

Joanna KAŁKOWSKA*

PROCES ROZWOJU WYROBU JAKO KLUCZOWY CZYNNIK PRODUKCJI W PRZEDSIĘBIORSTWIE BUDOWY MASZYN TRANSPORTOWYCH

DOI: 10.21008/j.0239-9415.2016.071.11

Projektowanie i rozwój wyrobów produkowanych w przedsiębiorstwie budowy maszyn transportowych jest procesem bardzo złożonym i ma wpływ na całkowity cykl życia tych maszyn. Celem artykułu jest identyfikacja tego procesu w obrębie projektowania wyrobu jako części procesu rozwojowego z uwzględnieniem poszczególnych jego etapów. Proces rozwoju wyrobu został opracowany w postaci syntetycznego modelu, a następnie przedstawiony na przykładzie projektowania pojazdów szynowych z uwzględnieniem branżowej specyfiki poszczególnych danych wejściowych i wyjściowych. Przykład ten dotyczy konkretnych warunków przedsiębiorstwa produkcyjnego.

Słowa kluczowe: proces rozwoju wyrobu, projektowanie procesów produkcji

1. PROCES ROZWOJU JAKO INTEGRALNA CZĘŚĆ PROCESU PRODUKCJI W PRZEDSIĘBIORSTWIE BUDOWY MASZYN TRANSPORTOWYCH

Przedsiębiorstwo produkcyjne (a takim bez wątpienia jest przedsiębiorstwo budowy maszyn transportowych) to system techniczno-społeczny przetwarzający energię i zasoby materialne w określony produkt o założonych parametrach użytkowych (Borkowski, Ulewicz, 2008). Zgodnie z podejściem Z. Zbichorskiego produkcję można również interpretować systemowo jako zharmonizowaną całość działającą na rzecz przetworzenia materiałów i energii (elementów wejściowych) w zestaw gotowych wyrobów (elementów wyjściowych) (ibidem). Współczesne systemy produkcyjne charakteryzują się m.in. określonym zakresem prac związanych bezpośrednio z przygotowaniem procesów produkcji, dla których kluczowym

* Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Zarządzania.

aspektem są wszelkie działania związane z projektowaniem wyrobu. Ponieważ w przedsiębiorstwie budowy maszyn transportowych proces produkcyjny rozpatrywany jest głównie przez pryzmat wytwarzanego wyrobu, należy przeanalizować wszystkie operacje i procesy niezbędne do wykonania owego wyrobu, niezależnie od tego, w jakich jednostkach produkcyjnych są one realizowane i jaki jest zakres powiązań kooperacyjnych (Lewandowski et al., 2014). Wobec powyższego, aby wyrób mógł zostać wyprodukowany, należy wcześniej go zaprojektować w sensie konstrukcyjnym, technologiczno-organizacyjnym i eksploatacyjnym. Projektowanie jest działalnością intelektualną, polegającą na tworzeniu sztucznych obiektów materialnych i procesów skierowaną na zaspokojenie potrzeb ludzkich. Jest ono informacyjno-preparacyjną fazą działania (Mantura, 1994). Faza ta obejmuje szereg czynności, począwszy od zidentyfikowania problemu, a skończywszy na opracowaniu rozwiązania zadowalającego pod względem funkcjonalnym, ekonomicznym itd. (Tarnowski, 1997, s. 22). W odniesieniu do procesu produkcji wyrobu, projektowanie obejmuje jego przygotowanie konstrukcyjne i technologiczne oraz organizację produkcji i sprzedaży (Lewandowski, 1998, s. 82). Ten zakres działalności nazywany jest w przedsiębiorstwach produkcyjnych technicznym przygotowaniem produkcji. Współcześnie trudno sobie wyobrazić techniczne przygotowanie produkcji bez źródłowego zasilania ze strony współpracujących z projektantem przyszłych wytwórców i „konsumentów” wyrobu, handlowców, zaopatrzeniowców, marketingowców. W takim przypadku mamy więc do czynienia z całym szeregiem przedsięwzięć określanych mianem procesu rozwoju wyrobu jako z integralną częścią procesu produkcji.

W przypadku przedsiębiorstw budowy maszyn transportowych (w tym pojazdów szynowych) niezmiernie ważną rolę odgrywa uwzględnienie (w procesie rozwojowo traktowanego projektowania) współczesnych wymogów ergonomii. Silny układ konkurencyjny otoczenia tego typu przedsiębiorstw wymusza indywidualne podejście do spełnienia wymagań klienta nie tylko w zakresie innowacyjności wyrobów, ich wysokiej jakości spełniającej restrykcyjne wymagania norm i przepisów w zakresie bezpieczeństwa, eksploatacji, wpływu na środowisko produkowanych pojazdów, ale również komfortu ukierunkowanego na ich przyszłych użytkowników (Lewandowski, 2014; Pacholski, 2000).

2. MODEL ORGANIZACJI PRAC W CYKLU ROZWOJU I WPROWADZENIA WYROBU NA RYNEK

Cykl rozwoju i wprowadzenia wyrobu na rynek, określany często jako proces rozwoju wyrobu, to „interaktywny proces, podczas którego współpracują konsumenci oraz zespoły marketingowe, handlowe, projektowe, zaopatrzeniowe i produkcyjne. W wyniku tej współpracy powstają wyroby lub usługi zaspokajające oczekiwania konsumenta” (Muhleman, Oakland, 2001, s. 83). Proces rozwoju wy-

robu jest procesem ciągłym i powtarzalnym. Dotyczy nie tylko jednej generacji wyrobów, lecz także kolejnych, które są tworzone w celu zaspokojenia wzrastających i zmieniających się potrzeb klientów (Dwiliński, 2002, s. 75). Według H.J. Bullingera i J. Warschata proces rozwoju wyrobu odnosi się do cyklu życia wyrobu, który swoim zasięgiem obejmuje wszystkie fazy, począwszy od powstania pomysłu na wyrób, przez jego produkcję oraz wprowadzenie na rynek, aż do jego schyłku. Przedstawiany jest on w charakterystycznym porządku, wraz z określonymi czynnościami, które są wymagane w celu uzyskania niezbędnych informacji na każdym etapie procesu (Bullinger, Warschat, 1996, s. 16). Celem procesu rozwoju wyrobu jest zapewnienie (dostarczenie) takiego wyrobu, który przyczyni się do rozwoju przedsiębiorstwa i zapewni uzyskanie znacznej przewagi konkurencyjnej (Andreasen, Hein, 1987, s. 2). Dzieje się to, jak podkreślają Booker, Raines i Swift, przez nadanie wyrazu fazie projektowania oraz uzewnętrznienie myśli projektowej (Booker et al., 2001, s. 252-256).

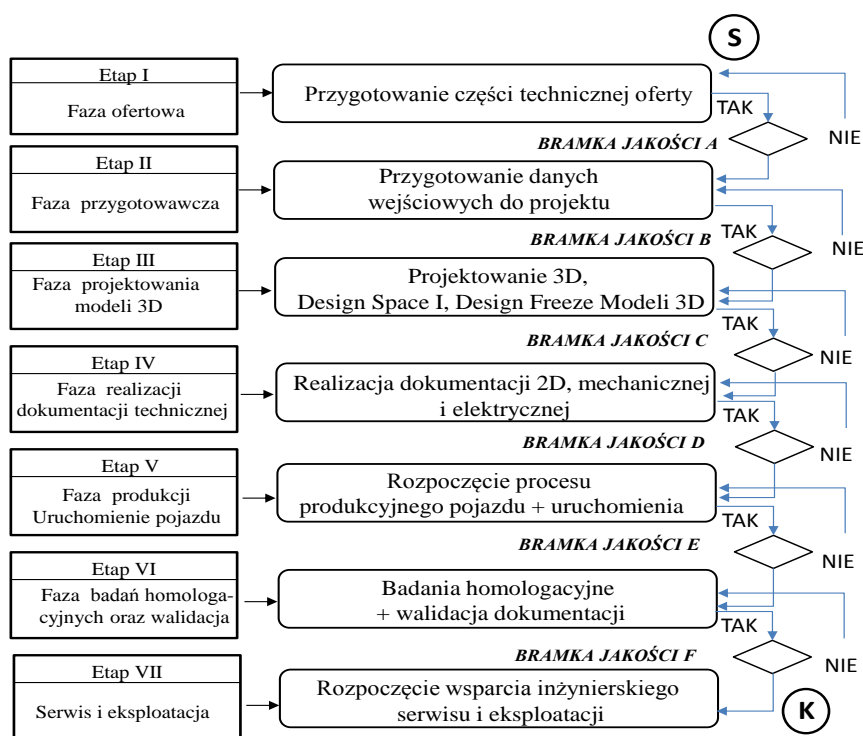
Literatura przedmiotu dostarcza wielu modeli aranżacji faz, etapów i działań występujących w cyklu rozwoju i wprowadzenia wyrobu na rynek. Występujące pomiędzy nimi różnice można sprowadzić do dwóch typów. Pierwszy typ różnic dotyczy rodzaju faz, etapów i działań (Pasternak, 2005). Drugi typ różnic związany jest z ich kolejnością. W związku z tym można rozróżnić sekwencyjne i współbieżne modele cykli.

Modele rozwoju i wprowadzenia wyrobu stanowią wskazówkę, w jaki sposób dostarczyć wyrób na rynek, aby znalazł się on na nim we właściwym czasie, a koszty tego wprowadzenia były niskie. Modele te są sytuacyjnie uwarunkowane. Zależą one między innymi od wielkości (seryjności) i powtarzalności produkcji, liczby asortymentowej wyrobów, a zwłaszcza od ich złożoności konstrukcyjnej. Z tego względu jest wskazane, aby każde przedsiębiorstwo opracowało własny model, może on bowiem stanowić źródło przewagi konkurencyjnej (Booker et al., 2001, s. 252-256). Wyróżnia się szereg warunków, jakie powinny spełniać modele rozwoju i wprowadzenia wyrobu na rynek. Booker, Rainer i Swift wskazują na następujące warunki:

- modele powinny być dostosowane do ciągłych zmian, jakie zachodzą w przedsiębiorstwach,
- modele powinny być wprowadzane stopniowo,
- modele powinny być w miarę możliwości elastyczne, gdyż niekiedy nie można przewidzieć wszystkich czynników mogących mieć wpływ na proces rozwoju wyrobu,
- modele powinny być łatwo adaptowalne do sytuacji panującej w przedsiębiorstwie (Booker et al., 2001, s. 252-256).

Proces rozwojowy pojazdu szynowego przedstawiony w kolejnym rozdziale został opracowany na podstawie modelu Coopera. Model ten często wykorzystuje się w przedsiębiorstwach przemysłowych w planowaniu zarządzania procesem rozwoju wyrobu. Umożliwia on efektywną realizację poszczególnych działań w tym pro-

cesie (Cooper, Edget, 2002, s. 5-7). W modelu tym każdy krok oznacza zestaw działań, jakie należy wykonać, by móc przejść do kroku następnego. Na wejściu do każdego kolejnego kroku (etapu) występuje tzw. „bramka”, oznaczająca proces kontroli jakości poprzedniego kroku lub jakości działań podjętych w celu jego realizacji. Tym samym bramka może wskazywać na sytuację polegającą na podjęciu decyzji np. o odrzuceniu rozwiązań miernych, niespełniających określonych wymagań. Każdy z kroków obejmuje zestaw działań podejmowanych przez pracowników z różnych obszarów funkcyjnych przedsiębiorstwa, często współpracujących ze sobą w ramach struktur zespołowych (Cooper, 2001). Cooper zakłada, że wszystkie działania w poszczególnych krokach wykonywane są równolegle, co mogłoby wskazywać na współbieżny charakter takiego modelu. Jednakże ze względu na wyraźnie kolejnościowy układ tych kroków i oddzielenie ich „bramkami” zaliczamy go do modeli sekwencyjnych. Model Coopera dla projektowania pojazdu szynowego został przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Proces rozwoju wyrobu w przedsiębiorstwie produkującym pojazdy szynowe

3. PROCES ROZWÓJ WYROBU W PRZEDSIĘBIORSTWIE BUDOWY MASZYN TRANSPORTOWYCH – UJĘCIE SYNTETYCZNE

Proces rozwoju wyrobu (zgodnie z koncepcją modelu Coopera) w przedsiębiorstwie produkującym pojazdy szynowe składa się z siedmiu etapów przedstawionych na rysunku 1.

3.1. Faza ofertowa

Pierwsza faza procesu projektowania i rozwoju to tzw. faza ofertowa, w której przygotowano część techniczną oferty. Po wpłynięciu dokumentacji przetargowej do działu badań i rozwoju kierujący zespołem ds. konfiguracji danego typu taboru powołuje inżyniera projektu, który po wstępnej analizie dokumentacji przetargowej zwołuje spotkanie otwierające projekt. Na spotkaniu obecni są kierujący zespołami wszystkich grup projektowych działu badań i rozwoju. Spotkanie ma na celu przedstawienie zakresu projektu, ram czasowych oraz ustalenie harmonogramu spotkań projektowych. Dokumentem wyjściowym tego etapu jest notatka ze spotkania. Następnie inżynier projektu dokonuje szczegółowej analizy specyfikacji istotnych warunków zamówienia (SIWZ) oraz rozdziela wymagania na tzw. obszary merytoryczne i przenosi je do tabeli projektu. W dalszej kolejności kierujący zespołami działu badań i rozwoju (KZBiR) odnoszą się do wymagań SIWZ przedstawionych w tabeli projektu i opiniują zapisy dotyczące obszarów ich działalności. Inżynier projektu po zebraniu opinii przystępuje do sporządzenia konfiguracji ofertowej produktu. Poszczególne etapy budowania konfiguracji ofertowej są następujące:

- przygotowanie struktury produktu powiązanego z SIWZ uwzględniające założenia projektu,
- określenie przez KZ założeń masowych i zużycia energii,
- analiza możliwości/konieczności zastosowania nowych technologii,
- określenie komponentów podlegających FAI (kontrola pierwszej sztuki), TT (badanie typu wyrobu jednego urządzenia lub ich większej liczby, systemu lub kompletnego pojazdu w celu wykazania, że konstrukcja jest zgodna z wymaganiami, specyfikacjami i normami) oraz przygotowanie listy specyfikacji ofertowych
- określenie potrzebnych narzędzi specjalnych,
- określenie materiałów potrzebnych do budowy pojazdu wraz z określeniem stopnia recyklingu dla każdego materiału,
- określenie niezbędnych obliczeń i analiz do projektu wraz z oszacowaniem kosztów, ryzyka oraz ram czasowych,
- wykonanie obliczeń wstępnych: skrajnia, bilans energetyczny, dynamika globalna, charakterystyka trakcyjna,

- określenie designu, tj. sylwetki zewnętrznej pojazdu, podstawowego opisu kolorystycznego, układu wnętrza, wykończenia materiałowego wnętrza,
- budowa budżetu projektu,
- budowa harmonogramu projektu oraz analiza dostępności zasobów,
- analiza ryzyka – oszacowanie zagrożeń technicznych związanych z realizacją projektu,
- analiza doświadczeń projektowych oraz eksploatacyjnych z poprzednich projektów, wnioski z analizy reklamacji dostawców,
- analiza wymaganych norm i dokumentów normatywnych,
- wybór procedury homologacyjnej oraz określenie badań innych niż homologacyjne.

Fazę ofertową kończy „bramka jakości A” (rys. 1); służy ona do weryfikacji danych wyjściowych niniejszego etapu projektowania pod kątem kompletności i poprawności merytorycznej. Bramka jakości jest zatwierdzana przez technicznego menedżera projektu. W tabeli 1 przedstawiono listę kontrolną bramki jakości A, stanowiącej dane wyjściowe fazy ofertowej procesu projektowania.

Tabela 1. Lista kontrolna bramki jakości A

Lista kontrolna bramki jakości A dla procesu projektowania w dziale badań i rozwoju				
Lp.	Zadanie	TAK	NIE	Podpis
1.	Wymagania techniczne SIWZ przeniesione na strukturę produktu (karta konfiguracji)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.	Przeprowadzona analiza masy zgodnie ze strukturą produktu oraz wymaganiami technicznymi SIWZ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.	Wykonana analiza ryzyka w oparciu o strukturę produktu oraz wymagania techniczne SIWZ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.	Zatwierdzony arkusz budżetu projektu wykonany w oparciu o strukturę produktu oraz wymagania techniczne SIWZ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.	Raport z obliczeń wstępnych zgodny z wymaganiami SIWZ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	5.1. Obliczenia skrajni	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	5.2. Bilans energetyczny	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	5.3. Dynamika globalna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	5.4. Charakterystyka trakcyjna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	5.5. (inne zgodnie z SIWZ)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	5.6. (inne zgodnie z SIWZ)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6.	Określona oraz wybrana procedura homologacji. Ustalony harmonogram homologacji	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7.	Harmonogram projektu wraz z przydziałem zasobów dla wszystkich etapów projektu przygotowany oraz zatwierdzony przez kierownika projektu w MR oraz kierujących zespołami MR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8.	Załączniki techniczne do oferty przygotowane zgodnie z wymaganiami klienta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

3.2. Faza przygotowawcza

Kolejnym etapem procesu projektowania i rozwoju jest faza przygotowawcza. Po podjęciu decyzji o uruchomieniu projektu w dziale badań i rozwoju oraz po zamknięciu uzgodnień technicznych inżynier projektu we współpracy z kierującymi obszarów konstrukcyjnych sporządza kompletną strukturę produktu, uzupełnioną m.in. o informacje dotyczące założeń budżetu masy dla poszczególnych podzespołów oraz budżetu kosztów podzespołów pojazdu. Następnie wykonuje się szczegółowy harmonogram projektowania zawierający zakres realizacji wszystkich prac projektu. Równocześnie opracowuje się harmonogram uzyskania homologacji, dokonuje się obliczeń skrajni pojazdu i dynamiki globalnej oraz pozostałych obliczeń wymaganych przez klienta.

Punktem zamykającym fazę przygotowawczą jest bramka jakości B, stanowiąca weryfikację danych wyjściowych etapu II pod kątem kompletności i poprawności merytorycznej.

3.3. Faza *design space* I konstrukcji

Faza *design space* I polega na złożeniu zgrubnych modeli 3D komponentów pojazdu, które są wykonywane w celu rezerwacji przestrzeni na poszczególne podzespoły pojazdu przez zespoły konstrukcyjne działu badań i rozwoju oraz w celu znalezienia i usunięcia kolizji między poszczególnymi podzespołami pojazdu.

Fazę *design space* I zamyka bramka jakości C, czyli weryfikacja danych wyjściowych etapu III pod kątem kompletności dokumentacji oraz poprawności merytorycznej.

3.4. Faza *design freeze* konstrukcji

Faza ta zakłada zakończenie projektowania modeli 3D komponentów pojazdu, złożenie modeli, weryfikację budżetu masy pojazdu oraz weryfikację budżetu kosztów komponentów zakupowych.

3.5. Wykonanie dokumentacji technicznej

Kolejnym etapem procesu projektowania i rozwoju jest wykonanie dokumentacji technicznej i technologicznej pojazdu. Składają się na nią dokumentacja mechaniczna 2D, dokumentacja elektryczna 2D, dokumentacja systemów IT, dokumentacja oprogramowania i sterowania pojazdu (stworzenie dokumentacji projektowej – wytycznych), specyfikacja wymagań oraz specyfikacja instrukcji testów,

protokoły odbiorów, harmonogram kontroli, dokumentacja zdawczo-odbiorcza konstrukcji podwozia i nadwozia. Etap kończy się bramką jakości E.

3.6. Faza produkcji pojazdu, uruchomienia i walidacji dokumentacji

Po wykonaniu dokumentacja 2D (zawierająca dane wejściowe do produkcji pojazdu) zostaje przekazana na wydziały produkcyjne. Dokumentacja jest na tym etapie weryfikowana i walidowana. Ponadto na tym etapie opracowywana jest dokumentacja zdawczo-odbiorcza dla układów biegowych, prób stanowiskowych i instalacji elektrycznej, dokumentacja systemu utrzymania oraz dokumentacja warunków technicznych wykonania i odbioru. Następnie w momencie wyprodukowania pojazdu zespół ds. oprogramowania i sterowania pojazdu przeprowadza proces uruchamiania stacjonarnego oprogramowania oraz sterowania pojazdu wraz z testami *software*. Kolejno uruchamia się dynamicznie oprogramowania i sterowania. Na podstawie tych czynności zostają sporządzane protokoły uruchomień. Ponadto realizowane są uruchomienia systemów IT (przez zespół ds. systemów IT) oraz sprawdzane są pomiary instalacji elektrycznej, na których podstawie również sporządzane są protokoły uruchomień. Fazę VI kończy bramka jakości F.

3.7. Faza badań homologacyjnych, walidacja dokumentacji, serwisu i eksploatacji

Proces projektowania i rozwoju kończą badania homologacyjne wraz z walidacją dokumentacji. Jednocześnie uruchamiane zostają wszelkie czynności i procedury związane z działaniami serwisowymi i eksploatacyjnymi. Gdy jest to konieczne, może zostać uruchomiona kolejna faza w procesie rozwoju, która może dotyczyć wsparcia inżynierskiego w przedmiotowym zakresie.

4. UWAGI KOŃCOWE

Współcześnie przedsiębiorstwa będące przedstawicielami wielu branż, chcąc zwiększyć swą konkurencyjność, a tym samym sprostać oczekiwaniom klientów, muszą dostosowywać się do zmieniających się wymogów rynku. W szczególnej sytuacji pozostają przedsiębiorstwa budowy maszyn transportowych będące producentami pojazdów szynowych, z tego chociażby względu, że przemysł ten jest coraz częściej wypierany przez branżę samochodową i lotniczą. Dlatego też, chcąc dostosowywać się do narastających zmian gospodarczych i technicznych, produ-

cenci pojazdów szynowych muszą stale podnosić jakość produkowanych wyrobów, a co za tym idzie, również jakość projektowania wyrobu.

Głównym celem artykułu było przedstawienie jednego z procesów głównych, tj. procesu projektowania i rozwoju, jako kluczowego czynnika produkcji pojazdów szynowych w przedsiębiorstwie budowy maszyn transportowych. Proces rozwoju jest procesem bardzo złożonym i interdyscyplinarnym, składającym się z wielu etapów. Zwiększenie wydajności oraz efektywności procesu wpływa bezpośrednio na realizację projektów w wyznaczonym terminie, jakość produktów i optymalizację kosztów wytworzenia produktów. Aby proces ten przebiegał sprawnie, konieczne jest zapewnienie jakości i kompletności danych wejściowych do procesu projektowania, skuteczne planowanie zasobów, orientacja na wyniki (terminowość, koszty, jakość), cykliczna kontrola projektów, tworzenie dokumentacji technicznej odpowiedniej jakości, zmniejszanie liczby niezgodności i kolizji w procesie zabudowy oraz zapewnienie skutecznej komunikacji między obszarami.

Realizacja procesu rozwoju wyrobu uwzględniającego wszystkie omówione czynniki skuteczności stanowi kluczową wartość wejściową procesu produkcji wyrobu i wpływa bezpośrednio na zadowolenie klienta.

LITERATURA

1. Andreasen, M.M., Hein, L. (1987). *Integrated product development*. Bedford – IFS.
2. Booker, J.D., Raines, M., Swift, K.G. (2001). *Designing capable and reliable products*. Oxford: Butterworth–Heinemann.
3. Borkowski, S., Ulewicz, R. (2008). *Zarządzanie produkcją. Systemy produkcyjne*. Sosnowiec: Oficyna Wydawnicza Humanitas.
4. Bullinger, H.J., Warschat, J. (1996). *Concurrent Engineering Simultaneous Engineering Systems*. London: Springer-Verlag.
5. Cooper, R.G. (2001). Doing it Right – Winning with New Products. *Product Development Institute*. Working Paper, 12.
6. Cooper, R.G., Edgett, S.J., Kleinschmidt, E.J. (2002). *Optimizing the Stage-Gate Process: What Best Practice Companies are Doing*. Product Development Institute, Working Paper, 15.
7. Dwiliński, L. (2002). *Zarządzanie produkcją*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
8. Lewandowski, J. (1998). *Zarządzanie jakością*. Łódź: Wydawnictwo Marcus.
9. Lewandowski, J., Sokłud, B., Plinta, D. (2014). *Organizacja systemów produkcyjnych. Zarządzanie i Inżynieria Produkcji*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
10. Mantura, W. (1994). *Kategoria jakości w projektowaniu technicznym*. Poznań: Politechnika Poznańska.
11. Muhleman, A.P., Oakland, J.S., Lockyer, K.G. (2001). *Zarządzanie. Produkcja i usługi*. Warszawa: PWN.

12. Pacholski, L. (2000). Macroergonomics Paradox of entrepreneurship and Economic Renewal. In: *Ergonomics for the new millennium. Human Factors and Ergonomics Society*. Santa Monica–San Diego, CA. 2-185–2-188.
13. Pasternak, K. (2005). *Zarys zarządzania produkcją*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
14. Tarnowski, W. (1997). *Podstawy projektowania technicznego*. Warszawa: WNT.

PRODUCT DEVELOPMENT PROCESS AS A KEY PRODUCTION FACTOR IN TRANSPORT EQUIPMENT MANUFACTURING ENTERPRISES

The product development process of products manufactured in transport equipment production enterprises is a very complex process and it influences the product life cycle of said equipment. The goal of the paper is to identify this process in the area of product design as a part of the whole development process, taking into consideration its particular stages and phases. The product development process was formulated as a general model and then presented on the design example of a handcar machine, taking into consideration the characteristic input and output data. This example concerns real conditions in a manufacturing enterprise.

Keywords: product development process, production process design