

Lublin, dn. 08.05.2016

**Prof. dr hab. inż. Jerzy Lipski**

**Politechnika Lubelska**

### **Recenzja**

**pracy doktorskiej mgr inż. Przemysława Zawadzkiego**

**na temat: „Metodyka budowy zautomatyzowanego systemu projektowania wyrobów wariantowych z zastosowaniem narzędzi inżynierii wiedzy”**

*Recenzję opracowano na zlecenie Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej  
dr hab. inż. Olafa Ciszaka*

### **Ocena wyboru tematu**

Działające na rynku globalnym przedsiębiorstwa, produkujące zarówno produkty finalne jak i komponenty oraz podzespoły, muszą się liczyć z silną konkurencją. W celu spełnienia wymagań rynku trzeba ograniczać koszty przygotowania produkcji oraz wytwarzania a także konkurować czasem wdrażania różnych, zamawianych przez klientów, wersji wyrobów. Koncepcja produkcji spełniająca takie warunki wymaga znacznego uelastycznienia procesu konstruowania i przygotowania do produkcji wariantowych wersji oferowanego produktu na życzenie klienta w możliwie krótkim czasie.

Spełnienie wymienionych warunków, stosując konwencjonalne metody konstruowania wyrobów oraz oprzyrządowania potrzebnego do ich wytworzenia, wymagałoby znacznych nakładów. Zaproponowana koncepcja zindywidualizowanej produkcji masowej (MC – *ang. mass customization*) przy założeniu właściwego wykorzystania możliwości informatycznego przetwarzania danych pozwala na osiągnięcie efektów szybkiego opracowania wariantów dokumentacji konstrukcyjnej przy stosunkowo niewielkich nakładach. Wdrożenie tej koncepcji znanej już w latach 70-tych, lecz trudnej do zastosowania na ówczesnym poziomie technologii informatycznych, może być obecnie zrealizowane. Jednakże, warunkiem efektywnego wdrożenia jest opracowanie możliwie

uniwersalnej metodyki budowy systemów informatycznych automatyzujących procesy konstrukcyjne dla zróżnicowanych założeń, przy użyciu odpowiednio dobranych aplikacji. Uważam, że w tym kontekście wybór tematu rozprawy doktorskiej jest trafny.

Recenzowana rozprawa wpisuje się w trendy doskonalenia metod przygotowania produkcji dla zindywidualizowanej produkcji masowej. Celem rozprawy jest bowiem opracowanie metodyki, zapisanej w formie procedury, wspomagającej budowę systemu informatycznego, przeznaczonego do automatyzacji procesu projektowania wariantów wyrobów. Metodyka ta ma być uniwersalnym podejściem do rozwiązywania problemów pozyskiwania i weryfikacji wiedzy, w odniesieniu do zadań realizowanych podczas projektowania, oraz jej implementacji w budowanym systemie informatycznym. Oceniam, podjętą w rozprawie, problematykę jako aktualną i oryginalną, wychodzącą naprzeciw współczesnym oczekiwaniom i potrzebom przemysłu a jej temat jako celowy i ważny pod względem poznawczym i użytecznym.

### **Ocena merytoryczna rozprawy**

Praca zawiera 132 strony druku podzielonego na 7 rozdziałów merytorycznych, poprzedzonych streszczeniem w językach polskim oraz angielskim i wykazem akronimów używanych w pracy (28 pozycji) oraz zakończona wykazem literatury (zawierającym 130 pozycji drukowanych i 3 strony internetowe), spisem 84 rysunków i 11 tabel.

*W rozdziale pierwszym – Wprowadzenie* – Doktorant przedstawia argumenty uzasadniające stosowanie strategii masowej kustomizacji i zalety takich rozwiązań z punktu widzenia klienta i przedsiębiorstwa. Jednocześnie zwraca uwagę na trudności towarzyszące wdrażaniu tej strategii w wyniku zwiększania kosztów projektowania i wytwarzania. W tym kontekście uzasadnia opracowanie dedykowanego rozwiązania, usprawniającego i koordynującego projektowanie wyrobów wariantowych. Postuluje wdrażanie systemów inżynierskich opartych na wiedzy (KMB –*ang. Knowledge Based Engineering*).

Autor proponuje koncepcję systemu informatycznego integrującego konfigurację i projektowanie wyrobów wariantowych przez zastosowanie narzędzi z obszaru inżynierii wiedzy. Koncepcja ta zakłada, że klient konfiguruje swoją wersję wyrobu zdalnie, przez przeglądarkę internetową, inicjując proces projektowania wariantu. Projektowanie odbywa się automatycznie bez udziału wykwalifikowanych konstruktorów. W wyniku powstaje dokumentacja projektowa nowego wariantu dopasowana do warunków przedsiębiorstwa. W treści *Wprowadzenia* autor, w oparciu o dobrze wybraną literaturę uzasadnia dlaczego podjęta w pracy tematyka jest ważna i jaki cel chce osiągnąć.

*Rozdział II* zawiera obszerny opis projektowania wyrobów wariantowych w świetle rozwiązań publikowanych w literaturze. Doktorant, powołując się na kilkadziesiąt pozycji literatury przedmiotu, przedstawia rys historyczny koncepcji wytwarzania wyrobów wariantowych. Opisuje także budowę różnych systemów informatycznych stosowanych do różnych wyrobów wariantowych. Konkludując stwierdza, że należy te cytowane opisy traktować jako studium przypadku i nie stanowią one ogólnych wzorców postępowania. Podsumowaniem dyskusji literatury jest logiczny wniosek, że uzasadnionym jest opracowanie metodyki wspomagającej budowę zintegrowanego systemu konfiguracji i automatycznego projektowania wyrobów wariantowych. W tym miejscu autor zauważa konieczność dokonania przeglądu i wyboru odpowiednich dla tego zadania metod i narzędzi inżynierii wiedzy.

*Rozdział III* jest wprowadzeniem w metody klasyfikacji, akwizycji i reprezentacji wiedzy. Autor rozprawy, na podstawie literatury opisuje szereg systemów projektowania opartych na wiedzy ogólnej - KBS (*ang. Knowledge Base System*) oraz wiedzy łączącej programowanie zorientowane obiektowo, techniki sztucznej inteligencji i programy CAD - KBE (*ang. Knowledge Base Engineering*). Charakteryzuje także metodyki budowy systemów KBE.

Na podstawie przeanalizowanych w literaturze przykładów zastosowań metod inżynierii wiedzy, doktorant dochodzi do wniosku, że systemy KBE bazujące na opracowaniu inteligentnych modeli CAD mogą być stosowane jako narzędzie do opracowania nowych wariantów projektowanych wyrobów. W zakresie zadań akwizycji proponuje stosować w ramach metodyki MOKA (*ang. Methodology and software tools Oriented to Knowledge based engineering Applications*) formularze ICARE (*ang. Illustrations, Constraints, Activities, Rules, Entities*) dające możliwość zdefiniowania struktury wyrobu i relacji jakie zachodzą między jego elementami. Do reprezentacji wiedzy proponuje język UML.

*Rozdział IV* - w wyniku przeprowadzonej, w poprzednich rozdziałach, analizy literatury doktorant w tym rozdziale formułuje cel pracy i tezę. **Jako cel pracy określa:**

*"Opracowanie metodyki, zapisanej w formie procedury, wspomagającej budowę systemu informatycznego, przeznaczonego do automatyzacji procesu projektowania wariantów wyrobu, obejmującej opracowanie architektury systemu i budowę jego komponentów. Metodyka ta ma dostarczyć uniwersalnego podejścia, umożliwiającego pozyskiwanie i weryfikację wiedzy o zadaniach realizowanych podczas projektowania oraz dalsze jej przetwarzanie i implementację w budowanym systemie."*

Przystępując do realizacji postawionego celu **stawia tezę, że:**

*"Automatyzacja projektowania wyrobów wariantowych jest czynnikiem zwiększającym efektywność strategii masowej kastomizacji".*

Ponadto autor rozprawy spodziewa się **osiągnąć trzy cele cząstkowe:**

1. *Opracowanie uniwersalnego toku postępowania automatyzującego projektowanie wyrobów wariantowych;*
2. *Opracowanie metody pozyskiwania i weryfikowania wiedzy o sposobach projektowania wyrobów wariantowych w programie CAD;*
3. *Standaryzację procesu projektowania poprzez ujednoczenie procedur i uporządkowanie wiedzy w przedsiębiorstwie.*

Zdaniem recenzenta, w kontekście sformułowanego tematu pracy, zarówno jej cel jak i cele cząstkowe oraz teza zostały sformułowane poprawnie. Realizacja postawionego celu pozwoli skrócić czas procesu projektowania wyrobów wariantowych usprawniając proces tworzenia oprogramowania do opracowania autogenerujących modeli CAD, automatycznie przetwarzających dane o konfiguracji wariantu wyrobu. Oprócz efektów użytkowych należy się spodziewać, w wyniku realizacji postawionego celu, rozszerzenia aktualnego stanu wiedzy z obszaru budowy rozwiązań systemów informatycznych klasy KBE.

*Rozdział V* - autor opisuje tu opracowaną przez siebie metodykę budowy zautomatyzowanego systemu projektowania wyrobów wariantowych. Dla odróżnienia procedury metodyki od oczekiwanego jej efektu, czyli zautomatyzowanego systemu projektowania wyrobów wariantowych, przyjęto dwa (dosyć długie) akronimy MDAVP (*ang. Methodology of Design Automation of Variant Products*) dla metodyki oraz SAVPD (*ang. System for Automatic Variant Product Design*) dla systemu projektowania.

Zaproponowano następujące etapy w ramach projektowanej metodyki MDAVP:

- Identyfikacja potrzeb i zasobów potrzebnych do budowy systemu SAVPD;
- Akwizycja wiedzy o stosowanych w przedsiębiorstwie sposobach projektowania;
- Opracowanie architektury systemu SAVPD;
- Budowa komponentów systemu SAVPD;
- Integracja komponentów i uruchomienie systemu SAVPD.

Każdy, z wymienionych etapów został w treści odpowiednich podrozdziałów wyczerpująco omówiony. Dodatkowo przebieg prac nad systemem informatycznym projektowania wyrobów wariantowych przedstawiono w postaci algorytmu na rys. 5.4.

*Rozdział VI* jest najbardziej obszernym rozdziałem w pracy (46 stron) i zawiera walidację przedstawionej w poprzednim rozdziale metodyki na dwóch przykładach zaprojektowanych systemów SAVPD. Autor rozprawy omawia szczegółowo realizację poszczególnych etapów opracowanej metodyki (wymienione w poprzednim rozdziale).

Pierwszym przykładem aplikacji opracowanej metodyki było zaprojektowanie systemu informatycznego do generowania projektów wariantów łącznika instalacyjnego. Efektem uruchomienia tego systemu było zmniejszenie czasu wykonania dokumentacji technicznej wariantu łącznika z 1020 min. (tradycyjna metoda projektowania) do 10 min. przy wykorzystaniu SAVPD.

Drugi przykład zaprojektowania aplikacji SAVPD według opracowanej metodyki dotyczył produkcji wariantowej miedzianych rur giętych stosowanych w instalacjach wodociągowych. Funkcjonalność tego projektu została rozszerzona o przeprowadzenie kalkulacji cenowej każdego z projektowanych wariantów. Również i tutaj uzyskano skrócenie czasu projektowania wariantów. Jednakże, jak widać z opisów zakresu i wymaganego wysokiego poziomu kompetencji realizacji poszczególnych zadań opisanych w MDAVP, prace projektowe SAVPD są czasochłonne i kosztowne. Celowym byłoby dokonanie analizy dla jakiego stopnia wariantowości i wykorzystania jej przez potencjalnych klientów będzie opłacalne zaprojektowanie SAVPD.

Przytoczone przykłady zastosowania opracowanej metodyki projektowania SAVPD świadczą o skuteczności zaproponowanych w niej rozwiązań a także umiejętności i wiedzy doktoranta zastosowania w praktyce postulowanych metod.

*Rozdział VII* zawiera wnioski końcowe i kierunki dalszych prac. Autor rozprawy słusznie stwierdza, że coraz powszechniejsza masowa kastomizacja wyrobów wymaga opracowania zautomatyzowanych metod projektowania. Projekt metodyki tworzenia takich aplikacji został zaproponowany w ramach rozprawy doktorskiej.

Zaproponowana metodyka, moim zdaniem, stanowi uzupełnienie stanu wiedzy w obszarze budowy systemów KBE. W tym zakresie doktorant osiągnął założony cel pracy wraz z celami cząstkowymi wymienionymi w rozdziale IV. Postawiona teza: *"Automatyzacja projektowania wyrobów wariantowych jest czynnikiem zwiększającym efektywność strategii masowej kastomizacji"*, została potwierdzona w odniesieniu do podanych przykładów walidacyjnych. Wydaje się jednak, że skuteczne korzystanie z modeli autogenerujących w ramach zaproponowanej metodyki będzie wymagało od projektantów dysponowania wiedzą odnośnie procesów wytwarzania w danym przedsiębiorstwie i jego zasobów. Wiedza

ta musi być zgromadzona i sformalizowana, aby mogła być właściwie wykorzystana przy projektowaniu. Koszty tych działań, w odniesieniu do poszczególnych wyrobów, mogą być znaczne. Fakt ten nie pomniejsza w żadnym stopniu aplikacyjności opracowanej metodologii a jedynie wymusza na decydentach przeprowadzenie wnikliwej analizy rynku na oferowane wyroby wariantowe i przeanalizowanie opłacalności działań projektowych tą lub inną metodą.

### **Ocena strony redakcyjnej**

Oceniając pracę pod względem redakcyjnym stwierdzam, że jest napisana poprawnym językiem. Wszystkie rysunki wykonane są starannie. Układ pracy jest przejrzysty i logiczny. Wykaz literatury rozbudowany, lecz zawiera pozycje ściśle wiążące się z omawianą tematyką i są one poprawnie przywoływane w tekście. Zaobserwowano kilka błędów edycyjnych, które jednak w żaden sposób nie zmniejszają wysokiej oceny co do staranności opracowania tekstu pracy.

### **Wniosek końcowy**

Na podstawie analizy przedstawionej do recenzji pracy doktorskiej pt. **„Metodyka budowy zautomatyzowanego systemu projektowania wyrobów wariantowych z zastosowaniem narzędzi inżynierii wiedzy”** wyrażam opinię, że mgr inż. Przemysław Zawadzki zrealizował podstawowy cel rozprawy, którym było *Opracowanie metodyki, zapisanej w formie procedury, wspomagającej budowę systemu informatycznego, przeznaczonego do automatyzacji procesu projektowania wariantów wyrobu, obejmującej opracowanie architektury systemu i budowę jego komponentów*. W trakcie realizacji pracy doktorskiej wykazał się umiejętnością rozwiązywania postawionych przed nim zadań naukowych, w tym umiejętności prowadzenia badań naukowych oraz stosowania współczesnych technologii informatycznych. Na szczególne podkreślenie zasługuje walidacja opracowanej w ramach pracy metodyki na przykładach wykonanych projektów aplikacji wykorzystanych praktycznie w przedsiębiorstwach automatyzujących projektowanie konkretnych wyrobów wariantowych.

**Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca doktorska mgr inż. Przemysława Zawadzkiego wnosi istotny wkład w stan wiedzy w dyscyplinie naukowej „Budowa i Eksploatacja Maszyn”, szczególnie w zakresie doskonalenia i automatyzacji metod projektowania wyrobów wariantowych. Opiniowana praca doktorska spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim sformułowane w obowiązującej ustawie o stopniach i tytule naukowym (w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003) i może być dopuszczona do publicznej obrony.**

*Prof. dr hab. inż. Jerzy Lipski*

