

Prof. dr hab. inż. Andrzej Dobrucki
Politechnika Wrocławska
Katedra Akustyki i Multimediów
Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław
tel. 71 320 3068
fax. 71 320 3189
e-mail: andrzej.dobrucki@pwr.wroc.pl

DZIEKAN
Wydziału Elektrycznego

dr hab. inż. Krzysztof Okarma, prof. ZUT

RECENZJA

osiągnięcia naukowego oraz istotnej aktywności naukowej
w związku z postępowaniem habilitacyjnym dr inż. Witolda Mickiewicza

Podstawą wykonanej recenzji jest pismo nr N-1/332/2019 z dnia 26.11.2019 Pana Prorektora ds Nauki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego. Recenzja podzielona jest na następujące działy: dokumentacja wniosku, ocena osiągnięcia naukowego, ocena istotnej aktywności naukowej, wnioski.

1. Dokumentacja wniosku

Dokumentacja składa się z wniosku do Centralnej Komisji ds. Stopni Naukowych i Tytułu Naukowego z dnia 26.04.2019 o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego dr inż. Witolda Mickiewicza w dziedzinie Nauki Techniczne i w dyscyplinie Elektrotechnika. W związku ze zmianą klasyfikacji dyscyplin obecną dyscypliną, w której Kandydat stara się o stopień naukowy jest „Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika”. Jako jednostkę do przeprowadzenia postępowania Kandydat wskazał Radę Wydziału Elektrycznego Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Do wniosku dołączonych jest 7 załączników:

- Kopia dyplomu doktora Nauk Technicznych nadanego 4 lutego 1999 przez Radę Wydziału Elektrycznego Politechniki Szczecińskiej na podstawie rozprawy doktorskiej pt. Kontrola jakości półprzewodnikowych elementów mocy w prostownikach trakcyjnych transportu miejskiego (promotor prof. dr hab. inż. Aleksander Gamajunow)
- Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych, w języku polskim i w języku angielskim
- Wykaz opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki
- Wykaz 13 publikacji stanowiących osiągnięcia naukowe oraz ich kopie
- Oświadczenia Współautorów publikacji stanowiących osiągnięcia naukowe
- Dane kontaktowe Wnioskodawcy
- 2 płyty CD zawierające wersje cyfrowe dokumentacji.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę nadania stopnia doktora habilitowanego Kandydat wskazał cykl 13 opublikowanych prac naukowych. Wspólnym



tytułem cyklu są „Inwazyjne i bezinwazyjne metody pomiarowe w obrazowaniu wektorowego pola akustycznego”. W skład cyklu wchodzi prace opublikowane w latach 2011 - 2019 w tym 5 artykułów w czasopiśmie indeksowanych w JCR, znajdujących się na liście A MNiSzW, 1 artykuł w czasopiśmie z listy B MNiSzW, 6 referatów ukazujących się w kolejnych latach w materiałach międzynarodowej konferencji „Methods and Models in Automation and Robotics” (MMAR), publikacje indeksowane w bazach Web of Science i SCOPUS, 1 monografia. Monografia stanowi podsumowanie działalności Kandydata w zakresie pomiaru i obrazowania pól akustycznych. Artykuły ukazały się w następujących czasopiśmie: „Archives of Acoustics” - 3 artykuły, „Acta Physica Polonica A” - 1 artykuł, „Metrology and Measurement Systems” - 1 artykuł, „Pomiary, Automatyka, Kontrola” (lista B) - 1 artykuł. Impact Factor czasopiśmie z listy A mieści się w przedziale 0, 539 - 0, 925, zaś punktacja MNSzW - 15 - 20 pkt. Jeden z artykułów ma 4 współautorów, 1 - dwóch, pozostałe są jednoautorskim dorobkiem Kandydata. Artykuł z listy B oraz 4 artykuły konferencyjne są współautorskie, dwa - jednoautorskie. Jak wspomniałem, monografia pt „Metrologia i przetwarzanie sygnałów w obrazowaniu wektorowego pola akustycznego” wydana w roku 2019 przez Oficynę Wydawniczą Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego stanowi podsumowanie dorobku Habilitanta w zakresie tematycznym składającym się na przedstawione do oceny dzieło habilitacyjne. Jedynie dwie najnowsze publikacje konferencyjne z lat 2017-18 nie są cytowane w monografii i nie stanowią istotnej jej części.

Dzieło habilitacyjne stanowi metrologia wektorowego pola akustycznego w ośrodkach gazowych, głównie w powietrzu. Wielkościami fizycznymi opisującymi to pole stanowią ciśnienie akustyczne (wielkość skalarna) oraz prędkość akustyczna (wielkość wektorowa). Z równania Eulera, które stanowi jedno z równań wyjściowych do wyprowadzenia równania falowego wynika, że pole prędkości akustycznej jest bezwirowe. Oprócz wielkości fizycznych, pole akustyczne jest charakteryzowane przez wielkości energetyczne, z których najczęściej stosowana jest gęstość energii w (J/m^3) oraz natężenie dźwięku I (W/m^2). Pierwsza z tych wielkości jest skalarna, druga zaś wektorowa. Między nimi zachodzi związek:

$$\vec{I} = w \cdot \vec{c} \quad (1)$$

gdzie \vec{c} jest wektorową prędkością dźwięku. Natężenie dźwięku charakteryzuje przepływ energii akustycznej i jak wynika z równania (1) jest zawsze prostopadłe do czoła fali akustycznej. Natężenie dźwięku może być obliczane z następującego wzoru:

$$\vec{I} = \frac{1}{T} \int_0^T p \cdot \vec{v} dt \quad (2)$$

Gdzie: T - czas uśredniania, t - czas, $p = p(t)$ - ciśnienie akustyczne, $\vec{v} = \vec{v}(t)$ - prędkość akustyczna. Na podstawie wzoru (2) często uważa się, że kierunek wektora natężenia dźwięku pokrywa się z kierunkiem wektora prędkości akustycznej. Tak rzeczywiście jest w wielu przypadkach, np. dla fali płaskiej lub kulistej, ale wcale tak być nie musi, ponieważ uśrednianie w czasie składowych wektora $p \cdot \vec{v}$ o różnych wartościach przesunięcia fazowego między ciśnieniem akustycznym a daną składową prędkości daje różne wartości. Istnieją przypadki pól akustycznych, dla których wektor natężenia dźwięku może być wektorem zerowym, co oznacza brak przepływu energii. Jednym z tych przypadków jest pole fali stojącej, drugim - pole wirowe natężenia dźwięku. Jak wykazał Habilitant (Monografia habilitacyjna, str. 30, wzór 1.2.28) pole natężenia dźwięku może być wirowe, mimo, że pole prędkości jest bezwirowe. Z tych powodów badanie pól natężenia dźwięku daje dużo informacji o charakterze pola akustycznego i przepływie energii i jest intensywnie rozwijane od kilkadziesiąt lat. W Polsce wiodącym ośrodkiem naukowym zajmującym się metrologią i obrazowaniem natężenia dźwięku jest grupa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu

Technologicznego kierowana przez prof. dra hab. Stefana Weynę. Z grupy tej wywodzi się też Habilitant.

W pracach przedłożonych jako osiągnięcie naukowe można wyróżnić trzy aspekty: pomiarowy, przetwarzania sygnałów oraz wizualizacja wyników. Do pomiarów natężenia dźwięku stosuje się sondy natężeniowe. Sonda składa się z mikrofonu pomiarowego oraz układu do pomiaru prędkości akustycznej. Stosując definicję prędkości akustycznej jako wielkości proporcjonalnej do gradientu ciśnienia akustycznego, najprostsza sonda składa się dodatkowo z drugiego mikrofonu pomiarowego. Znając odległość między mikrofonami sondy, można aproksymować gradient (wielkość różniczkową) poprzez różnicę skończoną ciśnień z obu mikrofonów sondy. Różnica ta jest nie tyle gradientem, ale jego składową w kierunku osi sondy. Taka sonda nazywa się jednowymiarową (1D) sondą p-p (ciśnieniowo-ciśnieniową). Stosując cztery mikrofony można wyznaczyć równocześnie trzy składowe wektora prędkości akustycznej. Taka sonda nosi nazwę 3D p-p. Sondy p-p są dość niewygodne w zastosowaniu. W zakresie małych częstotliwości występują błędy spowodowane niedokładnym sfazowaniem mikrofonów. W zakresie dużych częstotliwości błąd jest spowodowany przybliżaniem pochodnej różnicą skończoną. Z tego względu coraz większą popularnością cieszą się sondy p-u, w których prędkość mierzy się bezpośrednio wychodząc z różnych praw fizycznych np: anemometrii ultradźwiękowej lub anemometrii z gorącym drutem.

Najstarsza praca cyklu publikacji: „Automatized system for 3D sound intensity field measurement” dotyczy zbudowanego przez Autora systemu pomiarowego. W systemie zastosowano sondę 3D p-u firmy Microflown. Sam system pomiarowy wykorzystuje środowisko pomiarowe LabVIEW. Za pomocą sondy mierzone są wartości p i u, które są filtrowane w pasmach 1/12 oktawowych, zgodnie z definicją natężenia dźwięku wymnażane, uśredniane i wizualizowane. Układ zapewnia precyzyjne pozycjonowanie sondy za pomocą robota kartezjańskiego. Nowością jest możliwość zrównoleglenia procesu akwizycji danych pomiarowych i ich przetwarzania. Pozwala to na znaczne (ponad trzykrotne) skrócenie czasu pomiaru lub zwiększenie jego precyzji

Opracowany system wykorzystano do badań pola akustycznego w falowodach opisanych w artykułach opublikowanych w czasopiśmie „Archives of Acoustics”: „Experimental acoustic flow analysis inside a section of an acoustic waveguide” (2013) i „Multi-modal acoustic flow decomposition examined in a hard-walled cylindrical duct” (2014). W artykułach tych zastosowano dodatkowo nowe metody pomiarowe PIV (laserowa anemometria obrazowa) i POD (odpowiednia dekompozycja ortogonalna). Metody te stosuje się do badania i wizualizacji przepływów. Ich zastosowanie do badania prędkości akustycznej stanowi nowość. Dzięki zastosowaniu tych metod stała się możliwa obserwacja wirowania pola akustycznego wokół przeszkód umieszczonych w falowodzie w różnych zakresach częstotliwości, w tym powyżej częstotliwości odcięcia, w którym mogą się generować różne niesymetryczne mody drgań. Ważną cechą metody PIV, jako metody optycznej jest nieinwazyjność metody. Stosując klasyczne sondy natężeniowe sygnał jest odbierany poprzez ingerencję sondy w mierzone pole. Wielkość błędu pomiarowego spowodowanego inwazyjnością metody stanowi przedmiot analiz. Metody optyczne, takie jak dopplerowska wibrometria laserowa czy PIV należą do metod bezinwazyjnych, ponieważ narzędzie pomiarowe (promienie optyczne) nie obciążają badanej struktury.

Zbudowany nowatorski system pomiarowy pozwolił również na realizację nowatorskiej, jednomikrofonowej metody natężenia dźwięku (Calculation of spatial sound intensity distribution based on synchronized measurement of acoustic pressure, 18 MMAR, 2013). Zamiast jednoczesnej akwizycji przebiegów ciśnienia w dwóch lub więcej punktach pomiarowych, dokonuje się pomiaru w kilku punktach sukcesywnie za pomocą tego samego powtarzanego przebiegu wymuszającego i odpowiednio synchronizując rezultaty pomiarów. Osiągnięcie dobrej synchronizacji wymaga jednak dużego stopnia nadpróbkowania. Przy nadpróbkowaniu 50 razy można uzyskać niepewność pomiarową rzędu 2 dB. Wadą metody

jest pomiar szeregowy za pomocą tego samego sygnału, co jest warunkiem uniemożliwiającym zastosowanie w badaniach przepływów energii generowanych przez urządzenia bez stosowania sztucznego wymuszenia. Zastosowanie tej metody do badania kierunku dojścia fal akustycznych z takich urządzeń jak zestawy głośnikowe przedstawiono w dwóch ostatnich artykułach na MMAR: Mechatronic sound intensity 2D probe (2017) i Mechatronic sound intensity 3D probe and its application to DOA (2018). Ta aplikacja ma potencjalnie duże możliwości przy projektowaniu systemów nagłośniania, dla których kierunki dojścia fal mają duże znaczenie.

Błędem metody laserowej anemometrii obrazowej poświęcony jest artykuł "Systematic error of acoustic particle image velocimetry and its correction" (Metrology and Measurement Systems, 2011). Dzięki tej metodzie jest możliwe stosowanie bardziej złożonych sygnałów pomiarowych niż tony sinusoidalne.

Odmianie metody PIV, tzw. phase-locked PIV (laserowa anemometria obrazowa z synchronizacją fazy), opracowanej przez Habilitanta poświęcony jest artykuł „Phase-Locked Particle Image Velocimetry Visualization of the Sound Field at the Outlet of a Circular Tube” (MMAR 2014). W artykule „Particle image velocimetry and proper orthogonal decomposition applied to aerodynamic sound source region visualization in organ flue pipe” (Arch. Acoust. 2015) Autor zastosował kolejną metodę wizualizacji POD (Proper Orthogonal Decomposition) do wizualizacji pola akustycznego piszczalki organowej w miejscu generacji dźwięku. Metoda polega na dekompozycji modów na podstawie zgromadzonej w każdym z nich energii. Istotnym wnioskiem wynikającym z badań jest możliwość separacji modów, gdy różnica ich poziomów przekracza 6 dB. Gdy różnica ta jest mniejsza, występuje tzw. przeciek widma między modami. Zastosowanie metody POD prowadzi do poprawy stosunku sygnału do szumu. Sama metoda POD nie jest nowa, jednakże jej zastosowanie w pomiarach obrazowania pola akustycznego jest istotnym osiągnięciem Habilitanta. Porównując metody nieinwazyjne z klasyczną intensometrią z użyciem sond p-p lub p-u, Autor dyskutuje też problem obrazowania wyników. Stwierdza, że obie metody wzajemnie się uzupełniają. Dla metod laserowych występują trudności w rejestrowaniu małych wartości przesunięć cząstki, efektywna rejestracja jest możliwa powyżej 130 dB SVL (lub SPL, jeśli za poziom odniesienia przyjmie się $v_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s, natomiast łatwa jest rejestracja przepływów masowych. Odwrotna sytuacja występuje przy pomiarach z użyciem sond natężeniowych. Metoda jest odporna na przepływy stałe do 0,5 m/s, natomiast może pracować dla poziomów w zakresie 40-130 dB.

W artykule prezentowanym na MMAR w roku 2016 pt. „Digital filter design for compensating the nonlinear behavior of sound intensity probe”, Autor proponuje zastosowanie specjalnie zaprojektowanego filtra cyfrowego do dopasowania charakterystyk częstotliwościowych (amplitudowo-fazowych) przetwornika ciśnienia i prędkości akustycznej w sondach natężeniowych p-u. Producenci sond stosują do tego celu metodę analogową. Rozwiązanie to jednak wprowadza dodatkowy szum do sygnału prędkości. Symulacje potwierdziły poprawność rozwiązania zaproponowanego przez Kandydata.

Większość materiału przedstawionego w omówionych wyżej publikacjach znalazło się również w monografii „Metrologia i przetwarzanie sygnałów w obrazowaniu wektorowego pola akustycznego”, opublikowanej w roku 2019. Znalazły się w niej dodatkowo zastosowania metod natężeniowych do monitorowania pól akustycznych głośników, hałasu silnika elektrycznego oraz hałasu generowanego przez wentylatory szafy telekomunikacyjnej i transformator dużej mocy. Przedstawiono również zastosowanie metod natężeniowych do badania dróg propagacji hałasu na statkach, który to projekt był realizowany wspólnie z Uniwersytetem Technicznym w Delft i holenderską stocznia DAMEN.

Reasumując, osiągnięcia Kandydata w cyklu publikacji stanowiących osiągnięcie habilitacyjne należy stwierdzić, że cykl ten można uznać za monotematyczny. Wkład

Habilitanta w rozwój metod natężeniowych jest znaczący. Do najważniejszych osiągnięć w tym zakresie zaliczam:

- Rozwój metod bezinwazyjnych pomiaru natężenia dźwięku i prędkości akustycznej, w tym metody PIV z synchronizacją fazy oraz metody właściwej dekompozycji ortogonalnej.
- Rozwój metod pomiaru natężenia dźwięku za pomocą sond natężeniowych, a zwłaszcza uproszczonej metody jednomikrofonowej i zastosowanie filtru cyfrowego do kompensacji różnic charakterystyki mikrofonu i przetwornika prędkości akustycznej w sondzie p-u.
- Zbudowanie zautomatyzowanego systemu do pomiarów natężenia dźwięku w oparciu o platformę LabView i opracowanie metod akwizycji danych oraz algorytmów przetwarzania sygnałów do tego systemu.
- Zbadanie metodami natężeniowymi akustycznych pól wirowych w falowodach, zwłaszcza powyżej częstotliwości odcięcia.
- Zbadanie propagacji energii akustycznej w kilku przypadkach szczegółowych (pole akustyczne obudów głośnikowych, silników elektrycznych, wentylatorów w szafach sterowniczych, generatorów dużej mocy).

Oceniam wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny „Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika” w zakresie metrologii pól akustycznych metodami natężeniowymi za ważny i znaczny. Przedstawione do oceny dzieło może stanowić podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.

3. Ocena istotnej aktywności naukowej

Habilitant ukończył studia wyższe w roku 1994 na Wydziale Elektrycznym Politechniki Szczecińskiej, uzyskując tytuł magistra inżyniera elektroniki i telekomunikacji. W roku 2000 uzyskał tytuł magistra sztuki na Wydziale Instrumentalnym Akademii Muzycznej im. I.J.Paderewskiego w Poznaniu. Stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Elektrotechnika uzyskał na Wydziale Elektrycznym Politechniki Szczecińskiej w roku 1999. W latach 1994-1999 był asystentem w Zakładzie Cybernetyki i Elektroniki Instytutu Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki na Wydziale Elektrycznym Politechniki Szczecińskiej, zaś w latach 1999-2009 był adiunktem w tym Zakładzie. Od roku 1999 jest adiunktem w Katedrze Inżynierii Systemów, Sygnałów i Elektroniki na Wydziale Elektrycznym Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Ponadto, od roku 2015 jest kierownikiem Laboratorium Technologii Nagrań Dźwiękowych w Centrum Przemysłów Kreatywnych Akademii Sztuki w Szczecinie.

Oprócz osiągnięcia naukowego, stanowiącego podstawę do nadania stopnia doktora habilitowanego, Kandydat zajmował się następującą tematyką badawczą:

◆ Implementacja algorytmów DSP w strukturach programowalnych FPGA i CPLD
Doświadczenia z tego zakresu Autor wykorzystał przy oprogramowaniu systemu pomiarowego stanowiącego osiągnięcia naukowe,

◆ Uprzestrzennianie pola akustycznego przy odsłuchu słuchawkowym z zastosowaniem indywidualnych funkcji transmitancji odniesionych do głowy (HRTF). Autor opracował odpowiedni procesor oraz procedurę pomiarów HRTF. Wyniki były publikowane w Archives of Acoustics i na konferencjach międzynarodowych.

◆ Prace z pogranicza techniki i inżynierii dźwięku, w których Autor wykorzystuje swoje wykształcenie muzyczne. Autor jest realizatorem nagrań muzyki klasycznej, ma w swoim dorobku 3 płyty zrealizowane dla Filharmonii Szczecińskiej, 2 płyty Chóru Akademii Morskiej oraz 3 płyty stanowiące dzieło artystyczne w postępowaniach habilitacyjnych i doktorskich pracowników Akademii Sztuki w Szczecinie. Kandydat zajmował się również

pomiarami w akustyce pomieszczeń oraz metodami rejestracji nagrań wielokanałowych Z tego zakresu posiada on publikacje: 1 z listy JCR, 2 z listy MNIŚzW oraz 1 konferencyjna.

◆ Prace z zakresu inżynierii biomedycznej: opracowanie wizyjnego systemu rejestracji ruchu żuchwy do celów diagnostyki kondycji stawu skroniowo-żuchwowego.

Ogólnie, Kandydat opublikował po doktoracie ponad 50 prac, w tym 17 znajdujących się na liście MNIŚzW, z czego 15 w wydawnictwach indeksowanych w bazie Web of Science, w tym 6 w czasopiśmie z listy JCR posiadających Impact Factor. Jego prace cytowano 43 razy, z czego 14 bez autocytowań. Sumaryczny Impact Factor Kandydata wynosi 3,337, zaś indeks Hirscha - 5. Dr W. Mickiewicz wielokrotnie uczestniczył aktywnie w konferencjach międzynarodowych w kraju i za granicą. Realizował też prace na zamówienie podmiotów gospodarczych.

Autor współpracował z zagranicznymi ośrodkami naukowymi. Jak już wspomniałem, brał udział w pracach w ramach programu Exilence (wraz z Uniwersytetem Technicznym w Delft i stoczną DAMEN), mającym na celu obniżenie hałasu w pomieszczeniach załogi na statkach. Brał udział w programach międzynarodowych Tempus: 1 z zakresu inżynierii biomedycznej (rok 2007-08) i 1 dotyczącym restrukturyzacji studiów. Był na 5 zagranicznych stażach naukowych: 2 w Rosji (po dwa tygodnie w latach 1997 i 1998), 2 w Finlandii (1,5 miesiąca i 2 tygodnie na Uniwersytecie w Tampere w latach 1999 i 2000) oraz 1 we Włoszech (2011, letnia szkoła Computational Fluid Dynamics - 1 tydzień).

Habilitant jest promotorem pomocniczym w 1 otwartym przewodzie doktorskim. Opiekował się studentami zagranicznymi, głównie w ramach programu Erasmus oraz praktyk wakacyjnych IAESTE. Był promotorem ponad 50 prac magisterskich i inżynierskich oraz recenzował 30 prac. Trzech dyplomantów uzyskało nagrody Dziekana WE ZUT w konkursach na najlepsze prace dyplomowe. Opiekuje się sekcją elektroakustyki w ramach koła naukowym Elkona.

Jest aktywny organizacyjnie.

W kadencjach 2002 - 2008 Habilitant był Prodziekanem wydziału Elektrycznego. Jest członkiem Polskiej Sekcji Audio Engineering Society - międzynarodowej organizacji inżynierów dźwięku. W ramach działalności w tej organizacji w roku 2010 był przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego konferencji New Trends in Audio and Video. Jest recenzentem w kilku czasopiśmie m.in. Archives of Acoustics raz Elektronika - technologie i zastosowania. Był też recenzentem wydawniczym 1 monografii. Działał w Obywatelskim Komitecie Na Rzecz budowy Filharmonii Szczecińskiej jako ekspert z zakresu technologii nagrań dźwiękowych.

Za swoją działalność został uhonorowany Brązowym Krzyżem Zasługi w roku 2009. Trzykrotnie otrzymywał Nagrodę Rektora Politechniki Szczecińskiej i Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego (w tym dwie indywidualne II stopnia w roku 2014 i III stopnia w roku 2016).

Podsumowując, dorobek naukowy, a także dydaktyczny i organizacyjny Habilitanta jest bogaty i różnorodny. Uznaję ten dorobek za wystarczający przy staraniu się o stopień doktora habilitowanego.

4. Konkluzja

Kandydat spełnia wymogi ustawy z dnia 20 lipca 2018 „Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce” w zakresie dotyczącym stopnia doktora habilitowanego. Posiada stopień doktora nauk technicznych w zakresie dyscypliny Elektrotechnika. Przedstawione przez Habilitanta osiągnięcia naukowe stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny „Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika” w zakresie pomiarów pól akustycznych metodami intensometrycznymi. Oprócz osiągnięcia naukowego Kandydat prowadził istotną działalność naukową. Związany z

nią dorobek uważam za wystarczający do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego. W związku z tym popieram wniosek Kandydata o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w zakresie dyscypliny „Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika”.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Andrzej Jankowski".

Wrocław, 4.01.2020

