

Olsztyn, 08. 09. 2025

Prof. dr hab. inż. Ryszard Żywica, prof. emeryt.
Instytut Nauk o Zarządzaniu i Jakości
Wydział Nauk Ekonomicznych,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
w Olsztynie

Pan
Prof. dr hab. Stanisław Popek
Dyrektor Szkoły Doktorskiej, Uniwersytet
Ekonomiczny w Krakowie

OCENA

rozprawy doktorskiej pt. „**Badanie jakości powłok lakierowych z zastosowaniem prototypowego urządzenia pomiarowego**” autorstwa Pana mgr Przemysława Mirka

Praca wykonana na Uniwersytecie Ekonomicznym w Krakowie

Promotor: dr hab. inż. Andrzej Chochół, prof. UEK
Promotor pomocniczy: dr inż. Jacek Czerniak

Podstawa wykonania recenzji:

Recenzja wykonana została na podstawie informacji zawartej w piśmie Dyrektora Szkoły Doktorskiej, UEK w Krakowie z dnia 13 czerwca 2025 roku Znak RDC.600.56P.3.2025, że Rada Dyscypliny Nauki o Zarządzaniu i Jakości UEK w Krakowie na posiedzeniu w dniu 9 czerwca 2025 zwróciła się do mnie z prośbą o wykonanie oceny rozprawy doktorskiej mgr Przemysława Mirka.

Komentarz wstępny

Ciągłe doskonalenie urządzeń i metod badawczych wpływa zarówno w sposób pośredni jak i bezpośredni na jakość badań i tym samym na rozwój nauki. Rozszerzanie badań naukowych o innowacyjne rozwiązania z zastosowaniem nowoczesnej elektroniki w jednej z dziedzin nauki pozwala na rozwój badań również w innych jej dziedzinach. Wpływa to z kolei na poszerzenie możliwości działania i osiągnięcia szybciej bardziej dokładnych wyników.

Dlatego biorąc pod uwagę między innymi powyższe względy oraz fakt, że aktualnie prowadzone badania powłok lakierowych nastawione są na ściśle określone warunki środowiskowe, co uniemożliwia określenie przydatności danej powłoki do zróżnicowanych

warunków środowisk, w których może się ona znaleźć a także ze względu na to, że zgodnie z aktualnie obowiązującą normą, nie ma możliwości stwierdzenia zachowań twardości powłok w zmiennych warunkach środowiskowych, Doktorant w sposób interesujący i prawidłowy zaprojektował oraz wykonał prototyp wahadłowego urządzenia pomiarowego do badań twardości powłok lakierniczych metodą tłumienia wahadła zgodnie z normą ISO 1522:2006 (2008). Następnie przeprowadził obszerne badania mające na celu zbadanie i zobjektywizowanie możliwości badań jakości powłok lakierowych za pomocą zautomatyzowanego, autorskiego urządzenia pomiarowego uwzględniającego parametry środowiskowe (temperatura/wilgotność/zasolenie) oraz wytyczne norm: PN-EN ISO 1522:2008 i ISO 1522:2006.

Charakterystyka i ocena pracy

Przedłożona do recenzji praca obejmuje 273 strony maszynopisu w ogólnie przyjętym dla prac doktorskich układzie zawierającym: wstęp, przegląd piśmiennictwa, cel badań i hipotezy badawcze, materiał, metodykę oraz organizację badań, omówienie wyników i ich wewnętrzną dyskusję, następnie podsumowanie badań i wnioski oraz spis literatury, rysunków, tabel i norm. Dokumentację pracy stanowią: 196 rysunków, 36 tabel, 20 użytych norm ISO i dokumentów. Praca jest napisana w miarę poprawnym językiem pod względem stylu i komunikatywności naukowej. Uzupełnieniem tego waloru jest dobrze opracowana graficzna szata edytorska, w tym głównie duża liczba (196) rysunków, które znacznie szybciej i bardziej przekonująco przemawiają do czytelnika niż np. tabele.

Podstawą pracy jest wykonanie projektu oraz zbudowanie innowacyjnego prototypu wahadłowego urządzenia pomiarowego do badań twardości powłok lakierniczych metodą tłumienia wahadła zgodnie z normą ISO 1522:2006 (2008). Projekt i konstrukcja urządzenia wahadłowego według Autora pracy poszerzają opisane w niej badania o możliwość symulacji zmiennych warunków atmosferycznych otoczenia próbki, ze szczególnym uwzględnieniem zmian temperatury. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu cyfrowych urządzeń pomiarowych z algorytmem zaimplementowanym w pamięci mikroprocesora, dzięki którym Autor wyszedł z założenia, iż uzyskane przy ich zastosowaniu wyniki będą charakteryzowały się większą powtarzalnością, przy elektronicznym ustawianiu kąta i jego pomiarze, gwarantując jednocześnie ich rzetelność i jakość. Rozszerzenie zakresu badań o wpływ temperatury otoczenia według Autora może z kolei mieć zastosowanie przy badaniu farb/lakierów stosowanych przez producentów pojazdów lądowych, wodnych i powietrznych oraz

wszelkiego rodzaju produktów podlegających wpływom zmiennych warunków atmosferycznych.

W pierwszym, teoretycznym rozdziale, Doktorant przedstawił uzasadnienie tematyki badawczej, cel główny i 6 celów szczegółowych oraz prawidłowo sformułowane i zweryfikowane statystycznie hipotezy badawcze – 1 główną i 3 pomocnicze. Następnie w obejmującej 38 stron maszynopisu części literaturowej, dokonał wnikliwego przeglądu wiedzy dotyczącej charakterystyki użytkowanych najczęściej powłok lakierowych, szczegółowego przeglądu metod stosowanych do badań twardości, jako podstawowego wyróżnika ich jakości. Szczegółowo opisał również stosowane w praktyce przemysłowej materiały powłokotwórcze. Przedstawił ponadto różne metody stosowane do oceny twardości powłok lakierowych ze szczególnym uwzględnieniem założeń normy ISO 1522 wraz z normami powiązаныmi, które bezpośrednio wiążą się z przedmiotem badań w ramach przedstawionej do recenzji pracy. W tej części przedstawił również charakterystykę farb i lakierów, które wykorzystał do badań oraz opisał podstawy fizyczne i zasady działania wahadeł.

W rozdziale drugim Autor przedstawił logicznie zaplanowaną koncepcję badań ankietowych i eksperymentalnych, w których zastosował wiarygodną metodę badań ankietowych przeprowadzonych z wykorzystaniem autorskich kwestionariuszy uzupełniających i uzasadniających badania eksperymentalne. Zaprezentował również wyniki badań ankietowych, na podstawie których ustalił poziom świadomości respondentów na temat twardości powłok lakierowych. W rozdziale tym szczegółowo opisał proces badawczy przeprowadzony z użyciem prototypowego urządzenia pomiarowego. Opisał również wszystkie etapy jego projektowania.

W ankiecie wzięło udział 240 respondentów obu płci (112 mężczyzn i 128 kobiet), w różnym wieku, o różnym wykształceniu i pochodzeniu. Wśród badanych przeważały osoby w wieku od 18 do 35 lat. Ankietowani prezentowali, co jest bardzo ważne dla tego typu badań, pełne spektrum wykształcenia.

Przedstawione przez Doktoranta wyniki badań ankietowych wykazały, że na pytanie o znajomość pojęcia twardości powłok lakierowych zdecydowana większość respondentów (71%) udzieliła odpowiedzi twierdzącej, natomiast 29% – przeczącej. W związku z deklarowaną znajomością tematyki, na podstawie tych odpowiedzi, Autor wyszedł z założenia, że odpowiedzi badanych w dalszej części ankiety respondentów powinny być rzetelne.

. Za najważniejsze kryteria powłok lakierowych, spośród 11, respondenci (240) uznali: połysk – 165 odpowiedzi, jakość krycia – 159, barwę – 155 oraz odporność fizyczną – 143. Następnie malejąco uszeregowano: twardość – 110 odpowiedzi, odporność chemiczną – 91, grubość – 90, elastyczność – 63 oraz: skład chemiczny, kraj pochodzenia i pojemność opakowania – wszystkie po 48 odpowiedzi. Dla większości osób uczestniczących w badaniu ankietowym (prawie 65%) twardość powłoki lakierowej bezpośrednio wiąże się z użytecznością i jakością produktu.

Według Autora pracy przeprowadzone badania ankietowe pozwoliły na określenie stopnia ważności poruszanego problemu badawczego. Stwierdził ponadto, że większość ankietowanych zwraca uwagę na twardość powłoki lakierowej i może być ona czynnikiem determinującym wartość użytkową danego produktu, a tym samym decydować o wyborze jego zakupu.

W rozdziale tym Doktorant opisał również proces badawczy przeprowadzony z użyciem prototypowego urządzenia pomiarowego. Przedstawił i omówił ponadto wszystkie etapy projektowania, konstrukcji oraz uruchomienia prototypu, rozpoczynając od jego kalibracji, przez badania wykonane na podstawie normy ISO 1522 oraz badania poszerzone, stanowiące główny walor prezentowanego prototypu – badania w zmiennej temperaturze otoczenia. Przeprowadził je podwyższając i obniżając temperaturę próbek, ustalając twardość w zakresach temperatur wyższych, jak i niższych od przewidzianych w normie.

W ostatniej części rozprawy Doktorant zaprezentował wyniki badań oraz przeprowadził ich dyskusję w odniesieniu do wpływu roztworu NaCl o różnym stężeniu na twardość powłok lakierowych. Oceniał wyniki pomiarów i skonfrontował je z celami oraz hipotezami badawczymi postawionymi w dysertacji.

Podsumowując wyniki swoich badań, Doktorant stwierdził między innymi, że reakcja badanych powłok na roztwory soli była zróżnicowana i zależała od stężenia soli, czasu ekspozycji oraz składu chemicznego danej substancji powłokotwórczej. Powłoki na bazie dyspersji akrylowych i lateksowych generalnie wykazywały tendencję wzrostu twardości pod wpływem soli, szczególnie przy wyższych stężeniach i krótszym czasie ekspozycji. Natomiast powłoki zawierające żywicę akrylową i nitrocelulozę częściej ulegały zmiękczeniu pod wpływem roztworów soli, zwłaszcza przy dłuższym czasie ekspozycji. Wyjątkiem była próbka PB9, która wykazała znaczący wzrost twardości we wszystkich badanych roztworach soli. Zaobserwowane korelacje sugerują, że typ polimeru bazowego w powłoce ma wpływ na jej reakcję na zmiany środowiskowe dotyczące temperatury i roztworu NaCl.

Powłoki akrylowe i lateksowe w szczególności, wykazują tendencję do wzrostu twardości w obniżonych temperaturach, co jest prawdopodobnie związane ze zmianami właściwości fizycznych polimerów w tych warunkach. Z kolei, nitroceluloza i żywica akrylowa są bardziej podatne na obniżenie twardości w podwyższonych temperaturach.

Z opisu, analizy i oceny wyników badań dotyczących wpływu temperatury na twardość powłok lakierowych poddanych testom wynika, że zmiana temperatury ma bezpośredni i znaczący wpływ na twardość powłok lakierowych. Ponieważ aktualna norma nie uwzględniała badań obejmujących zmiany temperatury, wilgotności czy różnych czynników otoczenia przy pomiarach ich twardości, to dzięki przeprowadzonym badaniom, Autor pracy stwierdził, że wiele stosowanych aktualnie powłok lakierowych należałoby sprawdzić ponownie w zmiennych warunkach otoczenia. Powinny być poddane oddziaływaniu warunków, na które będą narażone podczas użytkowania. Większość badanych próbek w temperaturze obniżonej, tak jak się spodziewano, wykazała wzrost twardości powłoki lakierniczej, względem wartości powłok zbadanych w warunkach zadanych w normie. W niektórych przypadkach wzrost twardości powłoki przekraczał nawet 700%. Takie zmiany twardości powłok mogą mieć poważne skutki objawiające się zmianą jakości a tym samym użyteczności produktów pokrytych konkretną powłoką lakierniczą.

Adekwatne do wyników przeprowadzonych testów empirycznych, wnioski, zawarte zostały w podsumowaniu pracy.

Uzyskane wyniki i ich analiza statystyczna potwierdzają zatem zarówno trafność doboru metod badawczych jak również dobrej organizacji i zaplanowania poszczególnych etapów przeprowadzonego eksperymentu w celu określenia skuteczności zrealizowanego postawionego celu i weryfikacji założonych hipotez badawczych.

Przedstawione w pracy wyniki badań wskazały ponadto nowe kierunki rozwoju w zakresie zarządzania badaniami jakości lakierowych powłok ochronnych narażonych na oddziaływanie zróżnicowanych warunków atmosferycznych z zastosowaniem własnej konstrukcji prototypu wahadłowego urządzenia pomiarowego do badań twardości powłok lakierniczych metodą tłumienia wahadła zgodnie z normą ISO 1522:2006 (2008).

Wiedza ta może być wykorzystana zarówno w obszarach zarządzania projektowaniem urządzeń do badania twardości powłok lakierowych, jak również w zarządzaniu badaniami ich twardości. Osiągnięciem niniejszej rozprawy jest niewątpliwie udowodnienie przez jej Autora bezpośredniego wpływu temperatury oraz roztworów soli na twardość powłok lakierniczych a także uzyskanie zależności między

składem powłok lakierniczych a stopniem ich zmian w różnych środowiskach. Zależność ta pozwala z kolei na precyzyjne dobranie składu chemicznego produktów powłokotwórczych bezpośrednio narażonych na opisane czynniki zmiennej temperatury jak również roztworów NaCl o różnych stężeniach.

Uwagi do pracy:

- Brak jest streszczenia w języku polskim i angielskim, co uniemożliwia czytelnikowi szybkie zapoznanie się z treścią pracy i szersze rozpropagowania zawartych w niej wyników.
- Tytuł pracy jest zbyt ogólny i daleko idący. Mógł by być, np. „*Badanie twardości powłok lakierowych za pomocą własnej konstrukcji urządzenia*”. Jakość to nie tylko twardość.
- Str. 5, „*Wstęp*” – nie jest przeglądem piśmiennictwa i nie powinno cytować się autorów publikacji (odnośników literaturowych). „*Wstęp*” powinien zawierać napisane przez Autora uzasadnienie podjęcia badań, wynikające z przeglądu piśmiennictwa, odzwierciedlającego aktualną sytuację na krajowym rynku lakierów i produktów lakierowanych. „*Wstęp*” powinien być **Autorski a nie przeglądowy**. „*Wstęp*” powinien być zatem krótszy i połączony z „uzasadnieniem podjętej tematyki badawczej”. Następnie powinien znajdować się rozdział „*Przegląd Piśmiennictwa*”, w którym Doktorant powinien zawrzeć treści przedstawione w podrozdziałach: 1.3 – 1.5.
- Str. 5. „*W związku z tym autor podjął próbę wykonania od podstaw własnego prototypu urządzenia.....*” Skoro wstęp jest autorski to Autor nie powinien pisać w takiej formie, może napisać np. „*W związku z tym podjęto próbę wykonania od podstaw własnego prototypu urządzenia*”
- Str. 15. „*Cele i hipotezy badawcze*” powinny znajdować się po „*Przeglądzie piśmiennictwa*”, z którego powinny wynikać.
- Str. 251, rozdz. „*Wnioski*”. Jest to raczej krótkie podsumowanie a wnioski ukryte są w treści rozdziału. Treść rozdziału była by bardziej czytelna i przejrzysta gdyby po krótkim podsumowaniu wypunktowano kilka najważniejszych wniosków. Treści znajdujące się w rozdziale „*Podsumowanie badań*” powinny znaleźć się natomiast w rozdziale „*Omówienie wyników badań*”.

- Str. 57, „że większość „konsumentów” zwraca uwagę na twardość powłoki lakierowej”, powinno być: „że większość „respondentów” (ankietowanych) zwraca uwagę na twardość powłoki lakierowej”.
- Str. 149, Rysunek 120 - 189. „Wykres przedstawiający zależność tłumienia wahadła Königa w temperaturze obniżonej (-2 °C) oraz normatywnej dla próbki Dekoral Voice of Color (PBI)”. Powinno być: „Zmiany amplitudy tłumienia wahadła Königa w czasie, w temperaturze obniżonej (-2 °C) oraz normatywnej dla próbki Dekoral Voice of Color (PBI)”. Zależność jest zawsze przynajmniej między dwoma parametrami.

Przedstawione uwagi nie zmniejszają zarówno wartości merytorycznej jak i naukowej przedłożonej do recenzji pracy na stopień doktora w dziedzinie nauk ekonomicznych (aktualnie w dziedzinie nauk społecznych) w dyscyplinie towaroznawstwo (aktualnie w dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości). Dotyczy to szczególnie uwag zawartych w punkcie 3. W przypadku prac konstrukcyjnych, w których często, na podstawie własnych obserwacji i wiedzy, powstaje koncepcja opracowania założeń konstrukcyjnych i wykonania prototypu urządzenia, natomiast dane z przeglądu piśmiennictwa są uzasadnieniem podjęcia tych działań a następnie badań.

Podsumowując stwierdzam, że przedstawione w pracy wyniki badań i ich analiza statystyczna dotyczą ważnych i aktualnych zagadnień oraz problemów związanych zarządzaniem badaniami jakości lakierowych powłok ochronnych narażonych na oddziaływanie zróżnicowanych warunków atmosferycznych z zastosowaniem własnej konstrukcji prototypu wahadłowego urządzenia pomiarowego do badań twardości powłok lakierniczych metodą tłumienia wahadła zgodnie z normą ISO 1522:2006 (2008) i powinny być opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych. Dodatkowym uzasadnieniem jest brak publikacji i doniesień przedstawiających wyniki badań lakierowych powłok ochronnych narażonych na oddziaływanie zróżnicowanych warunków atmosferycznych, co między innymi stało się podstawą podjęcia ważnych badań i przygotowania recenzowanej rozprawy dyplomowej.

Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę wartość merytoryczną i naukową pracy doktorskiej pt. „**Badanie jakości powłok lakierowych z zastosowaniem prototypowego urządzenia pomiarowego**” autorstwa Pana mgr Przemysława Mirka, co potwierdza zaprojektowanie i rozwiązanie

postawionego zadania z naukową wiarygodnością, dowodzącą jednocześnie dobrego opanowania warsztatu pracy naukowej oraz przedstawienie zwartych w podsumowaniu logicznych wniosków z prawidłowo przedyskutowanych głównie wewnętrznie wyników własnych badań stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca spełnia merytoryczne i ustawowe wymagania stawiane pracom doktorskim. Spełnia zatem wymogi określone w ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (t. j. Dz. U. 2024 r., poz. 1571, z późn. zm.) w związku z ustawą z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669, z późn. zm.).

Fakty te uprawniają mnie do przedłożenia Radzie Dyscypliny Nauki o Zarządzaniu i Jakości Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie wniosku o dopuszczenie Pana mgr Przemysława Mirka do kolejnego etapu w postępowaniu doktorskim, to jest do publicznej obrony.

