

dr hab. inż. Grzegorz Lentka, prof. PG
Katedra Metrologii i Optoelektroniki
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Politechnika Gdańska
ul. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk
Email: grzegorz.lentka@pg.edu.pl

Gdańsk, 2023.08.22

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr. inż. Łukasza Macioszka
pt. „Badania i analiza zawartości wody w olejach napędowych
metodą spektroskopii impedancyjnej”

Podstawa formalna

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr. inż. Łukasza Macioszka pt. „Badania i analiza zawartości wody w olejach napędowych metodą spektroskopii impedancyjnej”, której promotorem jest prof. dr hab. inż. Ryszard Rybski.

Podstawą do przygotowania niniejszej recenzji jest pismo nr WE-IE-A/16/23 od Pana dr. hab. inż. Pawła Szcześniaka, prof. UZ, przewodniczącego Komisji Doktorskiej w przewodzie doktorskim mgr. inż. Łukasza Macioszka. W piśmie tym, prof. Szcześniak informuje, że zgodnie z załączoną do pisma Uchwałą nr 855 Senatu Uniwersytetu Zielonogórskiego z dnia 28 czerwca 2023 roku zostałem wyznaczony na recenzenta w przewodzie doktorskim mgr. inż. Łukasza Macioszka wszczętym przed dniem 1 października 2018 r.

Przewód doktorski został wszczęty w dyscyplinie Elektrotechnika, mieszczącej się obecnie w zakresie aktualnie obowiązującej dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne. Recenzja została zorganizowana w formie odpowiedzi na pytania dotyczące spełnienia wymagań ustawowych.

1. Jaki jest problem naukowy (teza) rozprawy i czy został on trafnie i jasno sformułowany?

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr. inż. Łukasza Macioszka, dotyczy diagnostyki (badania jakości) obiektów technicznych – olejów napędowych - metodą spektroskopii impedancyjnej. Autor formułuje cel pracy jako: „opracowanie elektrycznego modelu zastępczego oleju napędowego, który umożliwiłby analizę badanego oleju pod kątem zawartości wody, bazując na zmierzonych charakterystykach impedancji w dziedzinie częstotliwości.”

Autor zaproponował następującą tezę:

„Za pomocą spektroskopii impedancyjnej możliwe jest wykrycie przekroczenia dopuszczalnej zawartości wody w olejach napędowych.”

Teza ta została dostatecznie jasno i trafnie sformułowana i jest przez autora sukcesywnie dowodzona w pracy. Zarysowaniu zakresu pracy i wyjaśnieniu czytelnikowi jej organizacji Autor poświęcił rozdział pierwszy. Typowo w badaniach z wykorzystaniem spektroskopii impedancyjnej pojawia się konieczność prawidłowego zrealizowania kilku etapów: - aparaturowego, wymagającego dobrania (lub skonstruowania) odpowiedniej aparatury w tym celki pomiarowej; - planowania eksperymentu, wymagającego doboru warunków prowadzenia pomiarów (takich jak: temperatura, ciśnienie, oświetlenie, polaryzacja DC itp.) i zaplanowania zakresów pomiaru, w szczególności zakresu częstotliwości pomiarowych i rozłożenia punktów pomiarowych; - realizacyjnego, polegającego na wykonaniu pomiarów lub serii pomiarów; - analizy danych, gdzie po weryfikacji poprawności pozyskanych danych, pojawia się konieczność doboru lub opracowania modelu (analogu) elektrycznego badanego obiektu oraz dopasowanie parametrów modelu do danych eksperymentalnych; ostatnim etapem jest powiązanie uzyskanych parametrów modelu z parametrami badanym zjawiska czy obiektu fizycznego. Etapy te zostały przez Doktoranta poprawnie zaplanowane, zrealizowane i opisane.

Pewien niedosyt może jedynie budzić dość ogólne sformułowanie tezy – Autor pisze: „możliwe jest wykrycie”, nie określając kryteriów tegoż wykrycia – choćby dokładności/niepewności czy inaczej określanej skuteczności.

2. Czy autor rozwiązał postawiony problem i czy użył do tego właściwych metod dowodząc, że posiadał umiejętności związane z metodyką i metodologią prowadzenia badań naukowych?

Aby zrealizować założony cel pracy i udowodnić postawioną tezę Doktorant przeanalizował szereg zagadnień badawczych, którym poświęcono rozdziały 4-7. Zasadniczo rozprawa ma charakter eksperymentalny uzupełniony o weryfikację analityczną oraz teoretyczne zagadnienia modelowania obiektów.

Na postawione powyżej pytanie można odpowiedzieć krótko i jednoznacznie: TAK.

Poniżej postaram się szczegółowiej wskazać na argumenty uzasadniające taką ocenę.

Jak wspomniano wcześniej, Autor pracy jednoznacznie określił obiekt badań – olej napędowy (a konkretniej szkodliwa zawartość wody w tymże oleju) i metodę określania tej zawartości wody – spektroskopię impedancyjną. W punkcie pierwszym zarysowałem typowe etapy diagnostyki technicznej prowadzonej metodą spektroskopii impedancyjnej, a teraz przyjrę się ich realizacji w pracy Doktoranta.

W części aparaturowej, mgr inż. Łukasz Macioszek zastosował zestaw aparatury pomiarowej firmy Princeton Applied Research/EG&G składający się z potencjostatu/galwanostatu 263A,

detektora fazoczułego typu lock-in amplifier 5210 oraz oprogramowania PowerSINE. Ponadto Doktorant zaprojektował i wykonał (wykorzystując technikę złożonych obwodów drukowanych PCB) kilka wersji celki pomiarowej. Do przygotowania mieszanin (emulsji) badanych olejów wykorzystano pipetę automatyczną o zmiennej pojemności HTL Optipette OP200. Dodatkowo Doktorant wspomagał się wykonanymi zewnętrznymi badaniami zawartości początkowej wody przez akredytowane laboratorium. Zastosowane rozwiązania są typowe i nie budzą zasadniczych zastrzeżeń.

Na etapie planowania eksperymentu, mgr inż. Ł. Macioszek, na podstawie analiz literaturowych, wymagań normatywnych oraz badań wstępnych, przygotował zestawy próbek badanych olejów, dokonał doboru warunków prowadzenia pomiarów, w szczególności zakresu częstotliwości pomiarowych i rozłożenia punktów pomiarowych, uwzględnił optymalną wartość amplitudy sygnału pobudzającego oraz przebadał zależność temperaturową, co wymusiło konieczność pracy przy zachowaniu zbliżonych wartości temperatury (pokojowej). Na tym etapie zasadnicze działania wykonano poprawnie, choć pewne detale budzą wątpliwości i wymagają wyjaśnienia – wróć do tego w punkcie poświęconym słabym stronom pracy.

Etap wykonania serii pomiarów nie budzi zastrzeżeń, podobnie etap analizy danych, gdzie Doktorant dokonał weryfikacji poprawności pozyskanych danych z wykorzystaniem przekształcenia Hilberta, na podstawie wyników pomiarów oraz znajomości obiektu dokonał doboru modelu (analogu elektrycznego) badanego obiektu oraz dopasował parametry modelu do otrzymanych danych eksperymentalnych. Zastosowane metody i narzędzia nie budzą wątpliwości. Drobne szczegóły wymagające wyjaśnienia zostaną przywołane w pkt. 7.

W ostatnim etapie Autor zaproponował model (wielomianowy) pozwalający na powiązanie uzyskanych parametrów modelu elektrycznego z parametrami badanego obiektu – a więc pozwalający na szacowanie zawartości wody w badanym oleju. Zaproponował również sposób postępowania przy określaniu poszukiwanej zawartości wody w przypadku olejów o nieznanym składzie – zawiera on elementy kalibracji.

3. Czy tematyka rozprawy jest aktualna lub dostatecznie ważna?

Odpowiedzi na powyższe pytanie można udzielić rozpatrując pracę doktorską Pana mgra inż. Łukasza Macioszka z dwu perspektyw.

Po pierwsze rozprawa ta idealnie wpisuje się w niezmiernie ważny obszar badawczy zastosowań jednej z najpopularniejszych metod badań i diagnostyki nieniszczących (NDT), to jest spektroskopii impedancyjnej (IS). Pobieżne przeszukanie bazy Google Scholar pod kątem hasła „impedance spectroscopy” zwraca ponad 2 miliony wyników. Już samo to świadczy o popularności tej metody badawczej, jeśli dodatkowo zwrócimy uwagę na dyscypliny, w których IS jest wykorzystywana (elektrochemia, inżynieria materiałowa, geologia, budownictwo, medycyna, biologia), jasnym stanie się, że jest to metoda niezwykle powszechnie stosowana w wielu różnorodnych dziedzinach badań. Celowo nie dokonuję to rozróżnienia stosowanego przez Doktoranta, tj. nie przypisuję spektroskopii impedancyjnej

dotychczasowych określeń (elektrochemiczna, dielektryczna), które doprecyzowują zakres jej zastosowań (często również zakres pomiarowy lub zakres częstotliwości), lecz idea i zasada pomiaru pozostają niezmiennie.

Po drugie, niezmiernie ważny jawi się obiekt badań, któremu Doktorant poświęcił swój czas i który uczynił przedmiotem swej pracy. Za swój cel Autor obrał ocenę jakości olejów napędowych, w szczególności skupiając się na ocenie zawartości wody. Ze względu na, przytaczane przez mgr inż. Ł. Macioszka liczbowo, gospodarcze znaczenie paliw, szczególnie olejów napędowych, ocena ich jakości, zwłaszcza prowadzona w terenie, może pozwolić na uniknięcie problemów z żywotnością silników spalinowych, jak również na poprawę warunków eksploatacji i prawdopodobnie zmniejszenie ilości emitowanych zanieczyszczeń (przez poprawę procesu spalania i ograniczenie liczby niepoprawnych, niepełnych cykli spalania). Potencjalnie możliwe wdrożenie metody, po jej dopracowaniu, może pozwolić zwykłym użytkownikom silników wysokoprężnych na bieżącą ocenę jakości tankowanego paliwa i uniknięcie potencjalnych problemów.

Potwierdzeniem ważności tematyki rozprawy jest fakt opublikowania jej cząstkowych wyników w 4 publikacjach z listy WoS, 5 w innych czasopismach oraz kilku w materiałach konferencyjnych.

4. Na czym polega oryginalny dorobek autora i jakie jest jego znaczenie poznawcze lub przydatność praktyczna dla nauki bądź techniki?

Pan mgr inż. Łukasz Macioszek wymienia następujące elementy pracy jako własne, oryginalne osiągnięcia:

- wykonane badania eksperymentalne impedancji dostępnych komercyjnie olejów napędowych w szerokim zakresie częstotliwości,
- zaproponowany elektryczny obwód zastępczy ON służący do szacowania zawartości wody,
- zaproponowany algorytm detekcji i pomiaru zawartości wody oparty na badaniach metoda spektroskopii impedancyjnej,
- wykonane badania zawartości wody w olejach napędowych zaproponowanym algorytmem,
- weryfikacja możliwości zastosowania metody IS w badaniach zawartości wody w innych niż ON olejach, tj. oleju mineralnym, rzepakowym oraz oliwie z oliwek,
- zbadanie wpływu temperatury na impedancje oleju napędowego.

W mojej opinii wszystkie, wskazane przez Autora, osiągnięcia są wartościowe zarówno dla nauki, jak również, a może przede wszystkim, dla techniki, ze względu na ich potencjalną aplikacyjność. Zaproponowana i przebadana metoda, po dopracowaniu (może po uzupełnieniu o metody wnioskowania oparte o AI) oraz wdrożeniu w zminiaturyzowanym systemie pomiarowym spektroskopii impedancyjnej (np. opartym na AD5933) mogą stanowić niezwykle przydatne narzędzie monitorujące jakość paliwa dostarczanego do każdego silnika wysokoprężnego.

Warto tu również podkreślić trudności metrologiczne jakie stanowi obiekt pomiaru w postaci oleju napędowego (lub też użyte do weryfikacji olej mineralny, olej rzepakowy i oliwa z oliwek). Zasadnicza trudność polega na znacznej zmienności składu każdej próbki, zależnie od miejsca, czasu i producenta, a w przypadku produktów komercyjnych często celowe utajnienie informacji o składzie lub różna początkowa zawartość wody. Relatywnie duża impedancja (moduł impedancji) mierzonych próbek nie ułatwia zadania, jednak Autor poradził sobie całkiem nieźle.

Chciałbym również zwrócić uwagę na drobniejsze osiągnięcia, których Autor nie umieścił na liście, a wydają się warte wspomnienia:

- opracowanie projektu i wykonanie celki pomiarowej z wykorzystaniem techniki obwodów drukowanych PCB – proste, tanie, powtarzalne, skalowalne (szerzej wróć do tego w punkcie 7);
- zaproponowane modele zastępcze olejów innych niż napędowy, badanych przez Autora;
- próba interpretacji niektórych anomalii w uzyskanych wynikach (widmach).

5. Czy rozprawa świadczy o dostatecznej wiedzy Autora, wiedzy na zaawansowanym poziomie, o charakterze podstawowym dla dziedziny nauk technicznych oraz o charakterze szczegółowym, odpowiadającej obszarowi prowadzonych badań naukowych?

Rozprawa dotyczy rozwiązania problemu z zakresu metrologii i diagnostyki. Autor wykazał się wystarczającą wiedzą z zakresu metod i narzędzi pomiaru impedancji dla potrzeb spektroskopii impedancyjnej, modelowania i dopasowania modelu do wyników eksperymentalnych z wykorzystaniem narzędzi CNLS-fitting, weryfikacji poprawności wyników pomiaru spektroskopii impedancyjnej z wykorzystaniem zarówno kryterium Kramersa-Kroniga czy transformacji całkowej Hilberta. Posługuje się w tym celu dedykowanymi narzędziami softwarowymi (implementacja metody Z-HIT w programie pyZwx). Potwierdzeniem zaawansowanego poziomu wiedzy Autora z zakresu nauk technicznych, w szczególności wykorzystania spektroskopii impedancyjnej jako narzędzia badawczego i diagnostycznego, w moim przekonaniu, jest fakt opublikowania częściowych wyników badań w czasopiśmie indeksowanym przez Web of Science, w szczególności w [3] (Ł. Macioszek, S. Włodarczak i R. Rybski. „Mineral Oil Moisture Measurement with the Use of Impedance Spectroscopy”. W: IET Science, Measurement & Technology Vol. 13. iss. 8 (2019), s. 1158–1162), w której jest on pierwszym autorem.

Warto tu również podkreślić charakter interdyscyplinarny pracy – choć przewód doktorski otwarto w dyscyplinie Elektrotechnika, będącej obecnie podzbiorem dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne – wymaga ona od Autora, Doktoranta, znajomości zagadnień z chemii, elektrochemii, inżynierii materiałowej (struktura paliwa ON, innych olejów, zawartość i wpływ potencjalnych domieszek), co wydaje się niezbędne do zaplanowania eksperymentu, modelowania obiektu i analizy uzyskiwanych wyników.

6. Czy rozprawa obejmuje najnowsze osiągnięcia nauki i świadczy o znajomości współczesnej literatury z dyscypliny naukowej, której dotyczy?

Tematyka rozprawy mgr. inż. Łukasza Macioszka wpisuje się obszar diagnostyki obiektów technicznych (paliwo ON, oleje mineralne i roślinne), modelowanych zastępczymi obwodami elektrycznymi, za pomocą pomiarów elektrycznych, konkretnie spektroskopii impedancyjnej. Rozwiązania proponowane przez Autora bez wątpienia wpisują się w rozwój tej dyscypliny, co potwierdza fakt opublikowania wyników cząstkowych w czasopismach, w tym 4 artykułów w czasopismach indeksowanych przez WoS.

Przedstawiona analiza stanu wiedzy została wykonana kompleksowo i wnikliwie, w oparciu zarówno o sztanarowe pozycje (podstawy spektroskopii impedancyjnej), jak również najnowszą dostępną literaturę. Wykaz cytowanej literatury obejmuje 118 pozycji, o bardzo zróżnicowanym charakterze (podręczniki, artykuły naukowe, dokumenty legislacyjne i normalizacyjne, noty katalogowe i aplikacyjne, raporty badawcze i statystyczne, wyniki komercyjnie zleconych badań, prywatne dyskusje z badaczami). Stwierdzam, że zaprezentowany w pracy stan wiedzy jest reprezentatywny i obejmuje najnowsze osiągnięcia, co świadczy o szerokiej wiedzy Doktoranta z zakresu merytorycznego rozprawy oraz reprezentowanej dyscypliny.

7. Jakie są wady i słabe strony rozprawy?

Oceniając rozprawę doktorską mgr. inż. Łukasza Macioszka stwierdzam, że, zgodnie z moją wiedzą, nie posiada ona istotnych błędów merytorycznych i została zrealizowana prawidłowo. Organizacja tekstu jest poprawna, a strona edytorska staranna.

Mam jednak szereg drobniejszych uwag o charakterze dyskusyjnym, a w szczególności:

- a. Autor w rozdziale 3.4, w ostatnim akapicie na stronie 33 (kontynuowanym na stronie 34) używa określenia „stabilność”, choć wydaje się, że chodzi o stacjonarność systemu elektrochemicznego. Zresztą Autor „trafia” do pojęcia stacjonarności pod koniec wymienionego akapitu. Jak sam słusznie stwierdza, możemy osiągnąć przybliżenie warunku stacjonarności stosując wystarczająco krótki czas pomiaru (mówimy wtedy o quasi-stacjonarności).
- b. W kolejnym akapicie (na str. 34), Autor używa określenia „transformata”, kiedy prawdopodobnie chodzi o transformację (operację matematyczną), a nie wynik transformacji, czyli transformatę.
- c. W rozdziale 4.3, Doktorant opisuje zastosowany system i stanowisko pomiarowe. Ponieważ wykonywane pomiary dotyczą materiałów (cieczy) słabo przewodzących - moduł impedancji dla niskich częstotliwości przekracza $1\text{ G}\Omega$ - kluczową kwestią wydaje się potrzeba stosowania ekranowania i jego prawidłowego uziemienia. Autor nic nie wspomina o tej kwestii. Być może jest to wyjaśnienie obserwowanych anomalii w niskoczęstotliwościowej części widma.
- d. Brak ekranowania przy pomiarach cieczy słabo przewodzących może prowadzić do uzyskania losowych wartości podczas pomiaru potencjału stacjonarnego, a w efekcie do

- przewodzenia dalszych pomiarów impedancji przy wymuszonej wartości potencjału, różnej od potencjału spoczynkowego, co w konsekwencji może wprowadzać dodatkowe błędy. Czy Autor kontrolował jakie były wartości zmierzonego potencjału spoczynkowego lub próbował jaki byłby jego wpływ na uzyskiwane wyniki?
- e. Czy zastosowany zestaw pomiarowy jest odpowiedni do pomiarów wysokich impedancji, z którymi ma do czynienia Autor w przypadku cieczy słabo przewodzących? Przy zastosowanej amplitudzie pobudzenia (200 mV) i wartościach modułu impedancji przekraczających 1 G Ω , spodziewana amplituda odpowiedzi prądowej będzie na poziomie nie większym niż 200 pA. Dolny zakres pomiarowy potencjostatu 263A to 100 nA. Szkoda, że Autor nie pokusił się o wykonanie pomiarów testowych na modelu RC zbudowanym z elementów wzorcowych o wartościach bliskich uzyskiwanym z pomiarów badanych olejów.
 - f. W pomiarach IS z wykorzystaniem celek pomiarowych o różnych powierzchniach roboczych, dla ułatwienia porównania wyników, często stosowane jest przeliczenie uzyskanych rezultatów na cm² powierzchni elektrody. Dlaczego Autor nie korzystał z tej opcji (zazwyczaj jest to dokonywane automatycznie przez oprogramowanie po podaniu powierzchni elektrod celki). Ze względu na różne wymiary celek może sensowniej byłoby posługiwać się wielkościami przeliczonymi na wymiary geometryczne celki.
 - g. Dlaczego w pomiarach różnych olejów stosowano różne odległości między elektrodami (2,5 mm w pomiarach ON – str. 43; 0,8 mm w pomiarach oleju mineralnego – str. 98; 1,0 mm w pomiarach oleju rzepakowego – str. 104; ponownie 0,8 mm w pomiarach oliwy z oliwek – str. 111)?
 - h. ON i oleje mogą być rozpuszczalnikami dla niektórych tworzyw sztucznych – czy stosowane przy montażu celki pomiarowej przekładki dystansowe i śruby montażowe były odporne na działanie badanych cieczy?
 - i. W pomiarach stosowano wodę destylowaną (dla porównania również wodę demineralizowaną i dejonizowaną). Jednakże bardziej istotny jest sposób przygotowania i przechowywania wspomnianej wody. Czysta chemicznie woda ma przewodność właściwą na poziomie 0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$, jednakże już po krótkim czasie, w kontakcie z powietrzem atmosferycznym jej przewodność właściwa szybko rośnie (nawet powyżej 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ze względu na rozpuszczalność gazów z otoczenia (głównie CO₂). Czy Autor brał pod uwagę ten czynnik?
 - j. Badane w pracy oleje można, jak pisze Autor, z dobrym przybliżeniem, traktować jako dielektryki, których względna przenikalność elektryczna ϵ_r jest na poziomie kilku (3-6). Domieszka wody (której ϵ_r jest na poziomie 80 i zależy od temperatury) powinna powodować znaczący wzrost pojemności (lub parametru Q elementu CPE), co jest wykorzystywane w przypadku pojemnościowych czujników wilgotności. Efekt ten jest świetnie widoczny dla oleju mineralnego, jednak praktycznie nie występuje dla paliwa ON, oleju rzepakowego i oliwy z oliwek. Jaki może być mechanizm tego zjawiska?
 - k. Czy Autor rozważał wykorzystanie innych konstrukcji celek pomiarowych, np. z polerowanej blachy ze stali kwasoodpornej? Wykorzystanie elektrod ze złoczonej miedzi jest tanie i proste, jednakże pokrycie miedzi złotem w procesie wytwarzania PCB nie jest ani szczelne ani gładkie. To prowadzi do niebezpieczeństwa roztwarzania elektrody w trakcie pomiarów oraz powoduje, że jej efektywna powierzchnia jest inna niż wyznaczona

z wymiarów geometrycznych (ze względu na porowatość powierzchni – widoczną w konieczności stosowania elementu CPE do modelowania).

- l. Doktorant zwrócił uwagę na konieczność mieszania roztworu dla zachowania jego jednorodności. Jednakże zastosowanie mieszadła magnetycznego pracującego w zlewce, w której umieszczono celkę o niewielkim przekroju przepływu (odległość elektrod w zakresie 0,8 – 2,5 mm) przy dość dużej odległości tego przepływu (wymiar elektrody to ca. 6 x 6 cm) może powodować słabą wymianę (przepływ) cieczy pomiędzy elektrodami. Czy Autor rozważył inną, przepływową, formę celki pomiarowej oraz mieszanie cieczy wynikające z jej wymuszonego przepływu?
- m. Autor nie pokusił się o próbę oszacowania niepewności prowadzonych pomiarów impedancji, czy to na podstawie specyfikacji aparatury czy też serii pomiarów.

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę?

- ~~a. nie spełniająca wymagań,~~
~~b. wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania,~~
c. zadawalająco spełnia wymagania,
~~d. wyraźnie wykracza poza poziom przeciętny (spełniająca wymagania z nadmiarem),~~
~~e. wybitna.~~

Podsumowując, stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska mgr. inż. Łukasza Macioszka pt.: „Badania i analiza zawartości wody w olejach napędowych metodą spektroskopii impedancyjnej” obejmuje oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Autor wykazał dostateczną wiedzę teoretyczną dotyczącą dyscypliny naukowej oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej wymagane dla uzyskania stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie Elektrotechnika wg aktualnej klasyfikacji to odpowiednio nauki inżyniersko-techniczne w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

Stwierdzam, że zgodnie z „Ustawą o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki” z dnia 14 marca 2003 roku, wraz z późniejszymi zmianami, recenzowana rozprawa spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie mgr. inż. Łukasza Macioszka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

