

Gliwice, 18.07.2022r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgra inż. **Łukasza Woźnickiego** pt.
**Tworzenie narzędzi automatyzujących wybrane etapy analiz MES
w oparciu o informacje typu design rationale**

Promotor: prof. dr hab. inż. **Jerzy Pokojski**

1. Wstęp

Recenzję rozprawy doktorskiej pod wyżej wymienionym tytułem opracowano na podstawie zlecenia z dn. 30 maja 2022 roku Pana prof. dra hab. inż. Piotra Przybyłowicza, Dziekana Wydziału Samochodów i Maszyn Roboczych, działającego na podstawie uchwały Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Warszawskiej z dn. 6 kwietnia 2022 roku.

Rozprawa została napisana w języku polskim ze streszczeniem w języku polskim i angielskim. Praca liczy 141 stron, składa się 8. rozdziałów i zawiera wykaz bibliograficzny liczący 68 pozycji.

Rozprawa doktorska dotyczy metodyki budowy platformy projektowej MES dedykowanej do procesu projektowania złożonego produktu dla nowoczesnego przemysłu motoryzacyjnego.

Praca została przeze mnie rozpatrywana jako osiągnięcie w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna. Warto podkreślić, że praca doktorska ma charakter praktyczny a jej wynik jest efektem długoletniej współpracy Autora z firmą, będącą jednym z największych na świecie dostawców wyposażenia na rynek motoryzacyjny.

2. Uwagi o sformułowanym zadaniu

W wielu gałęziach przemysłu obserwuje się wyraźny wzrost wymagań rynku co do oferowanych produktów. Powoduje to często, że produkty stają się coraz bardziej złożone, a ich proces projektowo-konstrukcyjny coraz bardziej rozbudowany. Przedsiębiorstwa nieustannie poszukują sposobów na usprawnienie wypracowanych procesów projektowych, umożliwiających skuteczne zwiększenie wydajności tych procesów, ograniczając koszt związany z ich realizacją przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiego poziomu jakości opracowywanego rozwiązania, które dostarczane jest na rynek w bardzo krótkim czasie. Taki trend można łatwo zauważyć na przykładzie przemysłu motoryzacyjnego gdzie stopień skomplikowania podzespołów samochodu rośnie bardzo gwałtownie, szczególnie jeżeli weźmiemy pod uwagę zagadnienia związane z bezpieczeństwem lub/i komfortem użytkowania. Z drugiej strony istnieje bardzo duży nacisk na zagadnienie ograniczenia kosztów wytworzenia podczas projektowania biorąc pod uwagę skalę produkcji. Działania te implikują potrzebę opracowywania różnych narzędzi wspomagających proces projektowo-konstrukcyjny.

Jednym ze sposobów skutecznej poprawy efektywności procesów projektowo-konstrukcyjnych jest wdrożenie i stosowanie narzędzi KBE (ang. Knowledge Based Engineering) do wspomagania inżynierów w całym cyklu życia produktu, zaczynając od fazy koncyptowania, poprzez fazę projektowania, walidacji i wytwarzania, a także kontynuując wspomaganie w fazie jego bieżącej obsługi i konserwacji. Narzędzia tego typu mają na celu automatyzację zadań projektowych i konstrukcyjnych z wykorzystaniem wiedzy inżynierskiej, która została wcześniej pozyskana lub przechwycona i zapisana np. w bazie wiedzy takiego systemu. Jedną z kluczowych korzyści stosowania narzędzi KBE jest możliwość minimalizacji czasu poświęcanego na projektowanie rutynowe, a w konsekwencji możliwość wydłużenia czasu poświęconego na projektowanie innowacyjne.

Recenzowana praca mieści się w omówionym powyżej obszarze badawczym. Autor zaproponował oryginalną metodykę budowy platformy projektowej MES dedykowanej do procesu projektowania złożonego produktu dla nowoczesnego przemysłu motoryzacyjnego. Mając na uwadze obecny stan wiedzy w tym zakresie należy uznać, że problem badawczy sformułowany przez Autora jest poprawny, a tematyka pracy ma duże znaczenie naukowo-poznawcze i aplikacyjne.

3. Treść rozprawy

Rozprawa doktorska złożona jest z 8. rozdziałów oraz bibliografii liczącej 68 pozycji. Praca nie zawiera wykazu rysunków, tabel i symboli.

Rozdział 1 rozpoczyna się od krótkiego opisu genezy powstawania oraz znaczenia narzędzi KBE (ang. Knowledge Based Engineering) do wspomagania inżynierów w procesie rozwoju nowych produktów, szczególnie o wysokim stopniu złożoności. Autor biorąc pod uwagę stan literatury przekonująco przedstawił trend, który doprowadził do wzrostu znaczenia narzędzi tego typu w



każdym etapie rozwoju produktu, zaczynając od fazy koncyptowania, poprzez fazę projektowania, walidacji i wytwarzania, a także kontynuując wspomaganie w fazie jego bieżącej obsługi i konserwacji. Następnie Doktorant podjął dyskusję nad problematyką skomplikowania budowy systemów bazujących na wiedzy, szczególnie tych, które uwzględniają pełną wiedzę na temat całego procesu projektowego. W konsekwencji należy się zgodzić, że pozyskanie wiedzy, zaprojektowanie i budowa narzędzia KBE są zazwyczaj zadaniami trudnymi i bardzo czasochłonnymi, co przekłada się na wysoki koszt ich wprowadzenia w działalności firmy oraz co generuje ryzyko związane z brakiem możliwości zwrotu wkładu inwestycyjnego w dalszej perspektywie. Jako jedno z rozwiązań w praktyce przemysłowej Autor wskazuje podejście bazujące na narzędziach automatyzujących proces projektowania (ang. Design Automation - DA) podkreślając, że czas rozwoju i wdrożenia takiego narzędzia jest znacznie krótszy co minimalizuje ww. problemy. Bardzo ważnym fragmentem wstępu jest rozważanie Autora na temat informacji typu Design Rationale (DR) jako zasobu będącego elementem Know-How danego przedsiębiorstwa, które obejmuje rozważania, rozumowanie, kompromisy i procesy decyzyjne uwzględnione podczas projektowania produktu lub jego części. Doktorant podkreślił istotność informacji DR w procesie ciągłego rozwoju narzędzi KBE i DA. Autor przedstawił genezę pracy, sformułował tezę oraz opisał przyjętą metodykę badań.

Rozdział 2 zawiera przegląd literatury związany z podjętą tematyką badań. Doktorant przedstawił charakterystykę narzędzi KBE. Omówił zarys historyczny projektowania inżynierskiego bazującego na wiedzy oraz podał obowiązujące definicje KBE. Przedstawił również dwa główne sposoby realizacji narzędzi KBE, w tym z wykorzystaniem dedykowanych narzędzi systemów CAD/CAE lub poprzez budowę dedykowanego narzędzia od podstaw z zastosowaniem wybranego języka programowania. Ciekawym fragmentem tej części pracy jest dyskusja ograniczeń KBE w kontekście procesu tworzenia narzędzia KBE, czytelności zapisanej wiedzy i jej ponownego użycia. Autor również nie zapomina o trudności z określeniem kosztów i zysków jakie generuje rozwój narzędzi KBE oraz identyfikuje problem braku formalnych kryteriów i metod oceny ryzyka z tym związanego. Szczególną uwagę poświęcono zarządzaniu, pozyskiwaniu i modelowaniu wiedzy. Przeprowadzono szczegółową dyskusję różnych metod przechwytywania i modelowania wiedzy, w tym metody krok-po-kroku oraz metod bazujących na metodologii CommonKADS i MOKA. Bardzo ważnym elementem przeglądu w kontekście tematu pracy i postawionej tezy jest fragment wyjaśniający czym są platformy projektowe. Przegląd stanu literatury kończy podrozdział dotyczący programowania obiektowego, w którym podkreślono zasady, reguły i dobre praktyki w tworzeniu nowoczesnych systemów IT. Część przeglądowa pracy jest ciekawa, przedstawia obraz ogólny i liczne interesujące szczegóły stanowiąc wprowadzenie do dalszych rozdziałów, jednocześnie dając przekonujące uzasadnienie podjęcia tematu.

Rozdział 3 opisuje charakterystykę firmy, w której zrealizowano prace badawczo-rozwojowe związane z przedmiotem pracy. Rozdział ten można uznać za rozwinięcie genezy pracy

przedstawionej we wstępie. Autor podkreślił, że jest to przedsiębiorstwo będące jednym z największych na świecie dostawców wyposażenia na rynek samochodowy. Szczegółowo opisał procesy projektowe dotyczące foteli samochodowych jako głównego produktu tej firmy. Istotnym elementem tej części jest opis dotyczący procesu walidacji. Autor porusza różne sposoby walidacji konstrukcji fotela, w tym za pomocą rzeczywistego testu zderzeniowego lub/i przy wykorzystaniu metod numerycznych i symulacji komputerowych odwzorowujących procesy następujące w efekcie zderzenia. Podkreśla znaczenie testów wirtualnych w kontekście kosztu i szybkości realizacji, a także możliwości weryfikacji pewnych pomysłów we wczesnym etapie projektu. W tym miejscu pracy następuje bardzo wyraźne nawiązanie do tematyki symulacji komputerowych projektowanych foteli przy użyciu metody elementów skończonych (MES). Autor podkreśla złożoność procesu walidacji w dziale firmy liczącym ponad 100 inżynierów pracujących na całym świecie. Zaakcentowana zostaje również rola wewnętrznego standardu budowy i stosowania modeli MES foteli samochodowych, który został utworzony w firmie w celu zapewnienia wiarygodności otrzymanych wyników oraz powtarzalności wykonywania analiz przez inżynierów z różnym poziomem wiedzy i doświadczenia. W końcowej części przedstawiono trudności napotymane w procesie walidacji, szczególnie gdy wprowadzana jest nowa wersja standardu. Rozdział ma charakter uzupełniający ale jest ważny gdyż pozwala na lepsze zrozumienie podjętej tematyki badawczej.

Rozdział 4 jest bardzo krótki i liczy zaledwie trzy strony przy czym rozpoczyna zasadniczą część rozprawy doktorskiej. W rozdziale przedstawiano w jaki sposób rozumiany jest proces ewolucyjnego tworzenia platformy projektowej. Na początku rozdziału Autor wraca do standardu budowy modeli MES, który omówiony był również w poprzednim rozdziale, przy czym w tym fragmencie podkreśla znaczenie jego nieustannego rozwoju oraz doposażania go o nowe elementy w oparciu o różne strumienie informacji i wiedzy, których źródłem są zespoły ekspertów realizujące rzeczywiste projekty. W dalszej części Autor wyjaśnia powody, dla którego zdecydowano się na podejście polegające na ciągłym wprowadzeniu wielu mniejszych narzędzi automatyzujących, które wspomagają wybrane fragmenty procesu projektowego zamiast podejścia gdy tworzone jest kompleksowe narzędzie KBE. Zwraca uwagę, że był jedyną osobą odpowiedzialną w firmie za rozwój narzędzi KBE oraz wykazuje na podstawie cytowanych prac badawczych, że do tej pory w wyniku ewolucji zostało utworzone ponad 20 narzędzi automatyzujących. Rozdział kończy opis platformy projektowej MES, która była rozwijana w zakresie narzędzi automatyzujących wspomaganie istniejących metod projektowych, sposobów budowy modeli MES oraz analiz wyników symulacji z zastosowaniem MES.

Rozdział 5 można traktować jako kontynuację zasadniczej części pracy bowiem zawiera główną część opisu powstałych narzędzi automatyzujących. Doktorant przedstawił typy narzędzi oraz proces ich powstawania zaczynając od fazy identyfikacji zapotrzebowania na narzędzie i jego zakresu działania, poprzez specyfikację cech funkcjonalnych i niefunkcjonalnych, identyfikację schematów

zastosowania, budowę prototypów i pierwsze testy, budowę interfejsu użytkownika, aż do wdrożenia narzędzia. To bardzo wartościowa część pracy ponieważ pokazuje proces tworzenia narzędzia KBE w kontekście realizacji rzeczywistych potrzeb wynikających z zadań spotykanych w dziale walidacyjnym firmy. Znacząca część rozdziału poświęcona została również zagadnieniu modelowania obiektowego w zastosowaniach inżynierskich, co pozwala zrozumieć podstawowe mechanizmy informatyczne użyte w pracy. Na szczególną uwagę zasługuje dalsza część rozdziału, gdzie Autor opisuje przykładowe narzędzia wspomagające proces modelowania połączeń śrubowych, połączeń spawanych oraz analizy wyników. Doktorant w tym miejscu podkreśla, że każde z przygotowanych narzędzi zostało wdrożone w dziale walidacji zbierając pochlebne recenzje oraz, że jest ciągle wykorzystywane w każdym budowanym modelu MES niezależnie od jego wielkości, złożoności lub/i typu przeprowadzanej symulacji. Wartościową częścią tego rozdziału jest przykład wsparty wynikami badań w zakresie możliwości zastosowania proponowanego zestawu narzędzi do testów z użyciem MES w połączeniu z systemem klasy PLM (ang. Product Lifecycle Management). Jak wykazuje Autor na podstawie wyników bazujących na rzeczywistym projekcie możliwe jest znaczące skrócenie czasu niezbędnego do wykonania prac raportowych z wykorzystaniem proponowanego zestawu wybranych narzędzi. Można również zauważyć, że czas niezbędny do utworzenia najbardziej złożonego wariantu raportu z analiz MES nie jest znacząco dłuższy niż w przypadku wariantu najprostszego. Rozdział kończy analiza wpływu zaproponowanych narzędzi automatyzujących na codzienną pracę inżynierów działu walidacji.

Rozdział 6 to kontynuacja głównej części pracy. Autor w tej części zaproponował koncepcję systemu zarządzania modelem wiedzy. Przeznaczeniem systemu jest usprawnienie procesu pozyskiwania, przechowywania oraz używania wiedzy inżynierskiej wraz z możliwością śledzenia zmian. Jak wskazuje Autor zgromadzona z użyciem systemu wiedza mogłaby zostać wykorzystana do budowy nowych narzędzi KBE, natomiast sposób zapisu i przechowywania elementów wiedzy pozwalałby na śledzenie procesu jej rozwoju. System podzielono na trzy warstwy: warstwę pozyskiwania wiedzy, warstwę zarządzania wiedzą oraz warstwę generującą model. W rozdziale opisano również sposób implementacji ww. warstw systemu.

Rozdział 7 opisuje badania przeprowadzone w celu sprawdzenia wpływu budowanych narzędzi na wydajność i jakość pracy wykonywanej przez inżynierów z różnym poziomem ich doświadczenia i umiejętności. Eksperyment polegał na dwukrotnym wykonaniu dokładnie tych samych czynności w zadaniu budowy modelu i analizy MES wybranego obiektu rozważań. W pierwszym podejściu wszystkie założone kroki miały być wykonane bez pomocy żadnego z 20. narzędzi KBE, natomiast drugie podejście zakładało, że wszystkie czynności zostaną powtórzone z dostępem do wszystkich narzędzi KBE utworzonych przez Autora. Wybrany obiektem testowym była prowadnica górnego fotela samochodowego wraz z przyspawanym do niej wspornikiem. Elementy i dane zaczerpnięto z rzeczywistego projektu realizowanego przez firmę. Podczas badań brano pod uwagę wyniki

ilościowe bazujące na czasach potrzebnych na wykonanie wszystkich zadań, oraz wyniki jakościowe bazujące na ocenie modeli pod kątem zgodności ze wszystkimi wewnętrznymi standardami budowy modeli MES i ocenie poprawności dostarczonych rezultatów analiz. W końcowej części rozdziału Doktorant przedstawił analizę wyników monitorowania użytkowania zbudowanych narzędzi KBE w dziale walidacji. Na uwagę zasługuje fakt ciągłego wzrostu całkowitego wykorzystania wdrożonych przez Niego narzędzi automatyzujących.

Rozdział 8 zawiera podsumowanie rozprawy doktorskiej. Autor omówił w nim spostrzeżenia jakie nasunęły się w wyniku realizacji pracy doktorskiej.

Rozprawę uzupełnia spis literatury oraz streszczenia w językach polskim i angielskim.

4. Oryginalne osiągnięcia rozprawy

Bardzo ważnym atutem pracy doktorskiej Pana Łukasza Woźnickiego jest przemysłowy charakter prezentowanych wyników badań. Autor sprawnie posługuje się metodykami i narzędziami programowania obiektowego w celu rozwoju narzędzi KBE umożliwiających wspomaganie procesu projektowego z użyciem MES. Silne ukierunkowanie wdrożeniowe podwyższa poziom implementacyjny pracy. Do najważniejszych osiągnięć pracy należy zaliczyć:

- Zaprojektowanie, zbudowanie i wdrożenie zestawu narzędzi KBE stanowiących bazę platformy projektowej MES dla złożonego produktu przemysłu motoryzacyjnego.
- Szczegółowe przedstawienie procesu tworzenia narzędzi automatyzujących wybrane etapy analiz MES.
- Autorską koncepcję systemu zarządzania modelem wiedzy.

Wysoko oceniam poziom praktyczny pracy, w tym opracowanego rozwiązania w postaci narzędzi KBE w obszarze przemysłu motoryzacyjnego.

5. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Do uwag dyskusyjnych i krytycznych zaliczyłbym:

1. Pewnym zaskoczeniem jest fakt, że Autor nie przedstawił jawnie głównego celu rozprawy oraz celów szczegółowych przez co trudno jednoznacznie stwierdzić, czy osiągnął On wszystko to co zamierzał. Proszę o doprecyzowanie celu rozprawy w kontekście jej tematu i zakresu.
2. Autor we wstępie podkreśla, że narzędzia KBE stosowane mogą być na każdym etapie rozwoju produktu zaczynając od fazy koncipowania, poprzez fazy projektowania, walidacji i

wytwarzania a kończąc na jego bieżącej obsłudze i konserwacji. Natomiast w dalszej części pracy (str. 49) pada sformułowanie z którego może wynikać, że cykl życia produktu kończy się na dostarczeniu produktu do klienta. Jak można wytłumaczyć taką rozbieżność?

3. W podrozdziale 3.3 Autor przedstawia opis standardu budowy modeli MES foteli samochodowych, który jest kluczowy do zrozumienia zasady działania zaprojektowanych i wdrożonych narzędzi KBE. Opis jest bardzo ogólny i w takiej formie utrudnia czytelnikowi zrozumienie istoty problemu jaki rozwiązuje Autor. Biorąc pod uwagę aspekt poufności danych i prawdopodobny brak możliwości prezentacji know-how firmy w tym zakresie wskazane byłoby przynajmniej zaznaczyć w jakich elementach standard odbiega od ogólnej metodyki modelowania i analizy z wykorzystaniem MES. W tym kontekście rodzi się również pytanie co Autor miał na myśli pisząc o zaleceniach w normalnym modelu MES (ostatni akapit podrozdziału 3.3).
4. W podrozdziale 4.4 opisywana jest proponowana platforma projektowa MES. Wybrane elementy platformy zaprezentowano na rys. 4.1. Niestety z rysunku i opisu w tym rozdziale nie wynika jakie dokładnie narzędzia/elementy wchodziły lub wchodzi w skład platformy. Autor często podkreśla, że powstało 20 różnych narzędzi ale nigdzie nie podaje kompletnego spisu tych narzędzi i dokładnego opisu ich przeznaczenia co ułatwiłoby lekturę rozprawy. Na przykład bardzo trudno jest wyciągnąć wnioski na temat wyników pokazanych na rys. 7.5 gdzie mowa o przykładowych narzędziach A, B, C i D, gdy nie jest wiadomo konkretnie o których narzędziach z spośród 20. jest mowa. Wartościowy byłby również diagram prezentujący proces ewolucji opracowanych narzędzi KBE z wykorzystaniem osi czasu.
5. Czytając zasadniczą część pracy (tj. od rozdziału czwartego) bardzo trudno jest zidentyfikować jakie dokładnie informacje typu design rationale były brane pod uwagę podczas tworzenia narzędzi automatyzujących. Czy Autor mógłby wskazać fragmenty opisów w rozdziałach 4-6, które dotyczą tego zagadnienia?
6. Przyjęty sposób prowadzenia eksperymentu w rozdziale siódmym budzi pewną wątpliwość. Autor podaje, że każdy z uczestników eksperymentu dwukrotnie wykonał dokładnie te same czynności/zadania bez wsparcia i ze wsparciem wybranych narzędzi KBE oraz próbował wykazać, że zastosowane narzędzia KBE skracają znacząco czasy pracy T1, T2 i T3. W przypadku gdy za drugim razem uczestnik rozwiązywał identyczne zadanie (z użyciem narzędzi KBE) to posiadał już wiedzę na temat problemów jakie występują w tym zadaniu oraz wiedział jak ich uniknąć w trakcie kolejnej próby co powinno się przełożyć na skrócenie czasu (nawet jeżeli nie używałby tych narzędzi). Do pełnego obrazu skuteczności narzędzi KBE (szczególnie dla wariantu początkujących inżynierów) w mojej opinii należałoby przedstawić proces testowy złożony z trzech kroków, pierwszy i drugi krok testowy bez użycia narzędzi KBE a następnie test z użyciem zaproponowanych narzędzi.

7. Ostatni rozdział pracy jest pewnego rodzaju podsumowaniem. Brak jest jednak kluczowych wniosków np. w kontekście tezy rozprawy postawionej w sposób jawny oraz wniosków szczegółowych wynikających z przyjętej metodyki badań w zakresie tematu rozprawy. Zaskoczeniem jest również brak kierunków dalszych badań.
8. Autor z jednej strony zaznacza w pracy (str. 58), że był jedyną osobą w firmie odpowiedzialną za rozwój narzędzi KBE a z drugiej strony w kolejnym akapicie pisze, że zbudowano ponad 20 narzędzi automatyzujących powołując się na prace naukowe wydane we współpracy z Promotorem (jako pierwszym autorem) oraz innym współautorem (trzeci z autorów). Proszę wymienić w punktach, które z osiągnięć opisanych w pracy są oryginalnymi i własnymi osiągnięciami Doktoranta.

Recenzowana praca od strony redakcyjnej nie budzi większych zastrzeżeń. Rysunki na ogół są czytelne i dobrze ilustrują treść pracy. Rozprawa jest starannie przygotowana, przy czym zdarzają się błędy natury językowej i pominięcia, poniżej wymienię tylko niektóre:

- str. 43, rys. 2.8: „Bazowe produktu”, „Standardowe części i modułu”,
- str. 45: „Koncepcja wykorzystania wzorców projektowych pojawiła na początku ...”,
- str. 54: „Błędy to mogą być ...”,
- str. 62, tab. 5.1: niektóre grafiki w tabelce nie są czytelne, oraz zdarzają się literówki „... cech l schematów”, „Modufikacja bloków”
- str. 63: fragment „... pracy. powstanie modelu produktu.” oraz dalej fragment nie pasujący do kontekstu akapitu „Etap łączenia tego modelu ...”,
- W pracy zdarzają się rys. i tab. bez jawnego odniesienia w tekście, np. rys. 5.7 (tu brakuje również wyjaśnień co oznaczają warianty a, b, c i d), rys. 6.1 (tu brakuje również wyjaśnienia symbolu V_n),
- str. 75, rys. 5.8: brak wyjaśnień oznaczeń przyjęty na rysunku w powiązaniu z tekstem,
- brak konsekwencji w nazewnictwie w schematach blokowych, np. schemat na rys. 5.14 gdzie jednocześnie użyto j. pol. i j. ang.,
- str. 88, rys. 5.15: nieczytelny zrzut okna pokazującego GUI,
- str. 120: „w oparciu o elementu”.

5. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr inż. Łukasza Woźnickiego poświęcona metodyce budowy platformy projektowej MES dedykowanej do procesu projektowania złożonego produktu dla nowoczesnego przemysłu motoryzacyjnego stanowi osiągnięcie Autora i wnosi wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Mechaniczna. Przedstawione przeze mnie uwagi, niekiedy krytyczne lub polemiczne, w niczym nie dyskwalifikują pracy i jej ogólnej pozytywnej oceny.

Po zapoznaniu się z rozprawą stwierdzam, że Autor wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna, trafnie sformułował problem naukowy i następnie przedstawił jego oryginalne rozwiązanie. **Biorąc pod uwagę praktyczny charakter doktoratu stwierdzam, że w ocenie całościowej praca ta spełnia na dobrym poziomie wymagania stawiane pracom doktorskim przez ustawę z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z zm.).** Zrealizowana przez mgr inż. Łukasza Woźnickiego praca stanowi autorskie rozwiązanie sformułowanego problemu projektowo-badawczego i wnosi interesujący przykład zastosowania narzędzi KBE w projektowaniu produktów przemysłu motoryzacyjnego. Ponadto zrealizowane prace projektowo-badawcze wskazują na zadowalający poziom wiedzy teoretycznej i praktycznej jej Autora. **Reasumując stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska może być dopuszczona do publicznej obrony.**



Dr hab. inż. Piotr Przystałka, Prof. PŚ