

Współczesne trendy w projektowaniu i zarządzaniu rozwojem wyrobu

Contemporary trends in the design and management of product development

MARCIN PAPROCKI*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2019.1.14>

Omówiono współczesne trendy w projektowaniu, wytwarzaniu i zarządzaniu rozwojem wyrobu, m.in. w duchu Przemysłu 4.0. Zaprezentowano także strategie rozwoju nowych wyrobów w ujęciu rynek–wyrób–technologia. Opisano narzędzia i metody wspomagające proekologiczne projektowanie i ocenę zrównoważonego rozwoju wyrobu. Jako przykład modelowania rozwoju wyrobu przedstawiono modele etapów produkcji kubków plastikowych metodą wtryskową przed identyfikacją „ukrytych fabryk” i po niej.

SŁOWA KLUCZOWE: projektowanie ekologiczne – DFE, zarządzanie rozwojem wyrobu, ukryte fabryki, Przemysł 4.0

Contemporary trends in the design, manufacturing and management of product development, including those connected with the Industry 4.0 are discussed. The development strategies of a new product in terms of market, product, technology are also presented. Tools and methods aiding the pro-ecological design and assessment of sustainable product development are described. As an example of product development modelling, there are presented models of the plastic cups production stages using the injection method before and after the identification of “hidden factories”.

KEYWORDS: DFE – Design for Environment, product development management, hidden factories, Industry 4.0

Strategie rozwoju (nowego) wyrobu

W ramach nowych strategii rozwoju wyrobu można wyróżnić projektowanie współbieżne CE (*concurrent engineering*) i inżynierię krzyżujących się przedsięwzięć CEE (*cross enterprise engineering*). Jednocześnie przedsiębiorstwa przyjmują i realizują różne strategie rozwoju nowego wyrobu, aby osiągnąć sukces rynkowy. W tym kontekście strategię nowego wyrobu można rozpatrywać w ujęciu rynek–wyrób–technologia, wyróżniając m.in. warianty proaktywne i reaktywne.

Proaktywne strategie rozwoju nowego wyrobu charakteryzują się działaniami w zakresie kreowania innowacyjności wyrobu oraz realizacji założeń strategii marketingowej. Ich celem jest utrzymanie lub zdobycie przewagi na rynku.

Reaktywne strategie rozwoju nowego wyrobu mają charakter obronny. Ich celem jest utrzymanie pozycji rynkowej poprzez nadążanie za zmianami i najlepszymi rozwiązaniami konkurencji. Zarówno w ramach strategii proaktywnych, jak i reaktywnych można wyróżnić warianty, które w dużym stopniu warunkują powodzenie nowego wyrobu.

Przykładowym wariantem proaktywnej strategii rozwoju wyrobu, w którym wskaźnik powodzenia wynosi 70%, jest rozwój lepszego wyrobu bez wykorzystania efektów synergii, opartych na posiadanej wiedzy marketingowej oraz stosowanych technologiach produkcyjnych [1].

W zakresie strategii reaktywnych najlepszym wariantem jest strategia wyższej jakości – „drugi, ale lepszy” – w której wskaźnik powodzenia wynosi 72% [2].

Strategie rozwoju nowego wyrobu ujęte w macierz, z uwzględnieniem skali nowości technologicznej wyrobu oraz skali nowości rynku, przedstawiono na rys. 1. Omawiana macierz wyznacza skalę innowacyjności wyrobu (od nowego, w którym nie ma żadnych zmian, aż do wyrobu najbardziej innowacyjnego – powstałego w wyniku zastosowania strategii dywersyfikacji).

		Skala nowości technologicznej wyrobu		
Skala nowości rynku	Skala innowacyjności nowego wyrobu	Brak zmian technologii	Udoskonalenia techniczno-technologiczne	- Nowa konstrukcja - Nowa technologia - Nowa wiedza naukowa - Nowe zdolności (możliwości) produkcyjne
	Brak zmian rynku	Strategia podtrzymania	Strategia usprawniania	Strategia zastępowania
	- Rozszerzony rynek - Pełniejsza eksploatacja istniejących rynków dotychczasowych produktów	Strategia remerchandisingu	Strategia udoskonalania	Strategia rozszerzenia linii
	- Nowy rynek - Zwiększenie liczby segmentów obsługiwanych przez firmę	Strategia nowego zastosowania	Strategia modyfikacji	Strategia oryginalnego produktu (dywersyfikacji)

Rys. 1. Strategie rozwoju nowego wyrobu w postaci macierzowej według C. Johnsona i C. Jonesa (opracowanie własne na podstawie [2])

Narzędzia i metody wspomagające proekologiczne projektowanie i ocenę zrównoważonego rozwoju wyrobu

Projektowanie ekologiczne DFE (*design for environment*) jest zorientowane na maksymalne ograniczenie negatywnego wpływu rozwoju wyrobu oraz samego wyrobu na środowisko naturalne [3, 4].

Do elementów DFE można zaliczyć metodyki projektowania zorientowanego na: łatwość demontażu (DFD – *design for disassembly*), łatwość recyklingu (DFR – *design for recycling*), regenerację (DFR – *design for remanufacturing*), długość życia wyrobu (DFL – *design for longevity*) oraz opakowanie (DFP – *design for packaging*).

Do narzędzi, które również mogą wspomóc proekologiczne projektowanie wyrobu, można zaliczyć metody QFD, FMEA, DFMA i DOE.

QFD (*quality function deployment*) to metoda rozwijania funkcji jakości wyrobu. Pozwala zarówno na projektowanie jakości nowych wyrobów, jak i na poprawę jakości istniejących, ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb i wymagań klientów.

FMEA (*failure mode and effects analysis*) pozwala przewidzieć prawdopodobieństwo wystąpienia błędów, ocenić ich skutki, a następnie określić przyczyny ich powstania. Na tej podstawie można opracować działania zapobiegawcze, niwelujące i korygujące, które wyeliminują błędy

* Dr inż. Marcin Paprocki (paprockm@uek.krakow.pl) – Katedra Technologii i Ekologii Wyróbów, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

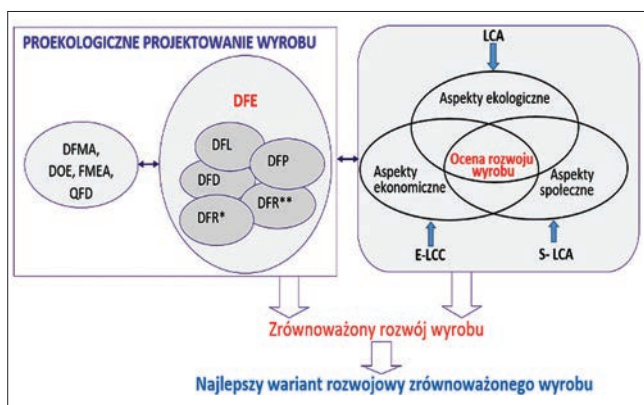
lub zminimalizują prawdopodobieństwo ich powstania podczas projektowania, produkcji i użytkowania wyrobu.

Metoda DFMA (*design for manufacture and assembly*) opiera się na systemach wspomagających ocenę rozwiązania (projektowania konstrukcyjno-technologicznego wyrobu) ze względu na montaż oraz na sposób wytwarzania. DFMA umożliwia m.in. obniżenie kosztów montażu wyrobu oraz całkowitych kosztów wytwarzania części poprzez uszczelnienie konstrukcji, a także wybór najbardziej efektywnych technologii.

Celem DOE (*design of experiments*) jest uzyskanie jak największej ilości wartościowych i wiarygodnych informacji o badanym obiekcie, wyrobie lub procesie przy jak najmniejszej liczbie doświadczeń [5].

W analizie cyklu życia wyrobu można uwzględnić m.in. aspekty ekologiczne, społeczne i finansowe. Aspekty ekologiczne ocenia się z wykorzystaniem LCA (*life cycle assessment*), aspekty ekonomiczne – z wykorzystaniem środowiskowego E-LCC (*environmental live cycle costing*), a aspekty społeczne – z wykorzystaniem S-LCA (*social life cycle assessment*).

Zastosowanie narzędzi i metod proekologicznego projektowania oraz oceny cyklu życia wyrobu sprzyja tworzeniu zrównoważonego modelu rozwoju wyrobu. Przekłada się to na możliwość wyboru najlepszego wariantu rozwojowego zrównoważonego wyrobu (rys. 2). Równoważenie wyrobów może dotyczyć także innych cech, takich jak: cena, jakość, strategia rozwoju czy aspekty prawne.



Rys. 2. Narzędzia i metody wspomagające proekologiczne projektowanie zrównoważonego rozwoju wyrobu

Strategiczne wsparcie przedsięwzięć w celu rozwoju wyrobu w środowisku rozproszonym

Strategiczne wsparcie przedsięwzięć daje podstawę do efektywnego zarządzania rozwojem wyrobu zgodnie z założeniami CE i CEE. Umożliwia ono również organizację przedsiębiorstw w środowisku rozproszonym w formie przedsiębiorstw rozszerzonych, wirtualnych i fraktalnych [6].

W związku ze wzrostem znaczenia proekologicznego rozwoju wyrobów zaproponowano, by uzupełnić strategiczne wsparcie przedsięwzięć o składową środowiskową ocenę (ekologiczności) cyklu życia wyrobu (*ecological backbone*) wspomaganą przez LCA [7]. Zatem koncepcję tę można przedstawić jako krzyżowanie się składowych:

- zarządzania rozwojem wyrobu – wspomaganą przez systemy PLM (*product lifecycle management*),
- planowania zasobów przedsiębiorstwa – wspomaganą przez system ERP (*enterprise resource planning*),
- zarządzania współpracą z klientami – wspomaganą przez system CRM (*customer relationship management*),

- zarządzania współpracą z dostawcami – wspomaganą przez system SCM (*supply chain management*),
- oceny ekologiczności cyklu życia wyrobu – wspomaganą przez LCA.

Aspekty Przemysłu 4.0 w kontekście projektowania i rozwoju wyrobu

Do tendencji i rozwiązań w duchu czwartej rewolucji przemysłowej, dotyczących projektowania i rozwoju wyrobu, można zaliczyć: fabryki cyfrowe (DF – *digital factories*), komunikację między maszynami (M2M), wirtualną rzeczywistość (VR – *virtual reality*), rozszerzoną rzeczywistość (AR – *augmented reality*), internet wszechrzeczy, autonomiczne roboty i obrabiarki, inteligentne fabryki i produkty oraz chmurę obliczeniową.

Implementacji rozwiązań Przemysłu 4.0 sprzyjają m.in. nowoczesne tendencje i metody wytwarzania, a także rozwój internetu, sztucznej inteligencji, rozwiązań informatycznych oraz technologii telekomunikacyjnych. Wydaje się, że aspekty związane z gospodarką o obiegu zamkniętym (CE – *circular economy*) oraz z projektowaniem ekologicznym i zrównoważonym rozwojem wyrobów będą ważnymi składowymi Przemysłu 4.0 (rys. 3).



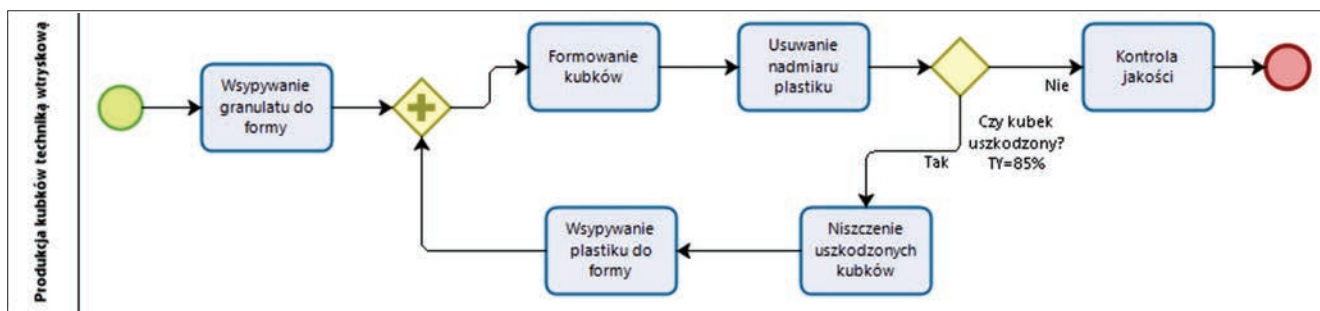
Rys. 3. Aspekty Przemysłu 4.0 w kontekście projektowania i rozwoju wyrobu

Modelowanie etapów rozwoju wyrobu w celu poprawy jakości procesów – koncepcja *six sigma*

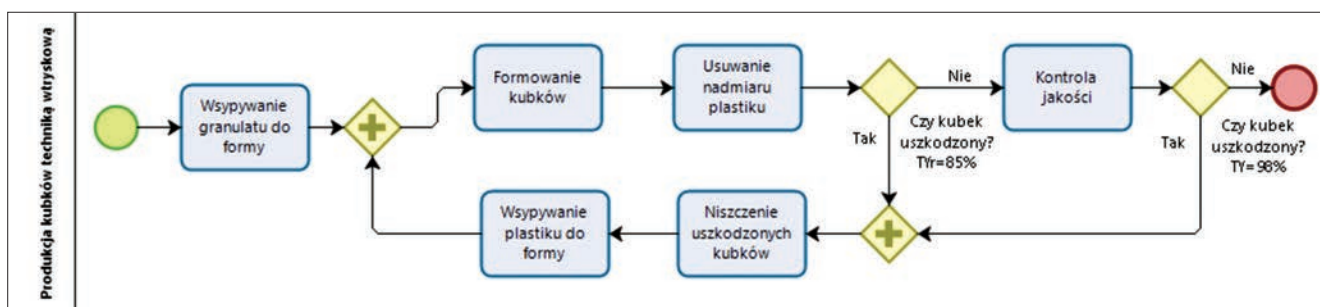
Jedną z metod zapewnienia jakości oraz doskonalenia procesów i wyrobów jest metoda *six sigma*. Do osiągnięcia tych celów można również wykorzystać m.in. koncepcje: TQM (*total quality management*), *lean manufacturing* i *lean six sigma*.

Jednym z głównych założeń *six sigma* jest to, że wysoka jakość nie jest celem samym w sobie. Wysoka jakość (wyrażona poprzez parametr sigma) jest narzędziem do osiągnięcia sukcesu finansowego. W innych systemach zarządzania i poprawy jakości, np. TQM, często kładzie się nacisk na poprawę jakości: procesów, usług lub wyrobów, bez skorelowania tego celu z osiągnięciem wymiernych korzyści finansowych. Z tego powodu, pomimo wzrostu jakości, firmy nie poprawiają wyniku finansowego, a nawet ulega on pogorszeniu.

W wyborze najlepszego wariantu rozwojowego wyrobu mogą pomóc narzędzia do modelowania i symulacji oraz przeprowadzenie eksperymentu. Umożliwiają one m.in. analizowanie istniejących i projektowanych etapów rozwoju wyrobu pod kątem zapewnienia jakości oraz doskonalenia procesów i wyrobów. Jako przykład przedstawiono modelowanie etapów produkcji kubków plastikowych metodą wtryskową w celu identyfikacji „ukrytych fabryk” – istotnej przyczyny rzeczywistej (niskiej) jakości procesów i wyrobów według koncepcji *six sigma*.



Rys. 4. Produkcja kubków plastikowych metodą wtryskową przed identyfikacją „ukrytych fabryk” – Bizagi



Rys. 5. Produkcja kubków plastikowych metodą wtryskową po identyfikacji „ukrytych fabryk” – Bizagi

Wymienione etapy opracowano na podstawie [8]. Modelowanie produkcji kubków plastikowych metodą wtryskową przed identyfikacją (rys. 4) i po identyfikacji (rys. 5) „ukrytych fabryk” zrealizowano w programie Bizagi, z użyciem notacji BPMN. Do określenia jakości procesu wykorzystano wskaźnik wydajności przejściowej TY (*throughput yield*). Określa on prawdopodobieństwo niewystąpienia na danym etapie przygotowania produkcji i wytwarzania potencjalnych błędów.

W pierwszym kroku modelowania określono jakość procesu produkcji kubków na $TY = 98\%$ mierzoną na etapie kontroli jakości wyrobów. Po dokładniejszym przeanalizowaniu i modelowaniu procesu zidentyfikowano „ukryte fabryki”. W tym przypadku polegały one na niszczeniu przez pracownika uszkodzonych kubków, by ukryć niską jakość procesu przed etapem jego kontroli. Rzeczywista jakość procesu wynosiła $TY_r = 85\%$.

Po identyfikacji „ukrytych fabryk” – miejsc występowania niskiej jakości – można przeprowadzić procedurę:

- podnoszenia jakości procesu według metodyki DMAIC (*define* – definiuj, *measure* – mierz, *analyse* – analizuj, *improve* – poprawiaj, *control* – steruj/nadzoruj),
- przeprojektowania procesu według metodyki DFSS (*design for six sigma*) w celu uzyskania poziomu jakości 6σ .

Podsumowanie

Omówiono współczesne trendy związane z projektowaniem i zarządzaniem rozwojem wyrobu. Zaprezentowano metody i narzędzia takie jak: DFE, DFD, DFR, DFMA, FMEA, QFD i DOE, wspomagające proekologiczne projektowanie rozwoju wyrobu. Dzięki zastosowaniu wymienionych narzędzi i metod, a także metod wspomagających ocenę zrównoważonego rozwoju wyrobu (LCA, E-LCC i S-LCA) można zarządzać rozwojem wyrobu poprzez wybór najlepszego wariantu, który będzie kompromisem pomiędzy kryterium ekonomicznym a kryterium ekologiczno-społecznym. Równoważenie wyrobów może dotyczyć także innych cech, takich jak: cena, jakość, strategia rozwoju i aspekty prawne. Uwzględniając wzrost znaczenia proekologicznego rozwoju wyrobów, uzupełniono strate-

giczne wsparcie przedsięwzięć o składową ocenę ekologiczności cyklu życia wyrobu (*ecological backbone*), wspomaganą przez LCA.

Modelowanie procesów rozwoju wyrobu z użyciem notacji BPMN może ułatwić odsłanianie „ukrytych fabryk”, czyli działań mających ukryć procesy o niskiej jakości, według koncepcji *six sigma*. Daje to podstawę do podnoszenia jakości procesu zgodnie z metodyką DMAIC lub przeprojektowania procesu według metodyki DFSS.

Tendencjom związanym z rozwojem wyrobów w ramach czwartej rewolucji przemysłowej – „Przemysłu 4.0” – sprzyjają m.in.: nowoczesne metody wytwarzania, rozwój internetu, sztucznej inteligencji i rozwiązań informatycznych oraz technologii wytwarzania. Wydaje się, że aspekty związane z projektowaniem ekologicznym, zrównoważonym rozwojem wyrobów, a także gospodarką o obiegu zamkniętym będą ważnymi składowymi czwartej rewolucji przemysłowej.

LITERATURA

1. Urban G.L., Hauser J.R. „*Design and Marketing of New Products*”. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1993.
2. Rutkowski I.P. „*Rozwój nowego produktu. Metody i uwarunkowania*”. Warszawa: PWE, 2007.
3. Krumenauer F.Z., Matayoshi C.T., da Silva I.B. i in. „Concurrent engineering and DFMA approaches on the development of automotive panels and doors”. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. 31, 2 (2008): s. 690–698.
4. Telenko C., Seepersad C.C., Webber M.E. „A Compilation of Design for Environment Principles and Guidelines”. *Proceedings of IDETC/CIE*. New York, USA (2008): s. 1–13.
5. Hamrol A., Mantura W. „*Zarządzanie jakością – teoria i praktyka*”. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2002.
6. Paprocki M. „Aspekty rozwoju wyrobu i organizacji przedsiębiorstw w środowisku rozproszonym”. *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. Red. R. Knosala. Opole: Oficyn. Wydaw. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją. 1 (2017): s. 76–87.
7. Paprocki M. „Wykorzystanie metod i systemów komputerowego wspomagania do proekologicznego projektowania rozwoju wyrobu”. *Mechanik*. 1 (2018): s. 73–75.
8. Harry M., Schroeder R. „*Six Sigma wykorzystanie programu jakości do poprawy wyników finansowych*”. Kraków: Oficyna Ekonomiczna, 2005.