *Grundlagen der Instandhaltung*, Technische Universität, Dresden 2000.
6. Foltys J., Piksa B., *Jakość w procesie globalizacji*, „Problemy Jakości” Lipiec, 2005, 35–39.
7. PN-EN 13306: 20006. Terminologia dotycząca obsługi
8. Smalko Z., *Wybrane cechy użytkowe układu człowiek-maszyna*, IV Krajowa Konferencja „Diagnostyka Techniczna Urządzeń i Systemów” DIAG’ 2006, Ustroń 17–20 października 2006, CD.
9. PN-93 / N-50191. Niezawodność; jakość usługi.
10. PN-80/N-04000. Niezawodność w technice. Terminologia.
11. Heimann B., Gerth W., Popp K., *Mechatronika. Komponenty, metody, przykłady*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
12. Bielawski P., *Model zarządzania obsługiwaniem maszyn okrętowych systemów napędowych*, „Diagnostyka” 1(41)/2007, 85–90.
13. Brumby L., *Ein Paradigmenwechsel*, „Instandhaltung” 6/2012 (Markt 2012/2013), 26–29.
14. Downarowicz O., *Geneza i współczesność zarządzania zasobami techniki*, „Inżynieria Morska i Geotechnika” 6/1999, 319–325.
15. Stapel M., Clemens Ch., Losigket J., *Was ist Asset Management*, „Instandhaltung“ Markt 2012/2013, 34–35. ■

Equalization of technical objects features values

Abstract: The enterprise operating in the social market economy is characterized, the features of enterprise has been listed and life phases of technical objects been presented. The assets of the enterprise are decomposed and following concepts are specified: production system, technical object, objects of technical systems. The problem of features and features structure of the production system is touched. The operating potential influence on other features of the production system is pointed out. The relationship between the features of the production system and the features of the enterprise is pointed out. It is the concept of real value und required value of given feature introduced. It has been shown the need to equalize the values of the real and required measures of the features of production system. The algorithms to equalize the measure at the level of technical systems, technical system objects, object functional units and parts of objects are presented. Described are methods and means of equalizing the measures values of features. To each level is assigned a manner of the implementation of value feature equalization. The problem of feature identification of each level of decomposition of the production system is touched. The role of maintenance in equalizing the features measures values of the production system is indicated. The methodology to objects identity used in the maintenance is characterized. The role of asset management in equalizing of features measures values of production system is described. The need to create a complete and coherent system of features from enterprise level to the level of an object element of the technical system is justified. It was noted that the essence of such a system should be able to designate the features values of one level of decomposition on the bases of features values of the adjacent level of decomposition system.

Keywords: enterprise features, features of technical systems, identification of technical objects, asset management, maintenance, feature measure value

Artykuł recenzowany; nadesłany 05.02.2014 r., przyjęty do druku 13.03.2014 r.

prof. dr hab. inż. Piotr Bielawski

Profesor w Katedrze Diagnostyki i Remontów Maszyn Akademii Morskiej w Szczecinie. Tematyka prac naukowych: metody i środki kontroli jakości elementów maszyn, montaż i ocena jakości montażu, diagnozowanie maszyn z mechanizmem tłokowo-korbowym, analiza uszkodzeń, obsługiwane maszyn okrętowych.

e-mail: p.bielawski@am.szczecin.pl

