

Prof. dr hab. inż. Stanisław Radkowski  
Politechnika Warszawska  
Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych  
Ul.Narbutta 84  
Warszawa

Borzęcin Mały 17.12.2025r

### Recenzja rozprawy doktorskiej

**pt. Metoda poprawy energooszczędności i sprawności urządzeń AGD**

**autor: mgr inż. Maciej Mazur**

**promotor: dr hab.inż Wojciech Skarka prof.nzw. Pol. Śl.**

**promotor pomocniczy: dr Damian Kądziaława**

**Opiekun pomocniczy dr Andreas Pleschinger**

### Podstawa prawna sporządzenia recenzji

Pismo dr hab. inż. Alicji Piaseckiej-Belkhat prof. PŚ, Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Politechniki Śląskiej w Gliwicach numer RDIME.512.77.2025 z dnia 23 października 2025 dotyczące opracowania recenzji w postępowaniu w sprawie opracowania recenzji pracy doktorskiej Pana mgr inż. Macieja Mazura zatytuowanej:

**Metoda poprawy energooszczędności i sprawności urządzeń AGD .**

Zgodnie z art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki (t.j. Dz.U. 2017 poz. 1789, dalej jako: u.s.n.), mającego zastosowanie w sprawie w związku z art. 175 ust. 1 Przepisów wprowadzających ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z 3.7.2018 r. (Dz.U. 2018 r. poz. 1669),

Biuro Dziekana

wpłynęło dnia 30.12.2025  
RDJMe/269/511/2025  
nr ..... zał. ....

recenzent ocenia, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz dowodzi ogólnej wiedzy teoretycznej doktoranta w zakresie inżynierii mechanicznej, a także umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Zgodnie z art. 12 ust. 1 u.s.n. kryteria formalne to: posiadanie tytułu zawodowego magistra inżyniera zdane egzaminy doktorskie, przedstawiona i obroniona rozprawa doktorska. Kryteria te są poza zakresem oceny dokonywanej przez recenzenta w przewodzie doktorskim, którego uwaga winna się koncentrować na ocenie rozprawy doktorskiej.

Natomiast kryterium merytoryczne, uzasadniające nadanie stopnia doktora, dotyczy właśnie rozprawy doktorskiej. Przede wszystkim powinna ona stanowić **oryginalne rozwiązanie**

**problemu naukowego** (co znajduje wyraz w postawionej w niej tezie lub tezach

szczegółowych), dowodzić **ogólnej wiedzy teoretycznej** doktoranta w zakresie inżynierii mechanicznej, a także **umiejętności prowadzenia samodzielnie pracy naukowej**. Z perspektywy tych właśnie kryteriów zostanie oceniona rozprawa doktorska przedstawiona przez Kandydatkę. Recenzja sporządzona została na podstawie oceny rozprawy doktorskiej przedłożonej przez wnioskodawczynię. Praca liczy 158 stron, w tym spis treści oraz oraz zawierającą 154 pozycji bibliografię, spis ilustracji, spis tabel oraz skrótów.

Autor nie zamieścił streszczeń.

### **Uzasadnienie podjęcia problemu badawczego przedstawionego w dysertacji**

Przedstawiona do recenzji rozprawa jest obszernym omówieniem szeregu istotnych zagadnień ważnych dla urządzeń i systemów AGD. Takie ujęcie pozwala Autorowi dodatkowo analizować przyjęte rozwiązania i formułować wnioski co do dalszych prac i kierunków badań oraz niezbędnych zmian organizacyjnych w całym cyklu produkcyjnym. Autor zwraca uwagę, że dla zapewnienia pełnego przejścia od prototypu do produkcji masowej należy zaciśnąć współpracę szczególnie z producentami oraz instytutami badawczymi, co powinno skutkować się opracowaniem odpowiednich standardów i procedur certyfikacyjnych dla tych urządzeń ADG, a tym samym zwiększyć możliwości współpracy z konsumentami i zapewnić bardziej efektywne wdrożenie technologii na rynkach europejskich i globalnych. Analizując szerzej, przedstawione zagadnienia, Autor eksponuje je w poszczególnych rozdziałach pracy.

W rozdziale pierwszym, który jest wprowadzeniem do problematyki badań skupia się na zagadnieniach uwarunkowań prawnych i przedstawieniu przedmiotu badań oraz zakresie

pracy. W rozdziale drugim poświęconym przeglądowi literatury i ocenie stanu wiedzy omawia możliwość i dostępność rozwiązań przemysłowych ze szczególnym uwzględnieniem luk technologicznych i wskazaniem konieczności podjęcia określonego zakresu badań. Odpowiednio w rozdziale trzecim Autor skupia się na doborze materiału do wymienników ciepła i przedstawia kryteria selekcji stopów metali i kompozytów. Szczególną uwagę poświęca badaniu przewodności ciepła i odporności na korozję, dodatkowo analizując zagadnienia zgodności chemicznej z detergentami. Wyniki badań laboratoryjnych są tutaj uwzględnione jako potwierdzenie wymaganych własności mechanicznych.

W rozdziale czwartym, poświęconym opracowaniu innowacyjnych rozwiązań w urządzeniach AGD, Autor wychodząc z założeń konstrukcyjnych, przedstawia i analizuje trzy autorskie rozwiązania: przeciwaprądowego wymiennika w bocznej ścianie zmywarki, wymiennika wokół stojana silnika BLDC oraz modułowego układu odzysku ciepła. Równolegle analizuje ograniczenia dla poszczególnych wariantów, wychodząc z możliwości zachowania potencjalnych zalet. W rozdziale piątym, poświęconym omówieniu metodyki, przedstawione są założenia i narzędzia symulacji CFD a także opis konstrukcji i konfiguracji stanowiska badawczego, procedur laboratoryjnych oraz zagadnień rejestracji i analizy danych pomiarowych

W rozdziale szóstym przedstawiono nowy, istotny kierunek współczesnych badań zarówno w aspekcie naukowych jak i przemysłowym, którego celem jest rozwój energooszczędnych rozwiązań technologicznych w urządzeniach gospodarstwa domowego. W rozdziale siódmym przeprowadzono krytyczną analizę wyników i dokonano oceny uzyskanej efektywności przez porównanie wyników z istniejącymi na rynku. W szczególności zwrócono uwagę na potencjał oszczędności energetycznych, koszty operacyjne, identyfikację barier technologicznych oraz przewidywaną niezawodność proponowanych konstrukcji. Rozdział ósmy zawiera wnioski i rekomendacje, opracowane na podstawie zestawienia kluczowych rezultatów oceny osiągniętych celów badawczych i skuteczności proponowanych rozwiązań. Rozdział ten zawiera również rekomendacje dla przemysłu AGD. Dodatkowo, omówiono kierunki dalszych badań, w tym możliwości przeprowadzenia rozszerzonych analiz odnośnie innych urządzeń gospodarstwa domowego.

Przeglądając literaturę należy zwrócić uwagę na kilka ważnych obszarów w szczególności są to zagadnienia oszczędności i efektywności zużycia energii, przede wszystkim kwestia technologii wymienników ciepła zmywarkach z uwzględnieniem parametrów wpływających na wydajność tych wymienników. W następstwie tego Autor eksponuje koncepcje konstrukcyjne

wspomnianych wymienników ciepła z uwzględnieniem ich wpływu na efektywność oraz kryteria doboru materiałów wspomnianych wymienników ciepła z uwzględnieniem szczególnie ich w przewodności cieplnej, odporności na korozję oraz wytrzymałości w warunkach panujących w zmywarkach.

Autor wskazuje że kluczowym zagadnieniem jest odzyskiwanie energii traconej w postaci ciepła odpadowego stąd jako podstawowe zadanie traktuje zagospodarowanie ciepła odpadowego w zadaniu rekuperacji tym samym., w tym samym skuteczne zarządzanie energią cieplną, również przez użytkowników wspomnianych jest traktowane dobrze przez autora jako kluczowy element transformacji energetycznej w omawianym sektorze. podejmując zadanie Zadanie aplikacji zaawansowanych technologii energooszczędnych autor skupia się na optymalizacji geometrycznej i materiałowej modelowanie CFD z ustalonymi warunkami brzegowymi i przygotowaniu testów długoterminowych testów eksploatacyjnych odnośnie mających na celu określenie trwałości opłacalności wspomnianych rozwiązań. Z tego punktu widzenia autor przeprowadza przegląd technologii stosowanych wymiennikach ciepła oraz parametry wpływające na wydajność plemników ciepła w szczególności uwzględniające przy uwzględnieniu ograniczeń przestrzennych urządzeń przy jednoczesnym maksymalizowaniu powierzchni wymiany ciepła ,przez zastosowanie specjalnych konstrukcji. Dodatkowo, Autor zwraca uwagę na optymalizację przepływu czynnika, tak aby uzyskać maksymalną wymianę ciepła przy minimalnym zużyciu energii na pompowanie tego czynnika dlatego autor rozważa parametry doboru czynnika roboczego w takim zestawieniu parametrów termofizycznych które przy odpowiednich dodatków będą przewodność lub lepkość płynu. z tego punktu widzenia również analizuje konstrukcyjne koncepcje wymienników ciepła i możliwość ich wpływu na efektywność tej wymiany dodatkowo przeprowadza analizę materiałową wymienników ciepła analizując zarówno na tym zarówno metale w tym miedzi i aluminium i jak również inne materiały zwracając uwagę na użyteczność i odpowiednie parametry stali nierdzewnej oraz specjalne materiały termoelektryczne .Przeprowadzając analizę parametrów termicznych i przepływowych dla różnych konfiguracji wymienników w ramach modelowania komputerowego z wykorzystaniem metody elementów skończonych analizuje przepływ ciepła i dynamikę płynów w obrębie wymienników odpowiednie testy laboratoryjne które obejmowały pomiary temperatury przepływu oraz różnicy ciśnień pozwoliły na skuteczne ocenę skuteczności odzysku energii i zgodności i porównania wyników z modelami numerycznymi w celu oceny ich zgodności. Z tego punktu widzenia również przeprowadzono

badania numeryczne z zakresu modelowania przepływu i przenoszenie ciepła modelowania turbulencji modelowania wielofazowego oraz z uwzględnieniem warunków brzegowych oraz wpływu odpowiednio dobranych parametrów dyspetyzacji w ten sposób przeanalizowano odpowiednio przeciwbieżny wymiennik ciepła na bocznej ścianie wymiennik ciepła wokół stojana silnika silnika BLDC i modułowy wymiennik ciepła. Takie badania przeprowadzono również w laboratorium jak i odpowiednio porównano to z wynikami analizy numerycznej. Całość poddano analizie niepewności z uwzględnieniem zarówno wpływu przyjętych modeli jakim i dyskretyzacji.

Recenzowana rozprawa jest obszernym przedstawieniem szeregu istotnych zagadnień ważnych dla urządzeń i systemów AGD. Takie ujęcie pozwala Autorowi dodatkowo analizować przyjęte rozwiązania i formułować wnioski co do dalszych prac i kierunków badań. Równocześnie w trakcie czytania rozprawy nasuwają się szczegółowe uwagi odnośnie rozwiązań technicznych. Doświadczenie zawodowe autora niniejszej rozprawy umożliwia mu przybliżyć rozwiązania konstrukcyjne i omówić szczególnie te stosowane we współczesnych układach AGD oraz odnieść je do rozwiązań historycznych, tak jeśli chodzi o opis zakresu funkcjonalności elementów składowych systemów jak i rozwiązań prawnych Unii Europejskiej.

Nowy istotny kierunek współczesnych badań zarówno naukowych jak przemysłowych ma na celu rozwój energooszczędnych rozwiązań technologicznych w urządzeniach gospodarstwa domowego. Przeglądając literaturę należy zwrócić uwagę na kilka ważnych obszarów: szczególnie są to zagadnienia oszczędności i efektywności urządzeń, dalej kwestia technologii wymienników ciepła w zmywarkach, z uwzględnieniem parametrów wpływających na wydajność tych wymienników. Konsekwencją tego jest przyjęcie koncepcji konstrukcyjnej wspomnianych wymienników ciepła z uwzględnieniem ich wpływu na efektywność materiałów stosowanych we wspomnianych wymiennikach ciepła.

W pracy przedstawiono i poddano analizie trzy warianty rozwiązań: przeciuprądowy wymiennik w bocznej ścianie zmywarki, wymiennik wokół stojana silnika **BLDC** oraz modułowo układu odzysku ciepła wraz z omówieniem założeń konstrukcyjnych. Dodatkowo Autor analizuje ograniczenia dla poszczególnych wariantów Autor wskazując, że kluczowym zagadnieniem jest odzyskiwanie energii traconej w postaci ciepła odpadowego. Stąd jako podstawowe zadanie traktuje zagospodarowanie ciepła odpadowego w zadaniu rekuperacji, w tym samym wskazuje sposób skutecznego zarządzania energią cieplną. W realizacji zadania

aplikacji zaawansowanych technologii energooszczędnych, autor skupia się na optymalizacji geometrycznej i materiałowej modelowanie CFD z ustalonymi warunkami brzegowymi i przygotowaniu długoterminowych testów eksploatacyjnych mających na celu określenie trwałości i opłacalności wspomnianych rozwiązań. Z tego punktu widzenia autor przeprowadza przegląd technologii stosowanych w wymiennikach ciepła oraz parametry wpływające na ich wydajność, przy uwzględnieniu ograniczeń przestrzennych urządzeń i jednoczesnym maksymalizowaniu powierzchni wymiany ciepła, przez zastosowanie specjalnych konstrukcji. Dodatkowo, autor zwraca uwagę na optymalizację przepływu czynnika tak aby uzyskać maksymalną wymianę ciepła przy minimalnym zużyciu energii na pompowanie tego czynnika. Rozważa parametry doboru czynnika roboczego w takim zestawieniu parametrów termofizycznych, które będą w stanie zapewnić wymaganą przewodność lub lepkość płynu. Z tego punktu widzenia analizuje konstrukcyjne koncepcje wymienników ciepła i możliwość ich wpływu na efektywność tej wymiany. Dodatkowo przeprowadza analizę materiałową wymienników ciepła zarówno dla metale w tym miedzi i aluminium i jak również innych materiałów, podkreślając użyteczność i odpowiednie parametry stali nierdzewnej oraz specjalnych materiałów termoelektryczne. Przeprowadzając analizę parametrów termicznych i przepływowych dla różnych konfiguracji wymienników w ramach modelowania komputerowego z wykorzystaniem metody elementów skończonych, analizuje przepływ ciepła i dynamikę płynów w obrębie wymienników stosując odpowiednie testy laboratoryjne, które obejmowały pomiary temperatury przepływu oraz różnicy ciśnień i pozwoliły na skuteczną ocenę skuteczności odzysku energii i porównanie wyników z modelami numerycznymi w celu oceny ich zgodności z tego punktu widzenia. Przeprowadzono badania numeryczne z zakresu modelowania przepływu i przenoszenie ciepła modelowania turbulencji modelowania wielofazowego oraz z uwzględnieniem warunków brzegowych oraz wpływu odpowiednio dobranych parametrów dyskretyzacji w ten sposób przeanalizowano odpowiednio przeciwbieżny wymiennik ciepła na bocznej ścianie wymiennik ciepła wokół stojana silnika silnika BLDC i modułowy wymiennik ciepła. Takie badania przeprowadzono również w laboratorium jak i odpowiednio porównano to z wynikami analizy numerycznej. Całość poddano analizie niepewności z uwzględnieniem zarówno wpływu przyjętych modeli jakim i dyskretyzacji.

### **Uwagi szczegółowe i zapytania**

Przedstawiona do recenzji rozprawa jest obszernym przedstawieniem szeregu istotnych zagadnień ważnych dla urządzeń i systemów AGD. Takie ujęcie pozwala Autorowi dodatkowo

analizować przyjęte rozwiązania i formułować wnioski, co do dalszych prac i kierunków badań. Równocześnie w trakcie czytania rozprawy nasuwają się szczegółowe uwagi odnośnie rozwiązań technicznych. Całość charakteryzuje się przejrzystym ujęciem, choć można wskazać fragmenty wymagające korekty.

Przykład -str 20 wiersz 12-sty od dołu:

Przeгляд ten dostarczył...oraz umożliwiło ocenę zasadności ...

Podaję ten przykład, aby zachęcić Autora od przeprowadzenia korekty redakcyjnej.

Doświadczenie zawodowe Autora niniejszej rozprawy, umożliwia mu przybliżyć rozwiązania konstrukcyjne i omówić szczególnie te stosowane we współczesnych układach AGD oraz odnieść się do rozwiązań historycznych, tak jeśli chodzi o opis zakresu funkcjonalności elementów składowych systemów jak i rozwiązań prawnych Unii Europejskiej.

Autor zwraca uwagę że dla zapewnienia pełnego przejścia od prototypu do produkcji masowej należy zaciśnąć współpracę szczególnie z jednostkami aplikującymi jak i instytucjami badawczymi, co powinno skutkować się opracowaniem odpowiednich standardów i procedur certyfikacyjnych dla urządzeń ADG a tym samym zwiększyć możliwości pracy z konsumentami i umożliwić szersze wdrożenia technologii na rynku.

Rodzi się pytanie, czy Autor jest w stanie wskazać kierunek bądź kierunki zmian konstrukcyjnych sprzętu AGD, które mogłyby być szczególnie zalecane przez Niego jeśli chodzi o obniżenie kosztów tak produkcyjnych jak i eksploatacyjnych? Czy widzi możliwość ich porównania, bądź może wskazać preferowaną przez Niego wagę ?

Podsumowując, recenzowana praca spełnia wszystkie kryteria właściwe dla rozpraw doktorskich, co uzasadnia postawienie wniosku o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony, kontynuowanie czynności w ramach przewodu doktorskiego i może służyć za podstawę do rozpatrzenia wniosku o nadanie Kandydatowi stopnia doktora nauk technicznych. Wobec spełnienia wszystkich wymogów ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z 2018 roku, stawiam wniosek o dopuszczenie mgr inż. Macieja Mazura do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Prof. Stanisław Radkowski

/podpis odręczny/

\*wyłączenie jawności w zakresie danych osobowych oraz ochrony prywatności osoby fizycznej na podstawie art. 5 ust. 2 ustawy z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej | (tj. Dz.U. z 2016 r., poz. 1764)