

Prof. dr hab. inż. Dariusz Ozimina
Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach
Al. 1000-Lecia Państwa Polskiego 7
25-314 Kielce

Kielce, 30.09.2022 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej pplk. mgr inż. Jarosława JUDY

pt. "Eksperymentalne badania właściwości elektoreologicznych olejów smarujących zawierających ciecz jonową" wykonana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie na podstawie decyzji z dnia 12 lipca 2022 r.

1. Wprowadzenie

Praca doktorska mgr inż. Jarosława Judy przedstawiona jest na 182 stronach i zawiera materiał faktograficzny prezentowany na 101 rysunkach oraz 27 tabelach. Obejmuje ona 14 rozdziałów, która zakończona jest częścią bibliograficzną zawierającą 132 pozycje literaturowe oraz dorobkiem naukowym 8 poz. współautorskich Doktoranta oraz informacją o kierowaniu pracą GD/721/2012 nt. Badanie i ocena właściwości elektoreologicznych olejów smarowych.

Tytuł przedstawionej rozprawy pt. „Eksperymentalne badania właściwości elektoreologicznych olejów smarujących zawierających ciecz jonową”, w przeważającej części koresponduje z treścią zawartą w pracy. Układ pracy jest typowy dla tego rodzaju opracowań obejmuje: wprowadzenie, część studyjną zawierającą podstawy elektoreologii, charakterystykę cieczy jonowych oraz podsumowanie i wnioski programowe /część teoretyczna/, cel i tezy pracy, zakres i metodyki badań, wyniki badań własnych oraz ich analiza, podsumowanie wyników badań własnych, wnioski końcowe i prognozy - perspektywy rozwoju tematyki /część eksperymentalna/ oraz spis literatury, wykaz tabel i rysunków, abstract, które poprzedzone zostały wykazem najważniejszych skrótów i symboli zastosowanych w opracowaniu. Dodatkowo do opracowania dołączono załączniki stanowiące dokumentację Urzędu Patentowego RP dotyczącą udzielenia Prawa Ochronnego na wzór użytkowy pt. Zestaw Badawczy z 2017 roku oraz wykaz dorobku naukowego związanego z Rozprawą Doktorską.

Rysunki oraz tabele zamieszczone w pracy są przygotowane i opisane prawidłowo. Pod względem formalnym rozprawa została opracowana poprawnie, jej struktura odpowiada przyjętym zasadom a treść poszczególnych rozdziałów rozmieszczona zgodnie z postawionymi celami. Recenzowana praca, dotyczy problematyki powiązanej z zagadnieniami fizykochemii, zjawiskami i procesami triboelektrycznymi, zachodzącymi na granicy faz, ciecz – ciecz, ciecz – metal oraz przemianami energii mechanicznej, elektrycznej i ciepła.

Zatem tematyka niniejszej rozprawy dodatkowo ma charakter interdyscyplinarny, jest nowoczesna, aktualna i potrzebna.

2. Charakterystyka rozprawy

Przedmiotem opiniowanej rozprawy była identyfikacja wpływu zjawisk i procesów triboelektrycznych w układach modelowych na funkcjonowanie badanych systemów, stanowiąca materiał do badań modelowych efektywności eksploatacyjnej elementów składowych obiektów technicznych.

Podstawowym celem pracy było zbadanie i określenie wpływu energii elektrycznej oraz zakresu funkcjonowania w zewnętrznym polu elektrycznym wytworzonych kompozycji olejów smarowych z dodatkiem wybranych cieczy jonowych.

Wszelkie działania podjęte przez Doktoranta ukierunkowane są na określenie efektywnych wskaźników elektroteologicznych i warunków brzegowych badanych układów, przy uwzględnieniu różnych parametrów prowadzonych badań.

Cel pracy został sformułowany prawidłowo i zawiera przede wszystkim aspekty naukowo-badawcze, które mogą mieć również charakter użytkowy.

Doktorant uzasadniając celowość prowadzenia badań wskazał w sposób przekonujący, konieczność oraz perspektywy praktycznego ich zastosowania we współczesnej technice eksploatacyjnej. Potwierdzeniem tych zastosowań są dotychczasowe badania w zakresie możliwości ich wykorzystania przedstawione w części teoretycznej opracowania.

Powiązanie tych informacji z wiedzą obejmującą inżynierię powierzchni (materiał i SGP elementów maszyn) układów pracujących w skojarzeniu tarciovym może stworzyć podstawy do skonstruowania wysoce zintegrowanego układu o dużych możliwościach wykorzystania rezultatów badań, zawartych w przedmiotowej dysertacji, w nowoczesnych systemach eksploatacyjnych.

Metodyka badań eksperymentalnych, w tym zakres i program badań własnych prowadzący do realizacji jego podstawowych celów, wymienionych w dysertacji jest poza drobnymi wyjątkami, klarowny.

Doktorant zapisując cel jak i określając zakres pracy, przy ich formułowaniu miał pełną świadomość znaczenia tej problematyki dla współczesnej techniki eksploatacyjnej.

Potwierdzeniem tego jest materiał zaprezentowany w części teoretycznej i opracowany przez Doktoranta w postaci *Algorytmu realizacji rozprawy doktorskiej i badań własnych*, (rys.25,s.57).

Kandydat na podstawie analizowanej literatury stwierdził, że omawiana problematyka jest bardzo złożona i trudno wyjaśnić w sposób jednoznaczny naturę zjawisk i procesów związanych z funkcjonowaniem cieczy elektoreologicznych. Związane jest to zapewne z faktem, że w technice eksploatacyjnej a także w przyrodzie (która na obecnym poziomie rozwoju techniki jest wzorcem trudnym do pełnego naśladowania) mamy do czynienia z cieczami homogenicznymi o właściwościach elektoreologicznych. W kontekście tych informacji, przedstawione w dysertacji wyniki badań i ich interpretacje oraz przedstawione w przeanalizowanej literaturze, posiadają niewątpliwie duży ładunek nowych idei i hipotez jednak nie w pełni udowodnionych, ale o dużym potencjale rozwojowym. Dlatego też, Kandydat w podsumowaniu i wnioskach programowych zagadnienia te, w sposób precyzyjny zapisał oraz uzasadnił cel zastosowania cieczy jonowych, jako potencjalnych substancji, które ze względu na swoje właściwości, mogą umożliwić wytworzenie homogenicznej cieczy o właściwościach elektoreologicznych (str. 54).

Według mojej oceny, dobrze uzasadniony tok przemyśleń Doktoranta, przedstawiony w opracowaniu jest jego własnym osiągnięciem, stanowiącym solidną podstawę do sformułowanej Tezy, Celów Rozprawy oraz zaplanowanego zakresu badań.

Doktorant podzielił opracowanie na dwie zasadnicze części.

Pierwsza z nich, poprzedzona krótkim wstępem, to część teoretyczna. Przedstawia ona zagadnienia obejmujące wybrane problemy dotyczące cieczy elektoreologicznych oraz genezę z której wynikał temat pracy.

Następnie przedstawione zostały podstawowe definicje i informacje ogólne, powszechnie znane, stanowiące klasykę omawianej problematyki, które nie wnosząc nowych informacji do opracowania, mogłyby być pominięte bez wpływu na wartość treści zawartych w dobrze przygotowanej dysertacji.

Dopiero informacje o modelach układów elektoreologicznych, właściwościach cieczy homo- i heteroreologicznych, przedstawiają wartościowy materiał, stanowiący bardzo dobrą podstawę do dalszych rozważań związanych z częścią eksperymentalną niniejszego opracowania.

Część ta zakończona jest podsumowaniem i wnioskami programowymi wynikającymi z analizy literatury ale niektóre z nich są dyskusyjne lub niejednoznacznie sformułowane.

Opisane są w tej części także techniki badawcze, które Doktorant wykorzystywał podczas realizacji zadań wynikających z planu pracy.

Treści zawarte w tej części pracy wskazują na znaczne odczytanie i dobre przygotowanie metodyczne Autora. Ma ona jednak w części charakter sprawozdania z przeczytanej lektury. Natomiast od analizy stanu wiedzy o problemie stanowiącym przedmiot rozprawy doktorskiej oczekuje się przede wszystkim wyrażenia osobistego stosunku Autora do uzyskanych informacji, a więc krytyki i odróżnienia wiedzy od niewiedzy. Takie ujęcie materiału bibliograficznego według oceniającego pracę w tej części dysertacji jest reprezentowane w ograniczonym zakresie.

Druga część pracy, to część eksperymentalna, w której prezentowany materiał jest bardzo wartościowy, z perspektywą zastosowań w obszarze techniki eksploatacyjnej.

Konstrukcja pracy w tej części została podporządkowana warunkom sprzyjającym realizacji zadań wynikających z zakresu prowadzonych eksperymentów i jest spójna w obszarach tematycznych z częścią teoretyczną.

Doktorant posiadając dużą wiedzę teoretyczną oraz w zakresie technik badawczych samodzielnie zrealizował zadania wynikające z programu pracy. Opracował program uwzględniający sposób inwentaryzacji, archiwizowania i obróbki wyników badań, którego odzwierciedleniem jest obszerny materiał zaprezentowany w przedstawionej dysertacji.

Drugą część pracy oceniam szczególnie pozytywnie. Uważam, że przyjęty przez Autora zakres badań eksperymentalnych, sformułowany w sposób logiczny, zapewniał realizację założeń wynikających z programu oraz osiągnięcie podstawowych celów zawartych w pracy doktorskiej.

Kandydat w swojej pracy skoncentrował się przede wszystkim na określeniu wpływu zewnętrznego pola elektrycznego (ładunków elektrycznych) na zmiany lepkości (tarcie wewnętrzne) z ukierunkowaniem na zmniejszenie zużycia energii mechanicznej w badanych układach i w tym zakresie odniósł sukces.

W wyniku przeprowadzonych badań Doktorant stwierdził, że w warunkach modelowych, wytypowane podczas badań, kompozycje olejów smarowych zawierające ciecze jonowe o zróżnicowanej budowie, *tetrafluoroboran 1-metylo-3-oktyloksymetyloimidazoliowy* oznaczony w opracowaniu **symbolem CJ001** oraz *triheksyloteradecylofosfonium bis(trifluorometylosulfonylowy)* **CJ008**, wykazują właściwości homogenicznych cieczy elektoreologicznych ER, które umożliwiają sterownie lepkością za pomocą zewnętrznego

poła elektrycznego (zmiennych parametrów prądowych). Przedstawione ustalenie stanowiło podstawę do realizacji dalszych badań i wpisuje się to do osiągnięć własnych Doktoranta.

Wprowadzenie ww. dodatków modyfikujących do modelowych kompozycji ER, zwiększa możliwości sterowania lepkością badanego medium czyli tarcie wewnętrzne a tym samym i zewnętrzne, które występują w systemach eksploatacyjnych.

Dlatego, według opiniującego, wyczuwa się brak przeprowadzenia podstawowych badań tribologicznych (tarcie zewnętrzne) dla najlepszych, wytypowanych kompozycji płynów elektroteologicznych ER, zawierających dodatki w postaci cieczy jonowych.

Wyniki takie, wpłynęłyby na zwiększenie atrakcyjności pracy, tym bardziej, że praca ukierunkowana jest na zastosowania płynów ER w technice eksploatacyjnej.

Zresztą, Doktorant w dysertacji wspominał o celowości przeprowadzenia takich badań.

Właściwości elektroteologiczne płynów są ważne dla prawidłowego funkcjonowania systemów eksploatacyjnych. Doktorant we wnioskach ogólnych w sposób wyraźny to uzasadnił.

Na podstawie tych stwierdzeń, należy docenić rzetelność Doktoranta w zakresie oceny uzyskanych rezultatów badań. Przedstawione uwagi traktuję jako dyskusyjne i w konsekwencji, nie mające wpływu na pozytywną ocenę wykonanej pracy naukowej.

Natomiast chciałbym dodatkowo podkreślić, że każda praca naukowa na temat identyfikacji wpływu zjawisk i procesów triboelektrycznych w systemach eksploatacyjnych jest bardzo cenna. W literaturze naukowej zarówno światowej jak i krajowej niewiele jest takich opracowań.

Wynika to z faktu, że są to badania trudne, kosztowne oraz wymagające do ich realizacji specjalistycznej aparatury.

Dlatego też, pomimo pewnych niedoskonałości zauważonych w opracowaniu, pozytywnie oceniam przedstawioną pracę doktorską mgr inż. Jarosława Judy.

3. Uwagi i zapytania

Oceniając stronę edytorską opracowania, należy podkreślić, że praca napisana została poprawnym językiem polskim i jest wartościowa, bardzo dobra pod względem merytorycznym i redakcyjnym. Poglądy naukowe Doktoranta zostały przedstawione w pracy w sposób jasny i przejrzysty. Zawarty w pracy materiał faktograficzny jest obszerny a zaplanowane i przeprowadzone badania były z pewnością czasochłonne i wymagały odpowiedniej determinacji oraz konsekwencji w procesie ich realizacji. Wprowadzoną przez Doktoranta systematykę w numeracji wzorów i równań matematycznych oceniam pozytywnie, ponieważ

ułatwia to posługiwanie się tekstem. W czasie zapoznawania się z treścią rozprawy, zauważyłem niewielkie uchybienia redakcyjne, mało istotne błędy stylistyczne, powtórzenia numeracji wzorów, brak podania roku publikacji w spisie literatury, które w mojej ocenie nie mają wpływu na wartość merytoryczną rozprawy.

Podczas analizowania wyników badań oraz podsumowania i wniosków przedstawionych w rozprawie, zrodziły się określone wątpliwości. Dlatego też proszę o ustosunkowanie się do następujących kwestii:

1. Proszę wyjaśnić czy właściwości cieczy jonowych stosowanych jako dodatki funkcjonalne do olejów smarowych mają wpływ na właściwości elektoreologiczne badanych mediów,
2. Czy opisany w części teoretycznej model elektrycznej warstwy podwójnej a także zjawiska elektrokinetyczne mogły mieć wpływ na zmiany właściwości elektoreologicznych badanych kompozycji podczas prowadzonych eksperymentów,
3. Proszę wyjaśnić jakie czynniki, oprócz ładunków elektrycznych i polaryzacji zewnętrznej, mogą mieć wpływ na zmiany lepkości cieczy elektoreologicznych ,
4. W opracowaniu stwierdziłem brak analizy literatury opublikowanej w ostatnich latach.

Pomimo przedstawionych uwag, rozprawę oceniam pozytywnie, zarówno w aspekcie poznawczym, metodologicznym a także utylitarnym.

Przedstawiona do oceny dysertacja, dotyczy wiedzy aktualnej i wnosi nowe treści o znaczących walorach naukowych oraz aplikacyjnych, o dużym potencjale rozwojowym.

4. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa posiada logiczną konstrukcję, typową dla prac naukowych bazujących na eksperymencie. Doktorant wykazał się oryginalnym podejściem do prezentowanych zagadnień oraz sformułowaniem problemu naukowego.

Praca jest świadectwem dobrego metodycznego przygotowania Doktoranta oraz przykładem właściwego rozwiązywania zagadnień badawczych, potwierdzającą jego dużą dojrzałość naukową. Określony przez Doktoranta zakres badań został wykonany, a postawiony cel osiągnięty.

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Jarosława Judy, potwierdza ogólną wiedzę Doktoranta w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowo-badawczej. Natomiast zaprezentowany w rozprawie materiał badawczy jest oryginalnym osiągnięciem Doktoranta i posiada znaczące walory poznawcze, metodologiczne i aplikacyjne.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska Pana mgr inż. Jarosława Judy pt. *Eksperymentalne badania właściwości elektroteologicznych olejów smarujących zawierających ciecz jonową*, reprezentuje wysoki poziom naukowy i spełnia podstawowe wymagania zawarte w Ustawie o Stopniach i Tytule Naukowym, art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku, Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. z 2018 roku, poz. 1668).

Wobec powyższego wnioskuję o dopuszczenie Doktoranta Pana mgr inż. Jarosława Judy do publicznej obrony.

