

Prof. dr hab. inż. Robert Ulewicz

Data 30.11.2025 r.

Katedra Inżynierii Produkcji i Bezpieczeństwa

Wydział Zarządzania

Politechnika Częstochowska

Recenzja pracy doktorskiej

mgr inż. Łukasz Rudolf

pt. „OPTYMALIZACJA PROCESU ROZWOJU I INDUSTRIALIZACJI PRODUKTU
NA PRZYKŁADZIE AMORTYZATORÓW STEROWANYCH ELEKTRONICZNIE”

Promotor: dr hab. inż. Marek T. Roszak, Prof. PŚ

Opiekun z przemysłu: mgr inż. Adam Graczyk

Formalne i prawne podstawy wykonania recenzji

Formalną podstawę opracowania niniejszej recenzji stanowi pismo (RDJMe.512.78.2025) z dnia 23.10.2025 r. przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej, Politechniki Śląskiej dr hab. inż. Prof. PŚ Alicji Piaseckiej-Belkhat, informujące o powołaniu mnie na recenzenta, zgodnie z Uchwałą Rady Dyscypliny z dnia 22.10.2025 roku, pracy doktorskiej mgr inż. Łukasza Rudolfa pt. *Optymalizacja procesu rozwoju i industrializacji produktu na przykładzie amortyzatorów sterowanych elektronicznie*.

1. Ocena doboru problematyki badawczej i tematu rozprawy

Temat rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Łukasza Rudolfa dotyczy optymalizacji procesu rozwoju i industrializacji produktów mechatronicznych, ze szczególnym uwzględnieniem amortyzatorów sterowanych elektronicznie. Wybór problematyki

Politechnika Częstochowska**Wydział Zarządzania**

al. Armii Krajowej 19 B, 42-201 Częstochowa

e-mail: robert.ulewicz@wz.pcz.pl

www.wz.pcz.pl



Biuro Dziekana

wpłynęło dnia 01.12.2025.
RDJMe/256151/2025
nr zał.

badawczej należy uznać za wysoce aktualny i istotny, zarówno z perspektywy naukowej, jak i utylitarnej.

Przemysł motoryzacyjny przechodzi obecnie dynamiczną transformację, w której tradycyjne komponenty mechaniczne są zastępowane lub integrowane z zaawansowanymi systemami elektronicznymi. Rosnąca złożoność systemów mechatronicznych, takich jak analizowany system KINETIC, stawia przed inżynierią produkcji i zarządzaniem jakością nowe wyzwania, którym tradycyjne podejście do planowania jakości (oparte na standardowych metodykach APQP czy FMEA bez ich odpowiedniej adaptacji) może nie sprostać.

Autor poprawnie identyfikuje lukę badawczą pomiędzy wymaganiami współczesnych projektów mechatronicznych a dostępnym instrumentarium planowania jakości. Sformułowany w rozprawie problem badawczy - ocena skuteczności dopasowanych i wdrożonych instrumentów planowania jakości w procesie rozwoju i industrializacji złożonych produktów – jest jasno określony, logicznie uzasadniony i osadzony w realiach funkcjonowania przedsiębiorstwa branży motoryzacyjnej.

Temat rozprawy został sformułowany poprawnie i w pełni koresponduje z treścią pracy, łącząc obszar inżynierii mechanicznej z inżynierią jakości i zarządzaniem projektami.

Można jedynie zauważyć, że użyty w tytule termin „optymalizacja” jest rozumiany raczej jako systemowe usprawnienie i poprawa skuteczności procesu, a nie w sensie formalnej optymalizacji matematycznej.

2. Ocena formalnej strony pracy

Rozprawa doktorska ma objętość 217 stron i została podzielona na pięć głównych rozdziałów, poprzedzonych spisem treści, streszczeniem (w języku polskim i angielskim) oraz glosariuszem, a zakończonych wnioskami, spisem literatury (170 pozycji) oraz spisami tabel (37) i rysunków (84). Struktura pracy jest przejrzysta i dobrze przemyślana. Rozprawa składa się z następujących rozdziałów:

- Rozdział 1 „Wstęp”, wprowadza w tematykę planowania jakości, definiuje cel i przedmiot pracy oraz kluczowe pojęcia. Autor poprawnie zarysowuje tło problemu, wskazując na rosnącą złożoność produktów mechatronicznych.

- Rozdział 2 „Przegląd piśmiennictwa”, stanowi obszerne studium literaturowe. Autor prezentuje ewolucję podejścia do jakości (od Taylora po Przemysł 4.0), omawia standardy branżowe (IATF 16949, APQP, VDA) oraz współczesne dylematy. Szczególnie istotnym elementem jest podrozdział 2.5, w którym Autor formułuje luki badawcze, odnosząc się do problemów: dopasowania narzędzi jakości do specyfiki produktów mechatronicznych, braku wystarczającego uwzględnienia dynamiki projektów oraz ograniczonej systematyzacji niezgodności w procesach rozwoju i industrializacji. Na tej podstawie uzasadnione zostaje podjęcie badań własnych.
- Rozdział 3 „Badania własne”, jest najobszerniejszą częścią pracy. Autor w pierwszej kolejności systematyzuje cele badawcze, hipotezę oraz pytania badawcze, powiązane bezpośrednio z zidentyfikowanymi lukami. Główny cel sprowadza się do oceny skuteczności wdrożenia wybranych autorskich instrumentów planowania jakości w procesie rozwoju i industrializacji nowoczesnych systemów mechatronicznych. Następnie przedstawiono charakterystykę produktu (amortyzatory sterowane elektronicznie) oraz porównanie ich z klasycznymi amortyzatorami konwencjonalnymi. Autor w sposób przekonujący przedstawia, że większa liczba komponentów i charakterystyk znaczących oraz wyższe poziomy RPN potwierdzają większą złożoność i ryzyko w przypadku amortyzatorów sterowanych elektronicznie.
- Rozdział 4 „Analiza wyników i ocena skuteczności wdrożonych rozwiązań”, prezentuje ilościową i jakościową ocenę efektów wdrożenia. Autor wykazał, że pełne wdrożenie Design Review pozwoliło na przesunięcie wykrywalności błędów do wcześniejszych faz (z walidacji do rozwoju), co jest zgodne z paradygmatem „front-loading”. Szczególnie imponujący jest wynik redukcji średniej liczby eskalacji w procesie RYG z 0,54 do 0,23 na projekt (czyli ok. 57% redukcji) oraz całkowite wyeliminowanie eskalacji spowodowanych błędami w dokumentacji technicznej. W przypadku PDT przeanalizowano zależności pomiędzy liczbą iteracji, poziomem Severity oraz kompletnością formularza, natomiast dla Design Review wpływ narzędzia na strukturę i liczbę niezgodności w różnych fazach projektu.
- Rozdział 5 „Wnioski”. W rozdziale końcowym Autor syntetyzuje rezultaty badań, potwierdzając postawioną hipotezę badawczą oraz odnosząc się do celów szczegółowych. Wnioski podzielono na część naukową oraz wnioski dotyczące wdrożenia. Podkreślono m.in., że:

- dopasowanie i konsekwentne stosowanie instrumentów planowania jakości istotnie wpływa na skuteczność i efektywność procesu rozwoju i industrializacji produktów mechatronicznych,
- poszczególne narzędzia mają różny stopień uniwersalności i kontekstowości – PDT okazuje się narzędziem o wysokim potencjale przeniesienia, podczas gdy TR jest mocno związany ze specyfiką badanego systemu,
- standaryzacja opisu niezgodności poprawia komunikację w zespołach projektowych i sprzyja tworzeniu organizacyjnej bazy wiedzy (Lessons Learned).

Język rozprawy jest poprawny, styl komunikatywny, a terminologia merytorycznie właściwa dla dyscypliny. Pojedyncze uchybienia redakcyjne czy drobne potknięcia językowe nie wpływają na odbiór całości. Bardzo pozytywnie należy ocenić bogaty materiał ilustracyjny - liczne wykresy, schematy i tabele - choć w kilku przypadkach czytelność rysunków mogłaby być nieco lepsza (zbyt mały rozmiar czcionki zastosowany w opisach).

3. Metodyka badań

Metodyka badań przyjęta przez Doktoranta jest poprawna i adekwatna do charakteru pracy wdrożeniowej. Autor zastosował podejście mieszane, łączące analizę teoretyczną z badaniami empirycznymi w warunkach przemysłowych (w przedsiębiorstwie Tenneco Automotive Eastern Europe).

Jako główne metody badawcze wykorzystano:

- Krytyczną analizę literatury i dokumentów normatywnych - w celu zidentyfikowania stanu wiedzy i wymagań branżowych.
- Metodę badania dokumentów - analiza danych z procesu eskalacji RYG (Red/Yellow/Green), analiza dokumentacji projektowej i raportów z audytów.
- Metodę analizy i konstrukcji logicznej - przy dekompozycji procesów i opracowywaniu autorskich narzędzi.
- Metodę eksperymentalną - wdrożenie opracowanych instrumentów (Design Review, Technical Review, Problem Definition Tool) w rzeczywistych projektach i obserwacja ich wpływu.

Badania przeprowadzono na reprezentatywnej próbie projektów (łącznie kilkadziesiąt projektów w różnych fazach wdrożenia instrumentów), co pozwala na

wyciąganie wiarygodnych wniosków. Zastosowanie analizy porównawczej (benchmarking wewnętrzny między produktami konwencjonalnymi a mechatronicznymi oraz analiza „przed i po” wdrożeniu) jest mocną stroną przyjętej metodyki. Autor zdefiniował jasne wskaźniki oceny skuteczności (np. liczba iteracji, kompletność formularzy, liczba eskalacji), co pozwoliło na obiektywizację wyników.

4. Wnioski

Praca doktorska Pana mgr inż. Łukasza Rudolfa stanowi wartościowe studium przypadku wdrożenia zaawansowanych metod planowania jakości w przedsiębiorstwie branży automotive. Wnioski końcowe są logiczną konsekwencją przeprowadzonych badań i potwierdzają postawioną hipotezę.

Za oryginalny wkład Doktoranta w rozwój dyscypliny Inżynieria Mechaniczna uznaję:

- Opracowanie, dopasowanie i praktyczną implementację autorskiego zestawu instrumentów planowania jakości (Design Review, Problem Definition Tool, Technical Review) zintegrowanych z procesem APQP i systemem TenPLUS w realnym środowisku przemysłowym.
- Zdefiniowanie i zastosowanie systematycznej klasyfikacji niezgodności w procesach rozwoju i industrializacji amortyzatorów sterowanych elektronicznie, uwzględniającej fazy planowania jakości oraz kategorie problemów (system RYG).
- Przeprowadzenie ilościowej oceny wpływu wdrożonych instrumentów na liczbę niezgodności i eskalacji ryzyka, z wykorzystaniem danych projektowych z wielu realizacji, co pozwoliło na wiarygodną weryfikację skuteczności przyjętych rozwiązań

Uwagi krytyczne

Rozprawa mgr inż. Łukasza Rudolfa jest opracowaniem wartościowym i dojrzałym, jednak jak każda obszerna praca badawcza nie jest wolna od pewnych niedoskonałości:

- Zakres pojęcia „optymalizacja” w tytule rozprawy. Autor w pracy wykazał znaczącą poprawę skuteczności i efektywności procesu planowania jakości (m.in. redukcję

liczby eskalacji oraz niezgodności), zastosowane podejście ma jednak charakter usprawnienia i doskonalenia procesu, opartego na porównaniach wskaźników przed i po wdrożeniu nowych narzędzi. Nie mamy tu do czynienia z formalnie zdefiniowanym problemem optymalizacyjnym (np. minimalizacją funkcji celu przy danych ograniczeniach, wykorzystaniem metod optymalizacji matematycznej lub wielokryterialnej). W tym sensie termin „optymalizacja” jest nieco szeroki i może sugerować bardziej zaawansowaną formalizację, niż wynika to z zawartości metodologicznej pracy.

- Technical Review oraz pewne elementy systemu TenPLUS są mocno związane z konkretną organizacją i typem produktu. Autor słusznie wskazuje na możliwość adaptacji narzędzi do innych produktów mechatronicznych, jednak kwestia ta została bez odpowiedzi i właściwego uzasadnienia. Czy proponowane instrumenty (DR, TR, PDT) są na tyle elastyczne, aby mogły zostać zaimplementowane w Małych i Średnich Przedsiębiorstwach z branży mechatronicznej, które nie posiadają tak rozbudowanych struktur i zasobów jak korporacja międzynarodowa?
- Autor porównuje projekty "przed" i "po" wdrożeniu. Należy jednak zapytać o homogeniczność tych projektów. Czy stopień innowacyjności i złożoności projektów z grupy porównawczej był zbliżony do projektów z grupy badawczej? Różnice w liczbie eskalacji mogłyby potencjalnie wynikać z faktu, że nowsze projekty były np. ewolucją istniejących rozwiązań, a nie rewolucyjnymi zmianami konstrukcyjnymi.
- W tak obszernej rozprawie pojawia się pewna liczba drobnych usterek redakcyjnych: sporadyczne literówki, drobne niespójności formatowania, niejednorodność w zapisie skrótów oraz wtrąceń anglojęzycznych. W kilku rysunkach czytelność opisów jest ograniczona.

Doktorant powinna przedstawić swoje stanowisko w odniesieniu do następujących zagadnień:

- Jak Doktorant interpretuje, w świetle przedstawionych badań, użyty w tytule termin „optymalizacja”? Czy rozważał zastosowanie formalnych metod optymalizacji (np. optymalizacji wielokryterialnej, metod decyzji wielokryterialnych) przy doborze i parametryzacji instrumentów planowania jakości?

- W pracy skupiono się na aspektach jakościowych i procesowych. Czy Autor podjął próbę oszacowania wymiernych korzyści finansowych wynikających z wdrożenia instrumentów DR i TR, biorąc pod uwagę czas pracy inżynierów poświęcony na te przeglądy w kontraście do kosztów unikniętych błędów?
- Jakie są największe wyzwania związane z praktycznym wdrożeniem proponowanej modyfikacji FMEA w różnych środowiskach przemysłowych, szczególnie tam, gdzie może brakować zespołów o wysokim poziomie specjalizacji?
- Jak wdrożenie narzędzia Problem Definition Tool (PDT) wpłynęło na kulturę organizacyjną i komunikację w zespołach interdyscyplinarnych? Czy napotkano opór ze strony pracowników przy wprowadzaniu dodatkowej formalizacji opisu problemów?
- Na ile zaproponowane instrumenty (w szczególności Technical Review) mogą zostać przeniesione do innych typów produktów mechatronicznych lub innych branż przemysłowych bez istotnej modyfikacji struktury narzędzia? Jakie byłyby kluczowe kroki adaptacyjne?
- W jakim stopniu zaproponowane instrumenty różnią się od znanych struktur przeglądów projektowych i przeglądów technicznych (np. Design Review wg VDA/AIAG, gate review w klasycznym APQP)? Na czym – zdaniem Doktoranta – polega ich kluczowa wartość dodana w porównaniu do rozwiązań standardowych?
- W kontekście dynamicznego rozwoju sztucznej inteligencji, czy Autor widzi potencjał do automatyzacji części zadań realizowanych obecnie w ramach Design?

5. Konkluzja końcowa

Ja, niżej podpisany stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Łukasz Rudolf spełnia warunki określone w Art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity Dz.U. z 2017 r. poz. 1789) i **wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Politechniki Śląskiej o dopuszczenie mgr inż. Łukasza Rudolfa do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.** Recenzowana praca wyróżnia zarówno zakresem podjętej problematyki, stopniem złożoności rozwiązywanego problemu, jak i poziomem udokumentowania efektów praktycznych oraz naukowych. Oryginalność zaproponowanych rozwiązań oraz ich skuteczne

wdrożenie w środowisku przemysłowym pozwalają mi stwierdzić, że rozprawa mgr inż. Łukasza Rudolfa spełnia kryteria pracy wyróżniającej się.

W związku z powyższym **wnioskuję do Rady Dyscypliny o przyznanie recenzowanej rozprawie doktorskiej wyróżnienia.**

30/11/2025

.....
data sporządzenia recenzji



.....
podpis recenzenta