Częstochowa, dnia 30 listopada 2024 r.

Dr hab. inż. Arkadiusz Szarek, prof. PCz.
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Politechnika Częstochowska

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Marty Chmury pt. „Ocena zmian wybranych mechanizmów kontroli posturalnej w odpowiedzi na rzeczywiste i wirtualne bodźce prowadzące do wytrącenia z równowagi", napisanej na Wydziale Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej pod kierunkiem naukowym dr hab. inż. Jacka Jurkojcia prof. PŚl oraz promotora pomocniczego dr inż. Piotra Wodarskiego.

Recenzja wykonana została na podstawie pisma RDIB.002.70.2024 z dnia 24.10.2024r., Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna prof. dr. hab. inż. Roberta Michnika, będącego wynikiem decyzji Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Wydziału Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej. Praca doktorska reprezentuje dyscyplinę Inżynieria biomedyczna.

Recenzja składa się z dwóch części: pierwszej – zawierającej charakterystykę rozprawy wraz z uwagami szczegółowymi do poszczególnych punktów dysertacji, kompozycji strukturalnej, źródeł literaturowych i strony technicznej, a także ocenę dysertacji pod względem obranej tematyki, zastosowanego podejścia badawczego
i realizacji przyjętych celów badawczych; drugiej – stanowiącej konkluzję
i rekomendację, co do dalszego postępowania przez Radę Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Wydziału Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej.

I. Charakterystyka recenzowanej rozprawy, ocena dysertacji pod względem obranej tematyki, zastosowanego podejścia badawczego i realizacji przyjętych celów badawczych – uwagi szczegółowe

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Marty Chmury liczy 184 strony i zgodnie z pkt. 3 § 7 Monitora Prawnego Politechniki Śląskiej, poz. 1095, Uchwała nr 43/2023 Senatu Politechniki Śląskiej z dnia 25 września 2023 roku w sprawie Regulaminu w zakresie nadania stopnia doktora, obejmuje zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie 6 artykułów. Szczegółowy wykaz publikacji [A1] – [A6] zawarto w punkcie 1 (str. 11-12). Należy zauważyć, iż są to artykuły opublikowane w wysoko punktowanych czasopismach (zgodnie z Komunikatem Ministra Nauki z dnia 05 stycznia 2024 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych): 5 artykułów po 100 pkt (3 artykuły w czasopiśmie „Acta Bioeng Biomech", 1 artykuł w „Applied Sciences" oraz 1 artykuł w „PLoS One", a także 1 artykuł za 140 pkt (w czasopiśmie „J Neuroeng Rehabil.") – sumarycznie 640 pkt, o łącznym $IF^{(2023)}$= 13,600. Należy zauważyć, że przedłożony zbiór artykułów stanowi opracowania współautorskie, w każdym z nich oprócz Doktorantki, współautorami są także promotor i promotor pomocniczy dysertacji.

W nawiązaniu do pkt.3 § 7 w/w aktu prawnego i zasad przygotowania dysertacji doktorskiej napisanej na Wydziale Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej, a stanowiącej zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów, Doktorantka opracowała: Streszczenie w języku polskim i angielskim (str.1-4), Wykaz publikacji stanowiących rozprawę doktorką (str. 5.), Poszerzone streszczenie w języku polskim (str. 7-42) i angielskim (str. 43-76), Podsumowanie wkładu własnego (str. 77-78), Bibliografię (str. 79-82), Wykaz skrótów (str. 83-84) i Załączniki (str. 85-184). Zgodnie z pkt.3 § 7 w/w aktu prawnego Doktorantka przygotowała poprawnie poszerzone streszczenie w języku polskim i angielskim,

które stanowi nie mniej niż. 10 stron i zawiera w szczególności niezbędne punkty, który zostaną przytoczone poniżej.

Punkt 2.1. *Wprowadzenie* – opisuje w oparciu o 33 pozycje bibliograficzne zakres pracy, w którym przedstawiono motywy podjęcia badań, nakreślono problemy badawcze związane ze zdolnością utrzymywania równowagi jako kluczowego elementu codziennego funkcjonowania człowieka, w szczególności scharakteryzowano zaburzenia w zdolności utrzymywania równowagi, monitorowanie i ograniczanie ich ryzyka, a także różnorodne sposoby, które umożliwiają ocenę zdolności utrzymywania równowagi. Dało to tło do dalszych rozważań i syntetycznej oceny najważniejszych elementów 6 artykułów stanowiących zbiór powiązanych tematycznie opracowań. W tej części pracy Autorka mogła bardziej precyzyjnie uwypuklić lukę badawczą, a także jako syntezę poruszanej tematyki wypunktować najważniejsze problemy badawcze.

Punkt 2.2. *Cel pracy* – koncentruje się na przedstawieniu trzech celów badawczych, a mianowicie:

- „Opracowaniu metodyki prowadzenia pomiarów zdolności utrzymywania równowagi ciała przez człowieka umożliwiających ocenę zmian w strategii kontroli posturalnej jako reakcji na spodziewane i niespodziewane bodźce wytrącające z równowagi.
- Określeniu wpływu wirtualnych i rzeczywistych bodźców wytrącających z równowagi na zjawisko przygotowania posturalnego jako narzędzia do diagnostyki zdolności utrzymywania równowagi ciała przez człowieka.
- Analizie możliwości praktycznego zastosowania metody detekcji chwilowych korekt postawy do oceny zmian w strategii kontroli posturalnej w odpowiedzi na wirtualne i rzeczywiste bodźce wytrącające z równowagi".

Cele te zostały sformułowane poprawnie, umożliwiły przeprowadzenie badań oraz ich publikację w 6 artykułach naukowych przedłożonych w recenzowanej dysertacji. Warto zauważyć, że prezentowane badania dotyczą zarówno teoretycznych aspektów kontroli postawy, w tym opracowanej nowej metodyki analizy danych stabilograficznych, jak i praktycznych zastosowań klinicznych, co podkreśla wysokie walory aplikacyjne pracy doktorskiej.

Punkty 2.3 – 2.9 – obejmują główne wyniki i wnioski, najważniejsze schematy, rysunki, wykresy, tabele przedłożone do recenzji w ramach dysertacji 6 powiązanych tematycznie publikacji [A1-A6]. W szczególności przedstawiono w nich:

2.3 *Analiza przemieszczeń COP i ruchów głowy w odpowiedzi na bodziec generowany w wirtualnej rzeczywistości* [A1] – badania dotyczące weryfikacji czterech celów szczegółowych:

- „określenie czy bodziec wizualny, w postaci symulowanego upadku ze schodów ma wpływ na kontrolę posturalną,
- określenie czy rozszerzenie analiz o analizę częstotliwościową może zwiększyć zakres interpretacji zdolności utrzymywania równowagi w porównaniu do analiz opartych na domenie czasowej,
- określenie czy pomiary ruchów głowy mogą uzupełnić pomiary COP o informacje dotyczące wpływu wprowadzonego wizualnego bodźca wytrącającego z równowagi na zdolność utrzymania równowagi,
- określenie, czy wizualny sygnał ostrzegawczy poprzedzający wystąpienie wizualnego bodźca wytrącającego z równowagi wywoła zmianę w ruchach głowy i przemieszczeniu COP".

W tej części dysertacji Autorka na str. 22 wskazuje, że „W celu odpowiedzi na powyższe pytania zaprojektowano serię badań, w której wzięło udział 10

uczestników (7 kobiet i 3 mężczyzn) o średniej wieku 25 lat i średnim BMI 23 kg/m²". Zasadne byłoby doprecyzowanie i uzasadnienie wyboru próby badawczej – czy była ona reprezentatywna. Badanie przeprowadzono w trzech etapach przy użyciu platformy pomiarowej WinFDM-S oraz zestawu VR HTC Vive. Metodologia przeprowadzonych badań oraz wyniki nie budzą poważniejszych zastrzeżeń, badania dopełnia analiza statystyczna z wykorzystaniem testów nieparametrycznych jednakże należałoby wskazać jakich, a także dokonać argumentacji ich doboru. Pewien niedosyt stanowi przy opisaniu wyników badań brak dyskusji, ogólny opis wniosków, bez wskazania na stopień wypełnienia luki badawczej w poruszanej tematyce.

2.4 *Wpływ aktywności wybranych mięśni kończyny dolnej na poziom zaburzeń równowagi w reakcji na bodziec wytrącający z równowagi* [A2] - stanowi kontynuację wcześniejszych badań nad analizą odpowiedzi motorycznej na zaburzenia wizualne, ale co podkreśla Doktorantka „wprowadza nowe podejście poprzez zastosowanie rzeczywistych zaburzeń równowagi w postaci bodźca destabilizującego w postaci przesuwu podłoża". Zarówno cel główny artykułu, jak i szczegółowe są poprawne, pozwoliły na analizę i ocenę wpływu informacji o czasie wystąpienia rzeczywistego bodźca zaburzającego równowagę na napięcie mięśni kończyn dolnych przed wystąpieniem zaburzenia. Próba badawcza stanowiła 38 uczestników (27 kobiet i 11 mężczyzn) o średniej wieku 23 lat, średnim wzroście 172 cm i średniej masie 70 kg – warto uzasadnić reprezentatywność próby badawczej. Na uwagę zasługują podjęte badania eksperymentalne, wymagające dostosowania do założonych celów stanowiska pomiarowego, które składało się z platformy mierzącej nacisk stóp (WinFDM-S), bieżni do treningu i oceny posturalnych perturbacji (BalanceTutor), umożliwiającej wprowadzenie destabilizujących przemieszczeń podłoża w kierunku AP i ML, bezprzewodowego zestawu do elektromiografii (Ultium EMG) oraz czujników IMU (Ultium Motion). Centralnie na bieżni umieszczono

i sztywno przymocowano platformę stabilograficzną, wraz z czujnikiem IMU w specjalnie zaprojektowanym uchwycie i położonym na pasie bieżni przed platformą. Doktorantka wskazuje także, że „wszystkie systemy były zsynchronizowane za pomocą oprogramowania Noraxon MR3 i platformy M5stack z mikrokontrolerem ESP32". Przedstawione wyniki badań poddano dodatkowo analizie statystycznej Matlab R2022a, dokonując wyboru testu ANOVA Friedmana oraz testu post-hoc Wilcoxona z korektą Holma. Obliczono także korelację Spearmana, argumentując brak normalnych rozkładów w zbiorach uzyskanych danych. Pogłębiona analiza wyników przeprowadzonych eksperymentów o ocenę statystyczną świadczy o bardzo dobrym warsztacie naukowym Autorów opracowania. W zakresie podjętych badań warto zwrócić uwagę na charakterystykę grupy badawczej oraz możliwość prezentacji wyników badań w bardziej jednorodnych grupach badawczych. Należałoby również określić czy parametry antropometryczne i goniometryczne mają wpływ na uzyskane wyniki badań.

2.5 *Wskaźniki giełdowe w badaniach nad równowagą człowieka* [A3] – skoncentrowano się na przedstawieniu próby wykorzystania wskaźnika Moving Average Convergence/Divergence (MACD), związanego z analizą techniczną trendów cen akcji w analizach dotyczących oceny zdolności utrzymania równowagi w świecie rzeczywistym i wirtualnej rzeczywistości. Doktorantka mgr inż. Marta Chmura argumentując zasadność podjęcia badań w tym zakresie wskazuje, że ocena wskaźnika giełdowego, „ma potencjał, aby uzupełnić zarówno analizę w dziedzinie czasu oraz częstotliwości podczas badań w wirtualnej rzeczywistości [A1] oraz podczas analizy przygotowania i kompensacji posturalnej [A2]. Taka analiza powinna umożliwić wykrywanie zarówno cyklicznych komponentów, jak i zmian niecyklicznych w określonym zakresie częstotliwości". W artykule bazując na próbie 83 uczestników przeprowadzono badania eksperymentalne, a następnie na ich podstawie

obliczono wskaźnik MACD. Badania pogłębiono analizą statystyczną w oparciu o test ANOVA Kruskala-Wallisa oraz test post-hoc Dunna. Przyjęta metodyka badawcza oraz planowanie eksperymentu nie budzą poważniejszych zastrzeżeń oraz świadczą o ewaluacji tematyki w celu realizacji przyjętych celów badawczych.

2.6 *Wpływ zaburzeń wizualnych na zmiany trendów w przebiegach przemieszczeń COP* [A4] – charakteryzuje się kontynuacją wcześniej podjętych rozważań w publikacji [A3] z punktem nacisku na możliwości prowadzenia oceny wyników pomiarów prowadzonych w środowisku VR z zaburzeniami poprzez identyfikację liczby korekt posturalnych (TCI) oraz wprowadzenie dodatkowych wskaźników opartych na TCI. Badanie przeprowadzono na próbie 28 uczestników eksperymentu, przy użyciu platformy pomiarowej WinFDM-S oraz zestawu Oculus Rift. Dane pomiarowe zostały przetworzone w oprogramowaniu MATLAB oraz poddane analizie. Do analizy statystycznej wyników, ze względu na brak rozkładu normalnego, użyto testów ANOVA Friedmana oraz post hoc Wilcoxona z korekcją Holma. Uwagi dyskusyjne tej części dysertacji dotyczą w głównej mierze zasadności przyjętego oprogramowania oraz przyjętych testów. Czym kierowała się Doktorantka przyjmując taki sposób prezentacji uzyskanych wyników badań oraz w jaki sposób przyjęta została częstotliwość oscylacji scenerii.

2.7 *Analiza zmian trendu w ocenie równowagi ciała podczas korekt postawy w reakcji na zaburzenie* [A5] - stanowi połączenie badań nad reakcjami posturalnymi w odpowiedzi na zewnętrzy bodziec wytrącający z równowagi [A2] z innowacyjną metodą analizy zmian trendu do zdolności utrzymywania równowagi [A3, A4]. W badaniach eksperymentalnych wzięło udział 38 osób w celu zweryfikowania postawionej hipotezy badawczej: „że wzrost prędkości COP może być wynikiem zmiany strategii utrzymania równowagi, co powinno

znaleźć odzwierciedlenie w zmianach parametrów analizy trendu w sygnale COP, takich jak liczba zmian trendu oraz czas i odległość pomiędzy nimi". W związku z tak postawioną hipotezą badawczą za główny cel badania przyjęto „ustalenie, czy różne warunki podczas badania zjawisk związanych z przygotowaniem posturalnym wpływają na wartości wielkości uzyskanych w czasie analizy trendu". Wyniki badań wskazują, prawidłowe podejście metodologiczne, jednak należ się zastanowić nad wpływem alokacji czujników i elektrod oraz powtarzalności pomiarów i wyników uzyskanych dla wszystkich pacjentów.

2.8 *Analiza zmian trendu w równowadze posturalnej w chorobie Parkinsona* [A6] – ostatni z prezentowanych w cyklu sześciu artykułów obejmuje rozważania w na temat innowacyjnej metody analizy trendu w badaniach zdolności utrzymywania równowagi z wykorzystaniem IMU w grupie osób z chorobą Parkinsona (PD). Badania charakteryzuje duża wartość aplikacyjna, ponieważ mogą przyczynić się w przyszłości do powszechnego stosowania analizy trendu w praktyce klinicznej, umożliwiając bardziej precyzyjne monitorowanie postępów choroby oraz tworzenie nowych metod diagnostyki w oparciu o szczegółowe analizy stabilności posturalnej pacjentów. Warto zauważyć, że podjęte badania prowadzono w zespole międzynarodowym, we współpracy z Uniwersytetem w Kolonii, gdzie zostały wykonane pomiary. Bardzo dokładnie opisano metodologię i rezultaty badań. Prezentowane w dysertacji wnioski są jednak bardzo ogólne, brakuje rekomendacji i opisanych kierunków dalszych badań.

2.9. *Podsumowanie* – przedłożona do recenzji praca stanowi zbiór wyników, wniosków, tez i twierdzeń wypływających zarówno ze studiów i dociekań teoretyczno-metodologicznych, jak i z bezpośrednio prezentowanych badań własnych i analiz empirycznych, a także zdaniem recenzenta bardzo skromne

kierunki dalszych prac badawczych, co również warto zaprezentować szczególnie w tak ciekawej i przyszłościowej tematyce.

Punkt 3, wraz z podpunktami stanowi poszerzone streszczenie w języku angielskim.

Punkt 4. *Podsumowanie wkładu własnego* - Dość oszczędnie Autorka prezentuje treści dotyczące punktu 4, wskazując, że „Wkład własny do niniejszej rozprawy doktorskiej został szczegółowo określony w oświadczeniach dotyczących indywidualnego wkładu procentowego i merytorycznego współautorów, które zostały podpisane przez pierwszego autora lub autora korespondencyjnego w przypadku każdej publikacji będącej częścią pracy zbiorowej". Taki zapis jest bardzo ogólny. Autorka powinna przynajmniej w formie tabelarycznej przedstawić zakres własnych prowadzonych prac i udział % w opracowaniu poszczególnych artykułów stanowiących cykl publikacyjny. Nie wskazano w treści tego puntu, że owe oświadczenia zawarto na stronach 171-181 dysertacji. Według informacji tam zestawionych udział Doktorantki w [A1] stanowi 15%; w [A2] 20%, w [A3] 25%, w [A4] 40%, w [A5] 15% oraz w [A6] 15%. Choć udziały te nie są w większości artykułów bardzo wysokie, to na uznanie zasługuje zakres prowadzonych przez Doktorantkę prac, bowiem w większości artykułów była ona odpowiedzialna za przygotowanie stanowiska badawczego, przeprowadzenie eksperymentów, organizację wyników oraz udział w przygotowaniu manuskryptów. Są to bardzo odpowiedzialne etapy pracy badawczo-naukowej, mające decydujący wpływ na dokładność pomiarów oraz uzyskane wyniki zwłaszcza w części badań eksperymentalnych.

Reasumując, przedstawiona i poddana ocenie struktura pracy doktorskiej została opracowana poprawnie, poszczególne punkty wprowadzają Czytelnika

w badaną tematykę, odnoszą się do tematu zasadniczego dysertacji oraz wskazanych celów, nakreślonych wyników badań i wniosków w poszczególnych artykułach. Doktorantka w sposób właściwy nakreśliła istotność prowadzonych badań, ich wysoce aplikacyjny charakter. Poprawnie starała się wykazać zasadność złożenia cyklu 6 powiązanych ze sobą tematycznie artykułów, które są przemyślanym planem badań. Szkoda, że Autorka nie podjęła się próby zaprezentowania w sposób graficzny etapów prowadzonych badań z uzasadnieniem ewaluacji projektu oraz celów i metodologii badań, co stanowiłoby dodatkowy wkład Autorki w prezentację przeprowadzonych badań.

Podjętą w rozprawie doktorskiej problematykę należy uznać za trafną i aktualną, zarówno z punktu widzenia teoretycznych, jak i praktycznych wartości poznawczych. W opinii recenzenta, konstrukcja i zawartość treściowa dysertacji są poprawne i wyczerpują oczekiwania stawiane pracom doktorskim. Prezentowane badania empiryczne, opracowane nowatorskie koncepcje wymagały dużego zaangażowania Autorów (w tym Doktorantki), aby odpowiednio zaplanować i przeprowadzić badania eksperymentalne, pogłębione także często o badania statystyczne. Część badań własnych nie jest pozbawiona pewnych treści dyskusyjnych, które wskazano powyżej.

Mimo, że dociekania naukowo-badawcze mgr inż. Marty Chmura można ocenić pozytywnie, to rozprawa doktorska, jak każda praca naukowo-badawcza nie jest wolna od pewnych mankamentów i uwag dyskusyjnych.

Recenzent zgłasza następujące uwagi merytoryczne do części empirycznej i wniosków z przeprowadzonych badań:

1) Autorka w opisie badań związanych z symulacją upadku ze schodów zauważa, że standardowa analiza wykonywana w oparciu o wielkości zmierzone za pomocą platformy jest niewystarczająca, natomiast zaobserwowane różnice pojawiały się w sygnałach zmierzonych za pomocą gogli HTC. Nasuwa się pytanie jaki wpływ na otrzymane wyniki miał sam fakt umieszczenia na głowie elementu, który znacznie zmienia

położenie środka masy głowy i czy takie zmiany pojawiłyby się, gdyby umieszczony na głowie czujnik był znacznie mniejszy.

2) W artykułach związanych z badaniem zjawiska APA Autorka wskazuje, że świadomość o mającym nastąpić zaburzeniu wpływa negatywnie na następujący po tym zaburzeniu proces powrotu do równowagi oraz wskazuje, że wyjaśnienie tego można zaobserwować w analizie wyznaczanych chwilowych korekt postawy. Czy mógłbym prosić o szersze omówienie tej obserwacji?
3) Przedstawione badania dla osób z chorobą Parkinsona przeprowadzone zostały dla standardowych testów równowagi podczas stania. Czy Autorka rozważała zastosowanie podobnych pomiarów jak opisane w pracy i związanych z wykrywaniem zjawiska APA u osób z chorobą Parkinsona i czy takie pomiary mogłyby wnieść nową wiedzę możliwą do wykorzystania w diagnostyce i leczeniu tych osób?

Konkludując należy stwierdzić, iż formalna strona pracy nie nasuwa poważniejszych zastrzeżeń, jakkolwiek Autorka nie ustrzegła się od drobnych błędów stylistycznych i interpunkcyjnych. Przypisy prawidłowo określają wykorzystane źródła, a rysunki ilustrują przeprowadzone badania. Kompozycja strukturalna pracy jest logiczna i przejrzysta. Układ poszczególnych punktów wyraźnie nawiązuje do podziału dysertacji na części zgodnie z pkt 3 § 7 Monitora Prawnego Politechniki Śląskiej, poz. 1095, Uchwała nr 43/2023 Senatu Politechniki Śląskiej z dnia 25 września 2023 roku w sprawie Regulaminu w zakresie nadania stopnia doktora. Sposób prowadzenia wywodu myślowego jest logiczny i bardzo uporządkowany. Należy zaakcentować, że dysertacja mimo wskazanych uwag charakteryzuje się komunikatywnym, gładkim językiem, a omawiane w nich kwestie i pojęcia są w większości poprawnie wyjaśnione. Zawartość merytoryczna poszczególnych punktów jest adekwatna do ich tytułów. Ogólna ocena zastosowanego podejścia badawczego jest pozytywna, aczkolwiek z pewnymi w/w zastrzeżeniami. Doktorantka wykazała się

wystarczającą zdolnością przygotowania i przeprowadzenia badań (literaturowych, doświadczalnych oraz statystycznych), a także umiejętnością prawidłowego wnioskowania w oparciu o uzyskane wyniki.

II. Konkluzja i rekomendacja

Charakterystyka rozprawy wraz z uwagami pozwala stwierdzić, iż przedłożone do recenzji dzieło mgr inż. Marty Chmury pt. „*Ocena zmian wybranych mechanizmów kontroli posturalnej w odpowiedzi na rzeczywiste i wirtualne bodźce prowadzące do wytrącenia z równowagi*", stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w oparciu o cykl 6 powiązanych tematycznie artykułów naukowych. Zawarte w pracy treści w istotny sposób przyczyniają się do wypełnienia luki poznawczej w zakresie oceny zmian wybranych mechanizmów kontroli posturalnej na bodźce prowadzące do wytrącenia z równowagi, mają także charakter aplikacyjny. Kompozycja strukturalna i źródła literaturowe nie budzą istotnych zastrzeżeń. Pragnę podkreślić, że przedstawione w recenzji pewne uwagi merytorycznie i kwestie dyskusyjne nie obniżają w najmniejszym stopniu wartości naukowej całej rozprawy doktorskiej.

Reasumując, w ocenie recenzenta, mgr inż. Marta Chmura opanowała ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie Inżynieria biomedyczna oraz umiejętność prowadzenia badań naukowych, a recenzowana dysertacja spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim w świetle Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j.Dz.U. z 2023r. poz. 742 z późn. zm.).

Recenzent rekomenduje przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr inż. Marty Chmury pt. „*Ocena zmian wybranych mechanizmów kontroli posturalnej w odpowiedzi na rzeczywiste i wirtualne bodźce prowadzące do wytrącenia z równowagi*", napisanej na Wydziale Inżynierii Biomedycznej Politechniki

Śląskiej pod kierunkiem naukowym dr hab. inż. Jacka Jurkojcia prof. PŚl oraz promotora pomocniczego dr inż. Piotra Wodarskiego, przez Radę Dyscypliny Wydziału Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej oraz dopuszczenie mgr inż. Marty Chmury do publicznej obrony przedłożonej dysertacji.

Dr hab. inż. Arkadiusz Szarek, Prof. PCz

[KTA]
Katedra Technologii i Automatyzacji - Wydział Inżynierii Mechanicznej
Politechnika Częstochowska
ul. Armii Krajowej 21, 42-201 Częstochowa
tel. +48 34 325 05 09, e-mail: sekretariat.kta@pcz.pl
www.wim.pcz.pl