

dr hab. inż. Dariusz Plinta, prof. ATH
Katedra Inżynierii Produkcji
Wydział Budowy Maszyn i Informatyki
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej
ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała

Recenzja

rozprawy doktorskiej
mgr inż. Artura Piaseckiego

p.t.

Projektowanie kompaktowych wymienników ciepła przy wykorzystaniu
metod zarządzania jakością

promotor naukowy: dr hab. Sylwia Hożejowska, prof. PŚk

promotor pomocniczy: dr inż. Aneta Masternak-Janus

Recenzję opracowano na podstawie umowy o dzieło nr XII/Dec-M/12RD/22.

1. Formalna prezentacja rozprawy, uwagi ogólne

Przedstawiona do recenzji praca składa się z 8 rozdziałów zawartych na 172 stronach tekstu, wraz z wykazem bibliograficznym liczącym 92 pozycje oraz załącznikami – dwie najważniejsze współautorskie publikacje (liczące 36 stron).

Układ pracy oraz sposób ujęcia tematu w poszczególnych rozdziałach jest prawidłowy. Tematyka pracy jest poświęcona badaniom nad wymiennikami ciepła o niewielkich rozmiarach przeznaczonych do chłodzenia elementów elektronicznych. Głównym celem pracy było wypracowanie krótszego i zarazem bardziej uporządkowanego i efektywnego sposobu przeprowadzenia procesu projektowania i badania nowych wymienników ciepła. Ostatecznie wybrano dwie metody zarządzania jakością, tj. metodę Quality Function Deployment (QFD) i metodę Failure Mode and Effects Analysis (FMEA).

Przedstawiony problem czasochłonnych badań, przy współczesnych uwarunkowaniach rynkowych wymagających szybkiego wprowadzania nowych wyrobów do produkcji i sprzedaży, jest jednym z bardziej istotnych problemów firm produkcyjnych. Nowe wyroby przed wdrożeniem do produkcji muszą być szczegółowo przeanalizowane pod kątem konstrukcyjnym i technologicznym, a wykorzystanie proponowanych metod zarządzania jakością może przyspieszyć ten proces, co potwierdzono w badaniach przedstawionych w pracy. Zaproponowane podejście do projektowania może się sprawdzić w każdym przedsiębiorstwie produkcyjnym niezależnie od wielkości oraz branży. Recenzowana praca

bardzo dobrze pokazuje znaczenie problemu oraz istotność rozwiązań zwiększających efektywność procesów projektowych, a w szczególności konieczność systemowego podejścia do projektowania nowych wyrobów.

W pracy wyróżniono osiem głównych rozdziałów, które przeplatają treści teoretyczne z praktycznymi badaniami. Rozdział pierwszy stanowi wstęp do pracy, w którym określono problem badawczy, założenia i cel pracy. Drugi rozdział stanowi część teoretyczną pracy z przeglądem literatury dotyczącej metod zarządzania jakością (QFD i FMEA) oraz zagadnień związanych z zastosowaniami kompaktowych wymienników ciepła. Część teoretyczna kończy rozdział 3, zawierający tezę pracy. Natomiast kolejne rozdziały, do czwartego do siódmego pokazują badania przeprowadzone w ramach pracy doktorskiej. W rozdziale czwartym prawidłowo zdefiniowano cel i zakres badań, który podzielono na trzy części. W pierwszej opisano badania eksperymentalne związane z innowacyjnymi rozwiązaniami w kompaktowych wymiennikach ciepła, w drugiej przedstawiono wykorzystanie metod zarządzania jakością w ocenie i analizie rozwiązań konstrukcyjnych wymienników ciepła, a w trzeciej części pokazano opracowane modele i metody matematyczne wykorzystane w przeprowadzonych analizach. Rozprawę kończy punkt zawierający podsumowanie i wnioski końcowe.

2. Ocena zamierzenia badawczego

Przedstawiona w pracy tematyka nawiązuje do jednego z głównych celów współczesnych przedsiębiorstw produkcyjnych, jakim jest zwiększanie efektywności prac projektowych. Jest to między innymi efekt rosnącej konkurencyjności rynku oraz globalizacji.

Głównym celem pracy było opracowanie nowego sposobu projektowania wymienników ciepła z wykorzystaniem wybranych metod zarządzania jakością. Skuteczność zaproponowanego podejścia potwierdzono na praktycznym przykładzie.

Zrealizowane w ramach pracy badania obejmowały między innymi:

- opracowanie metodologii doboru rozwiązań konstrukcyjnych oraz parametrów pracy kompaktowego wymiennika ciepła, bazującej na metodach zarządzania jakością w celu uzyskania wysokiej efektywności wymiany ciepła;
- zaimplementowanie metod Quality Function Deployment (QFD) i Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) do określania wytycznych konstrukcyjnych innowacyjnego kompaktowego wymiennika ciepła;
- Oszacowanie efektywności wymiany ciepła w oparciu o podejścia matematyczne jedno- i dwuwymiarowe oraz przy wykorzystaniu komercyjnych programów obliczeniowych CFD.

Podsumowując, celem pracy było wypracowanie efektywnej metodologii projektowania kompaktowych wymienników ciepła. W przeprowadzonych analizach sprawnie połączono dwie metody związane z zarządzaniem jakością QFD i FMEA, modele matematyczne oraz symulacyjne oprogramowanie komercyjne wspomagające projektowanie (Simcenter Star-CCM+). Wszystkie założone na wstępie cele zostały osiągnięte i potwierdzone na praktycznych przykładach.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Merytorycznie pracę oceniam pozytywnie. Uzyskane wyniki badań dotyczące możliwości zwiększenia efektywności projektowania wymienników ciepła, wyniki analiz przeprowadzonych metodami QFD i FMEA, opracowane modele matematyczne i symulacyjne, a w szczególności praktyczne przykłady zawarte w pracy potwierdzają wymierne korzyści jakie mogą przynieść zaproponowane rozwiązania w praktyce produkcyjnej.

Przedstawione w ramach pracy podejście do projektowania nowych wyrobów, może znaleźć zastosowanie w analizach związanych z różnymi wyrobami – nie tylko z kompaktowymi wymiennikami ciepła. Zastosowanie zaproponowanego sposobu analizy projektowanych wyrobów jest szansą dla rozwoju każdego przedsiębiorstwa produkcyjnego, a w szczególności daje możliwość szybszego uruchomienia produkcji innowacyjnych wyrobów.

W recenzowanej pracy jest kilka nieścisłości o charakterze dyskusyjnym. Zestawiono je poniżej w odniesieniu do kolejnych rozdziałów dysertacji.

Rozdziały związane z wstępem, wprowadzeniem, tezą pracy, celem i zakresem badań

Tą część pracy uważam za poprawną. Pozytywnie oceniam streszczenie zawarte w wstępie, w którym przedstawiono przedmiot badań oraz określono zakres przeprowadzonych analiz. Następnie scharakteryzowano obszar badań, który ograniczono do dwóch metod związanych z zarządzaniem jakością, do zastosowań kompaktowych wymienników ciepła oraz modeli matematycznych do obliczeń cieplnych.

Za dyskusyjne w tej partii materiału uważam jednak:

- Ograniczenie wykorzystanych metod jakościowych do dwóch metod, tj. QFD i FMEA, bez przedstawienia szerszego przeglądu metod i narzędzi związanych z zarządzaniem jakością oraz uzasadnienia ich wyboru. Obie metody wybrano i zastosowano prawidłowo, jednak brakuje szerszej charakterystyki metod zarządzania jakością (wymieniono je jeszcze na początku rozdziału 6)
- Przedstawienie wyłącznie klasycznego podejścia do analizy FMEA. Metoda ta jest obecnie podstawowym narzędziem systemów zarządzania jakością, które jest wykorzystywane do analizy ryzyka występowania niezgodności w analizowanych procesach. Obecnie wyznaczanie stopnia ryzyka (R), jest zastępowane wyznaczaniem priorytetu działań (AP). Z punktu widzenia zaproponowanego sposobu projektowania oba podejścia są możliwe do zastosowania.
- Badania można byłoby jeszcze uzupełnić o opracowanie standardu procesu projektowania, np. w postaci procedury lub formularza do przeprowadzania analiz związanych z projektowaniem nowych wyrobów, który połączyłby wybrane metody i narzędzia jakości (QFD, FMEA, analizę Pareto, raport A3, itp.).
- W pracy zaproponowano oryginalne podejście do projektowania wymienników ciepła, które warto byłoby poprzedzić bardziej szczegółowym przeglądem literatury, z której wynikałaby luka badawcza, którą recenzowana praca mogłaby wypełnić.

Jakie metody i narzędzia zarządzania jakością brano pod uwagę przy ustalaniu koncepcji badań? W jakim zakresie można byłoby je wykorzystać w projektowaniu wymienników ciepła?

Nie mam zastrzeżeń do przeglądu literatury dotyczącej zastosowania kompaktowych wymienników ciepła oraz do sformułowania tezy prac.

Rozdziały związane z badaniami własnymi

Zaproponowany sposób analizy oraz praktyczne przykłady pokazują autorską metodologię projektowania, której podstawą jest dobór rozwiązań konstrukcyjnych oraz parametrów pracy kompaktowego wymiennika ciepła wykorzystując metody zarządzania jakością w celu uzyskania wysokiej efektywności wymiany ciepła. Wykorzystanie metod Quality Function Deployment (QFD) i Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) pozwoliło na określenie wytycznych konstrukcyjnych innowacyjnego kompaktowego wymiennika ciepła, które uwzględniono i zweryfikowano w oparciu o podejścia matematyczne jedno- i dwuwymiarowe oraz przy wykorzystaniu komercyjnych programów obliczeniowych CFD. Badania innowacyjnych rozwiązań kompaktowych wymienników ciepła przeprowadzono również na specjalnie utworzonym stanowisku badawczym.

W tej części pracy szczególnie na uwagę zasługują:

- badania eksperymentalne przeprowadzone w Laboratorium Wymiany Ciepła Politechniki Świętokrzyskiej,
- opracowane analizy QFD i FMEA w celu wskazania wytycznych do zaprojektowania innowacyjnego kompaktowego wymiennika ciepła,
- opracowanie modelu matematycznego,
- symulacje porównawcze wybranych cech wymiennika,
- porównanie efektywności pracy modułu odniesienia do modułu docelowego.

Za dyskusyjne w tej części pracy uważam pominięcie w analizie wymagań klientów metodą QFD jednego z wymagań klientów wymienionych na rysunku 6.2 – trwałości materiału konstrukcyjnego.

*Dlaczego pominięto w opisie wymagań klienta „trwałość materiału konstrukcyjnego”?
Jaka jest waga ważności tego czynnika w porównaniu do pozostałych wymagań klientów, które analizowano pracy?*

Za pomocą symulacji w oprogramowaniu wspomagającym projektowanie (Simcenter Star-CCM+) sprawdzono wpływ wybranych parametrów wymiennika na przejmowanie ciepła. Dla różnych cech uzyskano zbliżone wyniki np. dla 11 i 15 równoległych kanałów w wymienniku. W module docelowym zastosowano wariant z 15 kanałami. Wariant z 11 kanałami wydaje się być bardziej ekonomiczny, dlatego warto byłoby dodatkowo ocenić warianty pod kątem kosztów wytwarzania.

Ważnym elementem realizacji projektów jest ocena ekonomiczna, którą pominięto w przeprowadzonych badaniach, a skupiono się na konstrukcji wymiennika i efektywności czasowej procesu projektowania.

Jakie są orientacyjne różnice kosztów wytworzenia dla analizowanych wariantów konstrukcyjnych kompaktowego wymiennika ciepła?

Jakie są przewidywane efekty ekonomiczne stosowania zaproponowanego podejścia do projektowania wymienników ciepła?

Rozdział związany z podsumowaniem i wnioskami

Podsumowanie i wnioski końcowe uważam za poprawne i nie mam do nich zastrzeżeń. Przedstawione rozwiązanie, w tym sposób wykorzystania metod QFD i FMEA jako narzędzia wspomagającego ustalenie wymaganych cech konstrukcyjnych projektowanego nowego wymiennika ciepła, a następnie wykorzystanie modelu matematycznego i oprogramowania symulacyjnego ułatwiającego ocenę zaproponowanych rozwiązań konstrukcyjnych projektowanego wyrobu, może znaleźć szersze zastosowanie w praktyce produkcyjnej w różnych branżach. W zależności od branży i analizowanych produktów będą identyfikowane różne wymagania klientów i różne cechy wyrobów, oraz różne wady, ich skutki i różne działania kontrolne i korygujące. W efekcie uzyskujemy lepszy produkt oraz poprawę procesu projektowego niezależnie od złożoności produktu.

4. Bibliografia

Zestaw źródeł literaturowych (92 pozycji) uważam za prawidłowy i wystarczający.

5. Uwagi redakcyjne

Praca jest dobrze zredagowana. Poza drobnymi błędami redakcyjnymi, głównie literowymi i stylistycznymi, praca ogólnie świadczy o bardzo dobrym opanowaniu techniki pisania prac. Zauważone drobne nieścisłości czy błędy redakcyjne nie mają istotnego wpływu na merytoryczną ocenę pracy.

6. Wnioski końcowe

Oceniając przedstawioną pracę doktorską pragnę, mimo podanych wyżej uwag, podkreślić następujące jej walory, do których można zaliczyć:

- zasadność podjętej tematyki badawczej,
- znajomość i umiejętność przedstawienia aktualnego stanu zagadnienia,
- oryginalność zaproponowanego rozwiązania,
- praktyczne podejście do rozwiązania problemu.

W pracy autor wykazał się ogólną wiedzą z zakresu projektowania wymienników ciepła. W szczególności wykazał się znajomością narzędzi związanych z zarządzaniem jakością, które skutecznie połączył z projektowaniem, w tym z ustalaniem parametrów konstrukcyjnych nowych wyrobów.

Przedmiotem recenzowanej rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu badawczego w zakresie zastosowania metod zarządzania jakością w projektowaniu nowych wyrobów.

Powyższe czynniki skłaniają do stwierdzenia, że praca spełnia wymagania ustawowe (Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o tytule i stopniach naukowych oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki) stawiane pracom doktorskim oraz że doktorant na podstawie przeprowadzonych badań wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowych.

Biorąc pod uwagę sformułowane wyżej opinie, stawiam wniosek o uznanie pracy jako spełniającej ustawowe wymagania stawiane rozprawie doktorskiej w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna oraz wnioskuję o dopuszczenie doktoranta do publicznej obrony pracy.

Bielsko-Biała, 5.07.2022r.

Danina Plich

.....