



Dr hab. inż. Marek Galewski, prof. nadzw. PG
Katedra Mechaniki i Mechatroniki

Gdańsk, dnia 22.07.2019 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Marcina Jasiewicza
pt.: „Analityczno-doświadczalna synteza modelu
właściwości dynamicznych obrabiarki w predykcji stabilności”

Praca wykonana na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie
Promotor: dr hab. inż. Bartosz Powalka, prof. ZUT
Promotor pomocniczy: dr inż. Tomasz Okulik

Podstawa oceny:

uchwała Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT z 2.07.2019 oraz pismo dr. hab. inż. Krzysztofa Danileckiego Prodziekana ds. Nauki Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT z dnia 4.07.2019 wraz z otrzymanym egzemplarzem pracy doktorskiej.

1. Dobór tematu, cel i zakres pracy

Przedmiotem przedłożonej przez mgr. inż. Marcina Jasiewicza pracy doktorskiej są badania nad modelowaniem własności dynamicznych tokarek za pomocą syntezy modalnej. Proponowana w pracy metoda polega na syntezie zidentyfikowanego doświadczalnie modelu dynamicznego obrabiarki (w tym celu proponowane jest wykorzystanie metody Odwrotnej Receptancji Liniowej) i analitycznego modelu przedmiotu obrabianego (w postaci modelu belki Timoshenki). Ze względu na napotkane trudności w identyfikacji własności dynamicznych wrzeczona autor zmodyfikował metodę proponując autorskie, skuteczne rozwiązanie napotkanego problemu w postaci metody Rozszerzonej Odwrotnej Receptancji Liniowej. Analizowany problem jest interesujący i zarazem ważny tak z naukowego, jak i z praktycznego punktu widzenia.

W praktyce przemysłowej zwykle dobiera się podczas obróbki parametry „bezpieczne”, tj. takie, które m.in. zapewnią niski poziom drgań a przede wszystkim stabilność procesu obróbkowego. Parametry takie często jednak nie pozwalają w pełni wykorzystać możliwości dostępnych obrabiarek, co wiąże się np. z uzyskaniem niższej niż możliwa wydajności obróbki. Wybór parametrów zapewniających wyższą wydajność (np. większej głębokości skrawania czy wyższej prędkości posuwu) wymaga przeprowadzenia analiz i symulacji procesu skrawania, które z kolei zwykle wymagają dysponowania odpowiednim modelem tego procesu. Istotnym aspektem stosowania tych modeli jest konieczność określenia własności dynamicznych układu obrabiarka-uchwyt-przedmiot-narzędzie (OUPN). Ich określenie może być jednak w warunkach przemysłowych kłopotliwe ze względu na konieczność posiadania odpowiedniej aparatury pomiarowej, oprogramowania i odpowiednio wyszkolonej kadry. Proponowane w pracy rozwiązanie pozwala określić własności układu OUPN w wyniku syntezy

modalnej tj. w wyniku odpowiedniego połączenia zidentyfikowanych wcześniej, np. eksperymentalnie, własności dynamicznych obrabiarki z wyznaczonymi analitycznie własnościami dynamicznymi przedmiotu obrabianego. Daje to możliwość jednorazowego (np. po stronie producenta), doświadczalnego zidentyfikowania własności obrabiarki i utworzenia jej modelu, a następnie uzupełniania go o wyznaczony analitycznie model przedmiotu obrabianego uzyskując dzięki temu własności całego układu OUPN, które mogą być zastosowane w kolejnym kroku w symulacjach procesu obróbki. W praktyce, proponowana metoda pozwoliłaby znacznie ułatwić symulowanie procesów obróbkowych dla konkretnych przypadków obrabianych przedmiotów bez konieczności każdorazowego powtarzania eksperymentalnych testów modalnych całej struktury obrabiarki wraz z przedmiotem.

Tytuł pracy brzmi „*Analityczno-doświadczalna synteza modelu właściwości dynamicznych obrabiarki w predykcji stabilności obróbki*” i dobrze oddaje zawartość pracy. Jednakże, należy przy tym zastrzec, że w treści pracy autor skupił się wyłącznie na procesie obróbki toczeniem a w niektórych fragmentach pracy obróbka skrawaniem jest rozumiana tylko jako toczenie. Byłoby więc wskazane zaznaczenie w tytule, że praca dotyczy toczenia a nie dowolnego rodzaju obróbki z użyciem obrabiarek.

Zakres pracy został zdefiniowany prawidłowo i zawiera elementy, których oczekuje się od rozprawy naukowej tj.: wprowadzenie, wstęp i przegląd literatury, przedstawienie metody receptancji liniowej, przedstawienie metody analitycznego wyznaczania częstotliwościowych funkcji przejścia dla belki Timoshenki, przedstawienie metody wyznaczania własności dynamicznych wrzeciona, przedstawienie metody wyznaczania odwrotnej receptancji linowej dla układu złożonego z dwóch komponentów (wrzeciona i przedmiotu obrabianego), wprowadzenie metody rozszerzonej odwrotnej receptancji liniowej, przedstawienie modelu procesu skrawania, analizy wpływu geometrii ostrza na proces skrawania a zwłaszcza jego stabilność, badania symulacyjne i doświadczalne oraz podsumowanie. Niestety, w pracy nie zawarto w postaci osobnego rozdziału czy podrozdziału wniosków płynących z jej realizacji, przy czym kilka interesujących i cennych wniosków można w poszczególnych rozdziałach pracy znaleźć.

Autor przedstawił cel rozprawy jako: „...*opracowanie procedury umożliwiającej zaimplementowanie metody receptancji liniowej pod kątem skutecznego modelowania własności dynamicznych układu OUPN przy toczeniu.*” Cel ten został określony w sposób jasny i zrozumiały, a praca przedstawia w kolejnych rozdziałach elementy i kroki niezbędne do jego realizacji. Założony w pracy cel został osiągnięty.

Praca zredagowana jest w języku polskim, liczy 120 stron i zawiera streszczenie w języku polskim i angielskim. Zasadnicza część pracy składa się 7 rozdziałów (w tym wprowadzenie i podsumowanie). Wykaz literatury zawiera 87 pozycji dobranych właściwie i w większości aktualnych (tj. opublikowanych po roku 2000). Z kolei wśród cytowanych prac sprzed roku 2000 wiele to publikacje, które można uznać za fundamentalne dla poruszanej problematyki i ich przywołanie jest jak najbardziej właściwe. Zdecydowana większość pozycji literaturowych to publikacje w języku angielskim z czasopism indeksowanych na liście JCR. Wśród cytowanych prac są jednak zaledwie 2 pozycje powstałe przy współdziałaniu doktoranta (w tym 1 w piśmie JCR).

2. Merytoryczna ocena pracy

2.1. Charakter pracy

Praca ma charakter teoretyczno-eksperymentalny z zakresu modelowania własności dynamicznych układu OUPN oraz symulacji numerycznych procesu toczenia. Na podstawie dość obszernego i krytycznego przeglądu literatury autor wybrał metodę receptancji liniowej jako metodę umożliwiającą syntezę modelu własności dynamicznych układu OUPN na podstawie eksperymentalnie wyznaczonych własności dynamicznych obrabiarki i wyznaczonych analitycznie własności dynamicznych przedmiotu obrabianego. Następnie przeprowadził wstępną weryfikację metody odwrotnej receptancji liniowej wykorzystanej do wyznaczania własności dynamicznych wrzeciona wraz z uwzględnionym kontaktem wrzeciono-przedmiot. Weryfikacja ta wykazała, że istnieją pewne trudności w uzyskaniu zgodności wyników wyznaczonych analitycznie i eksperymentalnie (zwłaszcza dla niektórych niekorzystnych konfiguracji układu OUPN i w przypadku niskiej powtarzalności wyników doświadczalnych). W celu eliminacji zidentyfikowanych problemów autor zaproponował rozszerzenie metody odwrotnej receptancji liniowej, polegające na przeprowadzeniu rozszerzonego zestawu testów modalnych i odpowiednim przetworzeniu otrzymanych danych wykorzystywanych następnie w proponowanej metodzie co pozwoliło uzyskać prawidłowe rezultaty. Ponadto, w celu ułatwienia modyfikacji syntezy układu poprzez wprowadzanie dodatkowych punktów geometrii układu (np. punktu styku narzędzia z przedmiotem) oraz komponentów obrabiarki (np. konika) autor opracował własną procedurę wyznaczania własności dynamicznych w wykorzystaniu rozszerzonej odwrotnej receptancji liniowej. Kolejnym, ważnym elementem pracy jest przeprowadzona analiza wpływu geometrii ostrza na proces skrawania i wykazanie, że wskazywane przez tzw. krzywe workowe maksymalne głębokości skrawania mogą znacznie odbiegać od głębokości skrawania możliwych do uzyskania po odpowiednim doborze geometrii narzędzia. Wykorzystując zsyntezowane funkcje przejścia oraz uwzględniając wyniki analizy geometrii ostrza autor przeprowadził modelowanie i symulacje procesu skrawania, których wyniki porównał z wynikami badań eksperymentalnych tj. rzeczywistej obróbki toczeniem. Uzyskano zadowalającą zgodność wyników i potwierdzono możliwość predykcji stabilności obróbki. Wykazano w ten sposób, że właściwości układu OUPN tokarki mogą być poprawnie zidentyfikowane bez konieczności każdorazowego, doświadczalnego wyznaczania częstotliwościowych funkcji przejścia dla całego układu tj. tokarki wraz z zamocowanym przedmiotem obrabianym.

Osiągnięcia pracy są na tyle uniwersalne, że po ich odpowiednim rozwinięciu mogą znaleźć zastosowanie aplikacyjne.

2.2. Samodzielny i oryginalny dorobek doktoranta

Praca doktorska mgr. inż. Marcina Jasiewicza wykazuje cechy samodzielności. Wyraża się to odpowiednim doбором metod analitycznych i eksperymentalnych, metodycznym rozwiązaniu postawionych problemów oraz przeprowadzaniu badań eksperymentalnych i przedstawieniu ich wyników. Istotny i oryginalny dorobek doktoranta to:

- opracowanie metody rozszerzonej odwrotnej receptancji liniowej zakładającej zwiększenie liczby konfiguracji pomiarowych w celu skutecznego wyznaczania własności dynamicznych wrzeciona;
- opracowanie procedury wyznaczania własności układów OUPN ułatwiającej modyfikację układu przez wprowadzenie dodatkowych punktów geometrii przedmiotu oraz komponentów obrabiarki;
- opracowanie procedur modelowania obróbki skrawaniem z użyciem proponowanej metody;

- eksperymentalne potwierdzenie wyników predykcji stabilności obróbki toczeniem, które z kolei potwierdzają skuteczność zastosowania metody rozszerzonej odwrotnej receptancji liniowej do syntezy modeli doświadczalnych i analitycznych;

Ważnym osiągnięciem recenzowanej pracy jest zaproponowanie metody, która np. po opracowaniu odpowiednich narzędzi informatycznych mogłaby znaleźć zastosowania aplikacyjne.

2.3. Teza naukowa i wnioski z pracy

W przedłożonej pracy autor sformułował następującą tezę:

„Synteza modeli doświadczalnych i analitycznych umożliwi skuteczne wyznaczanie właściwości dynamicznych obrabiarki pod kątem przewidywania stabilności obróbki skrawaniem”.

Doktorant wykazał w sposób zadowalający prawdziwość sformułowanej tezy w kontekście procesu toczenia; nie podjął przy tym nawet próby odniesienia się do innych rodzajów obróbki skrawaniem. Należy także zauważyć, że zarówno modelowanie analityczne, jak i badania eksperymentalne przeprowadzone były wyłącznie dla przypadków prętów o stałej średnicy. Choć jest to konfiguracja reprezentatywna dla wielu przypadków praktycznych, to wskazane byłoby podjęcie chociaż dyskusji możliwości zastosowania metody dla bardziej złożonego geometrycznie przypadku (np. czy i jakich utrudnień należałoby się wówczas spodziewać).

Pewnym niedociągnięciem przedstawionej pracy jest brak jasno zebranych wniosków i uwag wynikających z doświadczeń uzyskanych podczas realizacji pracy.

2.4. Uwagi dotyczące pracy

Uwagi i pytania ogólne

1. Uwagi dotyczące tematu pracy, braku w pracy zastawienia wniosków oraz odnoszące się do rozważanych przypadków obróbki – uwagi te zostały zawarte w części 1 oraz 2.3 niniejszej recenzji.
2. Brak konsekwencji w oznaczaniu istotnych, rozważanych punktów geometrii modelowanego układu. W rozdziale 3.2.1 rozważane są punkty 1 i 2, w rozdziale 3.2.3 – punkty 1...4 a w rozdziale 3.3.1 – punkty 1...3 przy czym punkt 2 z jednego rozdziału to punkt 4 z drugiego i punkt 3 z kolejnego. Choć rysunki pozwalają łatwo zidentyfikować te punkty, to warto było ujednoczyć sposób ich oznaczania / numeracji.
3. Testy modalne wykonywane były z użyciem akcelerometrów, a prezentowane funkcje przejścia wyrażone są w [mm/N]. W jaki sposób przyspieszenia były przeliczane na przemieszczenia?
4. Czy we wszystkich symulacjach przedstawionych w rozdziale 5 wraz z przesuwaniem się narzędzia wyznaczane były na bieżąco charakterystyki układu OUPN? Opisywana w pracy metoda na to pozwala, co jest nawet podkreślone m.in. na str. 63. Jednak z treści rozdziału 5 nie wynika, czy własność tą wykorzystano. Co więcej, pierwsze zdanie na stronie 99 (*„Właściwości dynamiczne przedmiotu zdefiniowane były w postaci funkcji przejścia FRF H_{33} wyznaczonej na podstawie receptancji liniowej”*) można interpretować jako przyjęcie stałej charakterystyki dla symulacji całego procesu.
5. W rozdziale 5 przedstawione i omówione zostały zdjęcia obrazujące rezultaty obróbki dla 8-miu przypadków. Z kolei rysunki i omówienie wyników dotyczy tylko 4-ch przypadków obróbki z $a_p=0,7$ mm. Nie ma wyników symulacji dla przypadków $a_p=0,3$ mm oraz $a_p=0,7$ mm dla przedmiotu (3). Ponadto, przedmiot (1) jest obrabiany dwukrotnie i warto byłoby, dla większej przejrzystości, odróżnić oba zestawy badań np. (1a) i (1b). Wskazane byłoby też zamieszczenie na końcu rozdziału zestawienia porównawczego (np. w formie tabelarycznej) przeprowadzonych prób eksperymentalnych, wykonanych symulacji, parametrów obróbki i narzędzia oraz uzyskanych wyników.

6. Choć literatura zawarta w bibliografii jest obszerna i każda z pozycji została w treści pracy przywołana przynajmniej raz, to liczba odwołań jest dość skąpa, zwłaszcza w rozdziałach 3 i 4. W rozdziale 3, w którym mniej więcej połowę z ponad 40 stron stanowią rozważania teoretyczne występuje tylko 5 cytowań. A w liczącym 16 stron rozdziale 4 zawierającym głównie rozważania analityczne dotyczące modelowania procesu skrawania nie ma ani jednego przywołania literatury. Odpowiednie i częstsze przywoływanie źródeł ułatwiłoby czytelnikowi zidentyfikowanie, w których fragmentach pracy jej Autor czerpał wiedzę z istniejących źródeł i stosował znane już modele i rozwiązania, a które fragmenty opisują Jego oryginalne metody.

Uwagi i pytania szczegółowe

- Str. 5: Jak rozumieć terminy „zredukowane parametry” oraz „zła jakość powierzchni”?
- Str. 8: Stwierdzenie, że drgania wymuszone są charakterystyczne dla frezowania jest pewną nadinterpretacją, ponieważ drgania wymuszone występują nie tylko podczas frezowania, jak również podczas frezowania występują także inne rodzaje drgań.
- Str. 14, ostatni akapit oraz str. 15, pierwszy akapit: Przyjęcie interpretacji, że grubość warstwy skrawanej odpowiada posuwowi narzędzia jest słuszne dla toczenia, ale już np. nie dla frezowania. Podobnie, zdefiniowanie dynamicznej grubości warstwy skrawanej w odniesieniu do jednego obrotu wrzeczona również odpowiada toczeniu. W tym miejscu treści pracy (rozdział 1 tj. Wstęp) rozważania powinny mieć charakter ogólny, zwłaszcza, że w temacie pracy mowa jest o *predykcji stabilności obróbki*. Zawężenie rozpatrywanych operacji obróbkowych do toczenia następuje dopiero w połowie rozdziału 2.
- Str. 25: Brak opisu oznaczeń x , y i q we wzorze 3.1. Wprawdzie ich znaczenia można się domyśleć i są one oznaczone na rys. 6, ale rysunek ten przywołany jest dopiero na końcu kolejnego akapitu.
- Str. 27: Nie opisano elementów $X(t)$ i $T(t)$ oraz nie podano zasadniczego założenia, z którego wynika wzór 3.4, tj., że przy wyznaczaniu rozwiązania układu równań 3.3 zakłada się, że funkcje $y(x,t)$ i $\Theta(x,t)$ można przedstawić jako iloczyn dwóch funkcji zależnych tylko, odpowiednio, od współrzędnych i czasu. Bez opisanego założenia wzór 3.4 jest niezrozumiały.
- Str. 30, wiersze 9 i 10 oraz wzór 3.18: Zamiast „wartość współczynnika macierzy” – powinno być „wartość wyznacznika macierzy”. Ponadto, w zdaniu przywołana jest częstotliwość f_r , a we wzorze występuje częstość ω_r .
- Str. 38-42, wzory 3.42...3.56: Brak konsekwencji w sposobie oznaczania macierzy. W pozostałej części pracy macierze oznaczane są jako symbole z podwójną linią, np. \mathbb{R} . We wskazanych wzorach, np. elementy G , K i R są macierzami, ale nie zostały tak oznaczone. Wprowadza to u czytelnika niepewność, czy np. elementy we wzorach 3.46...3.49 powstały wg wzorów 3.38...3.41, czy też są nowymi, niezdefiniowanymi nigdzie oznaczeniami.
- Str. 43: W tabeli 3.1 l.p. 3 i 4 są prawdopodobnie zamienione, zwłaszcza, że na stronie 46 pada stwierdzenie, że współczynnik L/D dla przypadku 4 był najniższy, tymczasem wg tabeli najniższa wartość tego współczynnika jest dla ostatniego przypadku, oznaczonego jako „3”.
- Str. 45 i 89: Podano modele użytych czujników pomiarowych i nazwę systemu akwizycji danych, ale nie podano ich podstawowych parametrów (np. zakresów pomiarowych, pasma przenoszenia, rozdzielczości przetworników AC) istotnych z punktu widzenia weryfikacji poprawności przeprowadzonych badań eksperymentalnych.
- Str. 47...49: Czy w świetle różnic pomiędzy wykresami H_{41} i H_{14} na rys 20...23 (ujawniających się zwłaszcza w obszarze 500...1000Hz) słuszne jest założenie ze str. 40, że $H_{41} = H_{14}$.
- Str. 48, rys 22: Skala rzędnych dla wykresów H_{41} i H_{14} jest różna, co utrudnia ich porównanie.
- Str. 49, rys 23: Rysunek dla H_{11} jest nieprawidłowo oznaczony jako H_{44} .

- Str. 51, 54 i 55, W pracy użyto terminu „przeciek widma”. W dziedzinie przetwarzania sygnałów (a m.in. testy modalne należą do niej) termin ten ma ściśle określone znaczenie. Jego użycie w opisywanym w pracy kontekście jest błędne. Na opisywany efekt polegający na pojawieniu się częstotliwości drgań własnych poszczególnych belek w charakterystykach wrzeciona należałoby znaleźć inną nazwę lub pozostać przy opisowym definiowaniu problemu.
- Str. 51...53: dlaczego postaci drgań, które nazwano „fałszywymi” określono również jako niefizyczne? Są to przecież postaci posiadające fizyczną interpretację w rzeczywistym układzie, tyle, że nie dotyczą wrzeciona, a belki. Nazwanie ich niefizycznymi sugeruje, że nie mają interpretacji fizycznej.
- Str. 64: Symbole F_{w1} , M_{w1} , F_{b1} , M_{b1} są we wzorach 3.62, 3.63, 2.65, 2.66 pogrubione – jakie jest znaczenie ich pogrubienia, zwłaszcza że w sąsiednich wzorach pogrubień brak?
- Str. 78: Na rys. 43 występuje, oprócz funkcji $H_x(s)$, także $H_z(s)$. Wszystkie rozważania w pracy dotyczą funkcji dla kierunku x. Postać funkcji $H_z(s)$ nie jest nigdzie opisana.
- Str. 82: 1-szy wiersz: Stwierdzenie „zaobserwowanych obliczeń” jest niefortunne. Czy rzeczywiście obserwowano obliczenia, czy raczej uzyskano wyniki obliczeń i je później analizowano?
- Str. 86: Mowa jest o dwuletnim odstępie między dwiema fazami badań. Czy w obu przypadkach badania prowadził autor pracy?
- Str. 86: Mowa jest o dwuletnim użytkowaniu tokarki pomiędzy dwiema fazami badań, co ma pośrednio potwierdzać słuszność założenia o niezmienności jej własności dynamicznych np. wskutek zużycia. Nie wskazano jednak, na ile intensywnie obrabiarka była wykorzystywana. Pracowała w ruchu ciągłym, czy była używana sporadycznie?
- Str. 88, tab. 5.3: Brak jest w tabeli numeracji przedmiotów, choć w dalszej części pracy występują odwołania do tych numerów.
- Str. 91: Skoro jako uzasadnienie (skądinąd słuszne) pominięcia trzeciej postaci drgań własnych jest wymieniona analiza koherencji oraz pasma (widma) sygnału wymuszającego, to w pracy powinny znaleźć się odpowiednie wykresy dokumentujące przebieg tych funkcji.
- Str. 92: Brak odwołań do literatury oraz przywołań rysunku (puste miejsca w tekście).
- Str. 93: Z tekstu drugiego akapitu nie wynika wprost, dla jakiego narzędzia wykonano symulację. Można się co najwyżej domyślać, że chodzi o narzędzie opisane w poprzednim akapicie oraz wskazane w podpisie do rysunku 57.
- Str. 94 i 95: Czy w obu przypadkach obróbki był użyty ten sam pręt czy inny, ale o takich samych parametrach i materiale?
- Str. 95: Czy po ponownym zamontowaniu pręta $D = 40$, $L = 225$ ponowiono testy impulsowe i sprawdzono zgodność charakterystyk z wyznaczonymi proponowaną w pracy metodą oraz z charakterystykami pręta użytego podczas badań, których wyniki pokazanych na rys. 53...56?
- Str. 95, 4-ty i 3-ci wiersz od dołu: „Realizowanie obróbki w takich warunkach nie jest niedopuszczalne...” powinno być „... jest niedopuszczalne ...”
- Str. 100: Dla przypadku (2) stwierdzono, że „Wynik [...] symulacji [...] wykazał stan układu, w którym znajduje się [on] na granicy stabilności, jednakże w układzie rzeczywistym granica ta została przekroczona”. Jak to wytłumaczyć? Czym może być spowodowana rozbieżność między wynikami symulacji i eksperymentu w rozpatrywanym przypadku?

3. Ocena pracy pod względem redakcyjnym

Układ treści pracy jest prawidłowy i logiczny. Tytuły rozdziałów i podrozdziałów są zrozumiałe i odpowiadają ich zawartości. Materiał ilustracyjny dobrano właściwie do treści poszczególnych fragmentów tekstu. Język pracy jest poprawny i zrozumiały, aczkolwiek w treści zauważa się drobne

niedociągnięcia w postaci brakujących lub nadmiarowych słów (prawdopodobnie przeoczonych przy kolejnych etapach edycji tekstu) oraz nieliczne błędy językowe.

Od strony graficznej praca przygotowana jest starannie i czytelnie. Zamieszczone rysunki i zdjęcia są również czytelne, jednak na wykresach wskazane byłoby umieszczenie siatki ułatwiającej odczytywanie z nich wartości.

4. Wniosek końcowy

W podsumowaniu recenzji stwierdzam, że oceniana praca mgr. inż. Marcina Jasiewicza spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Zamieszczone uwagi mają charakter dyskusyjny i nie pomniejszają pozytywnej oceny wartości merytorycznej rozprawy. Praca stanowi, w myśl art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14.03.2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz.U. z dnia 21.06.2016r. poz. 882) oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, jak również – dokumentuje wiedzę teoretyczną kandydata oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia przez niego pracy naukowej.

Wniosuję o dopuszczenie pracy jako rozprawy doktorskiej do publicznej obrony.

Z wyrazami szacunku

dr. hab. inż. Marek Galewski, prof. nadzw. PG