

Warszawa, 6 marca 2023

prof. dr hab. inż. Roman Szewczyk
Politechnika Warszawska, Wydział Mechatroniki
ul. św. A. Boboli 8
02-525 Warszawa
email: roman.szewczyk@pw.edu.pl, tel. 609 46 47 41

Recenzja pracy doktorskiej pt.:

„Konstrukcja komparatora masy o rozdzielczości 10 ng ze zmodyfikowanym elektromagnetycznym przetwornikiem siły”

Autor: mgr inż. Michał Solecki

Promotor: dr hab. inż. Tadeusz Szumiata, prof. UTH

prowadzonej na Wydziale Mechanicznym Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu

1. Wstęp

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Michała Soleckiego została wykonana na zlecenie Rektora Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu z dnia 2.02.2023.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy, ocena tematu i celu pracy

Przedstawiona praca doktorska jednoznacznie wpisuje się w obszar dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna. Obejmuje ona zagadnienia z zakresu mechaniki i konstrukcji maszyn oraz metrologii.

Tematyka pracy związana jest z rozwojem konstrukcji komparatora masy o rozdzielczości 10 ng, ze zmodyfikowanym elektromagnetycznym przetwornikiem siły. Opracowany układ komparatora jest niewątpliwie jednym z komparatorów ręcznych o najwyższej rozdzielczości wśród komparatorów tego typu opracowanych na świecie. Dodatkowo, na podkreślenie zasługuje fakt, że opracowywane w ramach rozprawy doktorskiej rozwiązania konstrukcyjne komparatora były przewidziane do wdrożenia komercyjnego w komparatorach oferowanych na rynku przez pracodawcę Doktoranta – firmę RADWAG. Wdrożenie to z powodzeniem zrealizowano do chwili przygotowania niniejszej recenzji.

Z tego względu temat pracy należy uznać za aktualny i ważny, przede wszystkim z punktu widzenia badań stosowanych oraz rozwoju polskich rozwiązań zaawansowanej techniki wag

Straymetan, dn. 08.03.2023

L. dz.

Selekcja Rozwoju Kariery Naukowej

laboratoryjnych. Ponadto stwierdzam, że zakres pracy doktorskiej jest ambitny, a jakość zaproponowanego i zwalidowanego w trakcie badań rozwiązania konstrukcyjnego, potwierdza światowy poziom rozprawy doktorskiej.

3. Merytoryczna ocena pracy

W pracy wprost przedstawiono tezę naukową, co świadczy o konserwatywnym podejściu zarówno Doktoranta jak i Promotora do struktury pracy doktorskiej w obszarze nauk inżynieryjno-technicznych. Praca składa się z sześciu rozdziałów, których struktura jest klarowna, a powiązanie logiczne pomiędzy poszczególnymi elementami pracy nie budzi zastrzeżeń.

W rozdziale drugim pracy dokonano wyczerpującego przeglądu stanu wiedzy w zakresie pomiarów masy oraz konstrukcji komparatorów. Przegląd ten w niektórych miejscach wydaje się zbyt szczegółowy. Przykładowo Autor przedstawia definicje błędów pomiarowych (rozdział 2.2.1), co wydaje się zbędne w rozprawie doktorskiej. Równocześnie Autor nie wskazał, że dokładność pomiaru jest pojęciem jakościowym, a nie ilościowym. W części dotyczącej współczynników rozszerzenia, Autor prześlizguje się po kluczowym problemie doboru współczynnika rozszerzenia (rozdział 2.3.6) w odniesieniu do podjętego zagadnienia metrologicznego nie precyzując, czy współczynnik ten powinien wynosić 1, 2 czy 3 i dlaczego. Uprzejmie proszę o wyjaśnienie tego problemu w trakcie obrony. Omawiając problemy zastosowania mostka Wheatstone'a (rozdział 2.4.1) nie omówiono zagadnień pomiarów z wykorzystaniem mostków zrównoważonych i niezrównoważonych, a także nie doprecyzowano, z czego wynikają ograniczenia zastosowania wysokoczułych tensometrów półprzewodnikowych. Uprzejmie proszę o wyjaśnienie także tych zagadnień w trakcie obrony. W przeglądzie stanu wiedzy w sposób pobieżny omówiono konstrukcję i główne problemy metrologiczne związane z magnetoelektrycznym układem pomiarowym w wagach, który ma kluczowe znaczenie dla ocenianej rozprawy doktorskiej. Pomimo wskazanych uchybień w przeglądzie stanu wiedzy stwierdzam, że jest on wnikliwy, szeroki i odnosi się do najnowszego stanu wiedzy naukowej i technicznej, a także że potwierdza szeroką wiedzę Doktoranta w obszarze ocenianej rozprawy doktorskiej.

W rozdziale trzecim Doktorant przedstawił kluczowy dla rozprawy doktorskiej proces modyfikacji konstrukcji układu komparatora. W rozdziale tym przedstawiono konstrukcję zawieszek i omówiono rozwiązanie kluczowego problemu w zakresie doboru materiału. W analizie uwzględniono odporności i wytrzymałości mechanicznej oraz mało znany z naukowego punktu widzenia problem chłonięcia wilgoci przez materiał. Przedstawiono także zoptymalizowaną konstrukcję dźwigni przełożenia. Uprzejmie proszę, aby w trakcie obrony rozprawy doktorskiej Doktorant przedstawił informację, według jakich kryteriów i według jakiej procedury przebiegał proces optymalizacji. W rozdziale tym omówiono także zagadnienia doboru magnezu w magnetoelektrycznym układzie pomiarowym, który ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia niepewności długotrwałych pomiarów. W końcowej części rozdziału przedstawiono unikatowe wyniki badania chłonności cewek, które

umożliwiły ograniczenie wpływu wilgotności na wyniki pomiarów o ulrawysokiej rozdzielczości.

Rozdział czwarty zawiera szczegółowe wyniki badania wybranych parametrów metrologicznych opracowanego komparatora. Wyniki te uwzględniają zarówno stabilność krótkoterminową jak i długoterminową (okres 8 miesięcy) opracowanego komparatora. Badania zrealizowano zgodnie praktyką stosowaną przy produkcji i ocenie wag laboratoryjnych. Rozdział czwarty przedstawia wzorowo wykonaną część pracy i nie budzi żadnych wątpliwości. W wyniku zrealizowanych pomiarów Doktorant potwierdził, że opracowany komparator umożliwia pomiary z zakładaną rozdzielczością 10 ng oraz odchyleniem standardowym rozrzutu wskazań nieprzekraczającym 200 ng w zakresie badania. Uzyskane wyniki potwierdzają, że opracowany komparator jest konstrukcją wiodącą na świecie w klasie ręcznych komparatorów laboratoryjnych.

W rozdziale piątym i szóstym przedstawiono wnioski oraz kierunki dalszych badań. Doktorant potwierdził prawdziwość tezy rozprawy oraz wskazał potencjalne obszary zastosowań opracowanego komparatora jako niezbędnego urządzenia laboratoryjnego w momencie zastosowania wag Watta-Kibble'a do pomiarów wzorców odniesienia. Kierunki dalszych prac wskazano w sposób dość ogólny, podkreślając jednak konieczność prac ukierunkowanych na zachowanie spójności pomiarowej po redefinicji wzorca kilograma.

Należy podkreślić, że przedstawione w recenzji uwagi mają charakter uzupełniający. Nie zmieniają one mojej wysokiej oceny wartości merytorycznej przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej.

4. Ocena redakcyjnej strony rozprawy

Praca przygotowana jest starannie, z dużą dbałością o jakość edycyjną. Jednak Doktorant nie ustrzegł się uchybień językowych i redakcyjnych, które nie obniżają jakości naukowej pracy, lecz utrudniają jej lekturę. W szczególności:

- „Rysunek 2. Schemat działania wagi szalkowej” jest dość trywialny i nie wydaje się konieczny w rozprawie doktorskiej. Równocześnie rysunek 4 przedstawia wagę sprężynową w sposób, który nie wyjaśnia istoty jej działania.
- równanie 2 jest ewidentnie błędne,
- str. 28: określenie „g – grawitacja w miejscu ważenia” jest niespójne z definicją g np. na str. 23,
- warto zauważyć, że równanie 7 określa estymator odchylenia standardowego, a nie odchylenie standardowe,
- podpis rysunku 16 zawiera błąd w nazwisku twórcy omawianego mostka,

- rysunek 17 łamie zasady przedstawiania schematu blokowego, łącząc bloki funkcjonalne i przepływ informacji z rysunkami schematycznymi,

- rysunek 64 z pewnością ma dla Autora wartość sentymentalną, jednak nie jest adekwatny, jako rysunek w rozprawie doktorskiej.

Pomimo wskazanych powyżej, drobnych uchybień redakcyjnych, należy podkreślić, że Doktorant w sposób ścisły i z dużą dbałością o poprawność operuje w pracy przyjętą terminologią naukową i nazewnictwem fachowym. Jest to bardzo ważne w odniesieniu do prac w dziedzinie nauk technicznych i świadczy o dojrzałości naukowej Doktoranta.

5. Wniosek końcowy

Podsumowując szczegółową część opinii o rozprawie Pana mgr. inż. Michała Soleckiego stwierdzam, że:

- Zagadnienie naukowe podjęte przez Doktoranta mieści się w obszarze dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna oraz zostało wybrane i sformułowane prawidłowo.
- Cel pracy został przez Doktoranta osiągnięty a teza pracy potwierdzona. Realizacja założonych celów pracy doktorskiej stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w zakresie dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna.
- Realizując pracę Doktorant wykazał się samodzielnością oraz umiejętnością organizowania badań doświadczalnych, a także wiedzą o charakterze specjalistycznym.
- Wyniki prac opisanych w rozprawie doktorskiej poszerzają stan wiedzy w zakresie konstrukcji i badania ręcznych komparatorów laboratoryjnych. Stanowią także ważny element rozwoju technicznego. Komercjalizacja wyników pracy doktorskiej umożliwi krajowej firmie produkcyjnej RADWAG zajęcie pozycji jednego z globalnych liderów w konstrukcji komparatorów masy ultrawysokiej rozdzielczości.
- Wyniki przedstawione w rozprawie doktorskiej zastały opublikowane w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym i najwyższej możliwej punktacji (Precision Engineering, 200 pkt.) na liście Ministra Edukacji i Nauki. Potwierdza to w sposób obiektywny wysoką jakość naukową rozprawy doktorskiej.

Stwierdzam, iż rozprawa mgr. inż. Michała Soleckiego spełnia warunki Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki wraz z późniejszymi zmianami, oraz stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Ze względu potencjał aplikacyjny rozprawy doktorskiej oraz duże znaczenie dla polskiego przemysłu zaawansowanych technologii, jak również ze względu na potwierdzenie jakości naukowej pracy publikacją w czasopiśmie o najwyższym prestiżu, wnoszę o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Michała Soleckiego.

Szeuclzy