

Prof. dr hab. inż. Ewaryst Tkacz  
Politechnika Śląska,  
Wydział Inżynierii Biomedycznej,  
Katedra Biosensorów i Przetwarzania  
Sygnałów Biomedycznych

Zabrze, dn. 04.09.2023 r.

## **RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

Tytuł rozprawy : „**Analiza magnetycznej odpowiedzi mózgu na wysokoczęstotliwościowe bodźce dźwiękowe uzyskanej przy użyciu magnetometrów atomowych w zastosowaniu do wczesnego wykrywania niedosłuchu**”

Autor rozprawy : **Mgr inż. Anna JODKO-WŁADZIŃSKA**

Promotor rozprawy : **Prof. dr hab. inż. Tadeusz Pałko**

Promotor pomocniczy: Dr Timan Sander-Thömmes

### **1. Cel, zakres i charakter rozprawy**

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy badania i następnie analizy magnetycznej odpowiedzi mózgu na wysokoczęstotliwościowe bodźce dźwiękowe. Celem podstawowym recenzowanej rozprawy jest opracowanie metody obiektywizacji badań w zastosowaniu do wczesnego wykrywania niedosłuchu. Zwłaszcza jak chodzi o wspomnianą obiektywizację poruszana w rozprawie doktorskiej problematyka jest trudna i żadną miarą nie należy jej bagatelizować czy trywializować. Opracowanie obiektywnej metody pomiarowej, która w rozprawie została szczegółowo zaprezentowana, bez cienia wątpliwości lokuje niniejszą rozprawę w obszarze ważnych osiągnięć inżynierii biomedycznej.

Wykorzystanie do tego celu magnetometrów atomowych, funkcjonujących też pod nazwą magnetometrów pompowanych optycznie, pozwala na wykonywanie badań w warunkach nieco łagodniejszych niż te, które wymagane są dla wykorzystania klasycznej magnetometrii opartej na nadprzewodzących interferometrach kwantowych (ang. SQUID Superconducting Quantum Interference Devices). W stosunku do standardowej audiometrii progowej proponowana w rozprawie metoda pozwala wykryć lub stwierdzić niedosłuch u pacjenta w zakresie wysokich częstotliwości, oznaczający często uszkodzenia w uchu wewnętrznym. Wystarczająco wczesne zdiagnozowanie ubytków słuchu, pozwala na podjęcie działań profilaktycznych ograniczających rozszerzanie się niedosłuchu w kierunku niższych częstotliwości.

Odnosząc się do zakresu i charakteru recenzowanej rozprawy doktorskiej Mgr inż. Anny Jodko-Władzińskiej, muszę uczciwie stwierdzić, iż pierwsze 3 rozdziały rozprawy, a więc: Wstęp, Narząd słuchu oraz Biomagnetyzm, mają charakter odtwórczy, gdyż znajdują się w nich informacje, których nie można zaliczyć do oryginalnych osiągnięć autorki. Są one jednak przedstawione w sposób zgrabny i syntetyczny, umożliwiając czytelnikowi zapoznanie się z ze niezbędnymi informacjami pozwalającymi stosunkowo gładko przejść do meritum rozprawy, które tak naprawdę przedstawione jest w rozdziale 5.

W rozdziale 4 sformułowany został zasadniczy cel naukowy, który został osiągnięty poprzez przedstawienie niniejszej rozprawy doktorskiej. Celem tejże rozprawy, cytując słowa autorki jest:” Analiza magnetycznej odpowiedzi mózgu, uzyskanej przy użyciu magneto metrów pompowanych optycznie (magnetometrów atomowych), po zastosowaniu do wczesnego wykrywania niedosłuchu. Badaniu podlegała możliwość detekcji pól wywołanych stymulacją tonami wysokich częstotliwości (powyżej 8 kHz), jako narzędzie predykcyjne degradacji słuchu (tzw. audiometria wysokich częstotliwości)”.

Tak sformułowany cel znakomicie wpisuje się w metrologie procesów biomedycznych i wystarczająco dobrze uzasadnia podjęcie badań z zakresu inżynierii biomedycznej, w której to dyscyplinie naukowej Doktorantka chce obronić swoją rozprawę doktorską.

W rozdziale 5 przedstawiono kolejno poszczególne etapy metodologii badań. Zaprezentowano uchwyt pomiarowy, przedstawiono badania wstępne, omówiono szczegółowo wysokoczęstotliwościowe źródło akustyczne, wreszcie przeprowadzono drobiazgową analizę odpowiedzi magnetycznych mózgu na działanie wspomnianego powyżej wysoko częstotliwościowego źródła bodźców dźwiękowych.

Praca zakończona jest stosunkowo szczegółową dyskusją otrzymanych wyników badań zaprezentowanych w rozdziale 7, a powinno być w rozdziale 6 oraz podsumowaniem działań w zakresie rozprawy doktorskiej, ze wskazaniem ewentualnych dalszych kierunków rozwojowych dotyczących objektywizacji badań niedosłuchu.

Trzeba dodać na marginesie, że tematyka pomiarów związanych z obiektywną audiometrią wymaga gruntownej znajomości zagadnień z zakresu fizyki, w szczególności biomagnetyzmu. Autorka, krótko, ale wystarczająco treściwie przedstawiła zagadnienia dotyczące tzw. ujemnej oporności względnie bardziej precyzyjnie nadprzewodnictwa, gdzie istotną rolę odgrywa tzw. złącze Josephsona pracujące w odpowiednio niskich temperaturach.

## 2. Zawartość rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Anny Jodko-Władzińskiej jest 125 stronicowym opracowaniem precyzyjnie określonego tematu i składa się z 7 rozdziałów obejmujących po kolei: **Wstęp**, (w którym jednocześnie przedstawiono podstawowe informacje dotyczące magnetometrii), **Narząd słuchu**, (którego budowa i działanie nie jest trywialne i wymaga gruntownej wiedzy zarówno anatomicznej jak i fizjologicznej), **Biomagnetyzm** (wyodrębniony jako osobny rozdział, ale absolutnie celowo i pożytecznie, gdzie przedstawiono zagadnienia niezbędne do podjęcia się zasadniczej problematyki opisanej w rozprawie doktorskiej), **Cel rozprawy**, (gdzie Autorka pokusiła się o pewne zwięzłe przedstawienie problematyki i zadań do zrealizowania), **Metodologię badań**, (rozdział zawierający analityczne rozwiązanie modelu złącza Josephsona, analizę problematyki nadprzewodnictwa oraz przewagę jaką niesie zastosowanie magnetometrów atomowych pompowanych optycznie), **Dyskusję wyników badań**, (rozdział przedstawiający niezwykle szczegółowo uzyskane wyniki badań, choć tylko dla bardzo małej liczby pacjentów (pięciu, przebadanych w dwóch grupach: najpierw trójka pacjentów potem pozostała dwójka) i na zakończenie z **Podsumowania**, (rozdział, którego charakter jest łatwy do przewidzenia a zatem przedstawia stosunek Autorki wraz z Jej komentarzami w odniesieniu do opisanych wcześniej badań oraz dalszych perspektyw rozwoju). Rozprawa doktorska zakończona jest zawierającym 135 pozycji spisem literatury. Niestety nie doszukałem się spisów: użytych oznaczeń i skrótów, rysunków i spisu tabel, których w tekście pracy jest sporo, a zwyczajowo się je w tego typu rozprawach doktorskich zamieszcza. Wszystkie zamieszczone pozycje bibliograficzne zostały obficie cytowane w tekście rozprawy. Nie ma pozycji nadmiarowych, co niewątpliwie dowodzi pewnego profesjonalizmu edytorskiego.

Wrażenie ogólne z czytania rozprawy jest dobre, ponieważ została przygotowana w sposób profesjonalny, a może bardziej precyzyjnie, przy użyciu profesjonalnych narzędzi do edycji tekstów. Zaznaczam, że to pozytywne wrażenie nie wyklucza poprzednich uwag, natomiast chcę wyraźnie podkreślić, że w moim odczuciu Doktorantka osiągnęła cel polegający na pokazaniu recenzentowi elementów swojego profesjonalizmu. Wszystkie rysunki zawierają niezbędne skale i wymiary, co sprawia, że niczego nie trzeba się domyślać.

### **3. Poprawność i oryginalność tezy rozprawy**

Obserwując niezwykle dynamiczny rozwój poszczególnych obszarów inżynierii biomedycznej, dokonujący się w szczególności w ostatnich kilkunastu latach, z pełną odpowiedzialnością uznaję tematykę rozprawy, określony w niej cel jak też jego realizację za nadzwyczajnie aktualny. Na tak zdefiniowanym tle, praca doktorska mgr inż. Anny Jodko-Władzińskiej wnosi istotny wkład w rozwój badań w obszarze metod pomiarowych dotyczących obiektywnych badań niedosłuchu pacjentów w zakresie wysokich częstotliwości.

W związku z powyższym uznaję postawioną (niejawnie) w rozprawie tezę dotyczącą potrzeby opracowania nowej metody łączącej zalety innych metod pomiarów niedosłuchu za poprawną, oryginalną oraz przede wszystkim za udowodnioną w stopniu wystarczającym do potwierdzenia kwalifikacji Autorki aplikującej o stopień naukowy doktora nauk technicznych w zakresie dziedziny Nauki Inżynierijno-Techniczne i w dyscyplinie Inżynieria Biomedyczna.

### **4. Analiza źródeł**

Wspomniano już wcześniej, że w rozprawie włączono spis bibliograficzny liczący 135 pozycji. Trzeba jednak zaznaczyć, że poruszana w rozprawie tematyka czerpiąca inspirację z nauk biologicznych obfituje w niezwykle bogactwo literatury w zakresie zagadnień pomiarów audiometrycznych, w szczególności w odniesieniu do audiometrii obiektywnej nie wymagającej sprzężenia zwrotnego z osobą badaną. Przełożenie tych inspiracji na obszar zagadnień z zakresu metrologii niedosłuchu, mówiąc bardzo ogólnie, jest jednak zagadnieniem nowym, zatem w moim odczuciu Autorka wykazała znacznie większą niż dostateczną wiedzę, odnoszącą się do wyboru źródeł oraz sposobu ich wykorzystania w tekście rozprawy.

Wspomniano już wcześniej, że jednym z elementów oceny rozprawy doktorskiej jest sprawdzenie, czy wszystkie umieszczone w spisie literatury pozycje są cytowane w tekście rozprawy. Z całą stanowczością stwierdzam, że tak właśnie jest i nie ma w spisie żadnej pozycji literatury, do której nie byłoby odwołania w tekście rozprawy.

Wydaje się, że pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy i aktualnych możliwości technicznych i technologicznych reprezentowanych przez literaturę światową w obszarze obiektywnych metod metrologii niedosłuchu jest znacznie więcej niż przyzwoita. Niektóre błędy wskazane poniżej mogą być usprawiedliwione sporym wskaźnikiem elementów nowatorskich zaczerpniętych z nauk biologicznych.

### **5. Znaczenie uzyskanych wyników dla dyscypliny naukowej**

Rozprawa doktorska mgr inż. Anny Jodko-Władzińskiej dokonuje wnikliwej analizy możliwych do zastosowania metod pomiarowych odnoszących się do obiektywnych pomiarów niedosłuchu z wykorzystaniem magnetometrów pompowanych optycznie i niestety tę część pracy, ustosunkowując się do niej krytycznie należy uznać za nieco odtwórczą, chociaż, co warto podkreślić, Autorka umiejętnie porusza się we wszystkich nachodzących na siebie obszarach problemowych proponując w ten sposób nowe podejście lub nawet kreując pewien nowy standard postępowania w odniesieniu do istniejących metod metrologicznych. Chcę więc

podkreślić, że niezwykle trudno jednoznacznie ocenić znaczenie zaprezentowanych wyników dla dyscypliny naukowej, ponieważ jeśli udałooby się je jeszcze w inny sposób zweryfikować to może ono być ogromne. Zaprezentowane w pracy przykłady zawierają wprawdzie wyniki pomiarów niedosłuchu dla skromnej bazy 5 pacjentów, ale wrażenie moje, jako recenzenta jest, że większy nacisk położono na sprawy techniczno-konstrukcyjne, niż na elementy interpretacyjne wynikające z przeprowadzonych badań, których w pracy jest wystarczająco dużo.

## **6. Uwagi krytyczne**

W świetle przedstawionych dotąd elementów rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Jodko-Władzińskiej z radością muszę podkreślić, że uwag krytycznych nie mam zbyt dużo. Jednak, aby recenzja nie była kolorową laurką muszę wspomnieć, o co najmniej kilku. Wspomniałem o istotnym niedostatku w postaci braku stosownych spisów kolejno oznaczeń skrótów, spisu rysunków oraz spisu tabel.

Praca przygotowana jest w środowisku profesjonalnym, co bardzo dobrze świadczy o Autorce, która posługuje się profesjonalnymi narzędziami do edycji tekstów. W pracy znalazłem też trochę literówek. Cześć z nich jest niewykrywalna dla większości tzw. „check-spellerów”, ale części można było z pewnością uniknąć zatem czy posługując się profesjonalnym narzędziem nie można było użyć takiego „check spellera” aby ich uniknąć?

W tym miejscu recenzji, przejdę na moment do pewnej refleksji osobistej dotyczącej realizowanej ponad 40 lat temu mojej pracy stażowej po rozpoczęciu współpracy z Politechniką Śląską. Praca ta dotyczyła konstrukcji urządzenia do audiometrii progowej u niemowląt. Mam nadzieję podczas obrony niniejszej rozprawy przedstawić krótko mój pomysł sprzed wielu lat, ale już teraz chciałbym w formie zagadnienia badawczego zapytać doktorantkę, czy w świetle najnowszych technologii miałaby pomysł na dyskusję naukową dotyczącą badania niemowląt w zakresie progu słyszenia, pamiętając, że praktycznie nie istnieje możliwość sprzężenia zwrotnego z badanym obiektem biologicznym czyli niemowlakiem.

## **7. Wniosek końcowy**

Biorąc pod uwagę wskazane powyżej elementy rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Jodko-Władzińskiej stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa spełnia wymagania Ustawy o stopniach i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003 (art.13 ust.1 i ust.2). W związku z powyższym wnoszę do Wysokiej Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Warszawskiej o dopuszczenie Autorki do dalszych etapów przewodu doktorskiego. W szczególności do publicznej obrony rozprawy.

