

OPINIA

o rozprawie doktorskiej mgr. inż. Zbigniewa Kurzyna

p.t.:

„Wpływ zróżnicowanej struktury geometrycznej powierzchni tulei cylindrowej silnika o zapłonie samoczynnym na przebieg i efekty procesu roboczego”

Podstawa opracowania: pismo nr RM-530-19-01/19/2023 dr. hab. inż. Andrzeja Burghardta, prof. PRz., Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej, z dnia 30 października 2023 roku.

1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Zbigniewa Kurzyna pt. „Wpływ zróżnicowanej struktury geometrycznej powierzchni tulei cylindrowej silnika o zapłonie samoczynnym na przebieg i efekty procesu roboczego” ma 175 stron. Praca zawiera spis treści, streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń, 10 rozdziałów merytorycznych, spis literatury, tabel i rysunków oraz załączniki zawierające wyniki pomiarów.

We wprowadzeniu do pracy Autor uzasadnia potrzebę podjęcia badań dotyczących problemu emisji związków toksycznych spalin z silników spalinowych. Autor podjęcie tematu motywuje względami środowiskowymi, koniecznością ograniczania emisji związków szkodliwych spalin, a jako jedną z możliwości tego ograniczania podaje parametry konstrukcyjne gładzi cylindra. Motywacja przedstawiona przez Autora jest w pełni uzasadniona, obecnie kwestie dotyczące ochrony środowiska są kluczowym zagadnieniem determinującym rozwój silników spalinowych, a poszukiwanie rozwiązań w tym zakresie jest pożądane.

W rozdziale 2 zatytułowanym „Specyfika warunków pracy układu TPC silnika spalinowego” Autor opisał warunki współpracy pary tłok–cylinder, z uwzględnieniem smarowania, źródeł zużycia oleju i wpływu tegoż zużycia na emisję związków toksycznych spalin. Umieszczenie tego rozdziału w pracy jest zasadne, jednak wydaje się, że pewne jego fragmenty mogły być pominięte, bez istotnej utraty treści merytorycznej pracy, mają

one raczej charakter podręcznika akademickiego, np. analiza rozkładu sił w układzie korbowo-tłokowym. Natomiast, pozostaje niedosyt treści i analiz wpływu zużycia oleju na emisję związków toksycznych spalin, z punktu widzenia tematu pracy jest to bardzo ważne zagadnienie.

Kolejny rozdział 3, jest zatytułowany „Metody kształtowania powierzchni gładzi cylindra” i opisane są w nim zagadnienia technologiczne związane z obróbką mechaniczną gładzi tulei cylindrowych. W rozdziale 4 zdefiniowano cel pracy, który brzmi: „celem pracy jest zbadanie możliwości poprawy parametrów użytkowych silnika i zmniejszenia emisji szkodliwych składników spalin, w szczególności węglowodorów i cząstek stałych poprzez planową zmianę cech funkcjonalnych powierzchni gładzi cylindra”. W rozdziale tym opisany jest zakres pracy oraz uzasadnienie podjęcia tematu pracy, sformułowano również dwie tezy pracy, które nawiązują do celu.

Rozdział 5 to analiza literatury przedmiotu. Przegląd ten dotyczy głównie analizy literatury z zakresu współpracy elementów układu korbowo-tłokowego. Duża część tego rozdziału poświęcona została problemom smarowania pary tłok-cylinder, co jest zasadne w aspekcie tematu pracy. Efektem analizy literatury jest wykazanie braku badań wpływu teksturowania powierzchni tulei cylindrowej na parametry pracy silnika.

W kolejnym rozdziale opisano warunki tarcia w węźle pierścienie-tuleja cylindrowa silnika SW 680, który był obiektem badań opisanych w pracy. Należy zatem uznać, że rozdział ten jest częścią metodyki badań. Analizy te były wykorzystane do wykonania zmodyfikowanych tulei cylindrowych, na ich podstawie określono obszary dla których wykonano teksturowanie, w celu zwiększenia pojemności olejowej. Rozdział ten dotyczy tylko jednego silnika, który jest obiektem badań szkoda, że Autor nie rozszerzył analizy o inne silniki, co potwierdziłoby bardziej ogólny charakter badań, nieograniczony tylko do badanego silnika.

Rozdział 7 to opis tulei cylindrowych wykorzystanych do badań, warianty tych tulei i technologia ich wykonania. Uzupełnieniem rozdziału jest opis badań pomiarów chropowatości wykonanych tulei.

W rozdziale 8 następuje kontynuacja opisu metodyki badań, a rozdział ten dotyczy procedury badań silnikowych. Rozdział zawiera opisy aparatury badawczej, warunków i parametrów pracy silnika w podczas pomiarów.

Najważniejszy pod względem merytorycznym jest rozdział 9, zatytułowany „Analiza wyników pomiarów i wnioski”. W rozdziale tym Autor zamieścił analizę emisji związków toksycznych spalin oraz analizę chropowatości tulei po wykonanych badaniach. Rozdział zakończony jest wnioskami poznawczymi i utylitarnymi wynikającymi z analizy wyników badań. Ostatni rozdział to podsumowanie rozprawy, w którym Autor sformułował wnioski i spostrzeżenia oraz odniósł się do celu i tez pracy.

Po części merytorycznej jest spis tabel, ilustracji i cytowanej literatury, który zawiera 99 pozycji, w tym liczne obcojęzyczne, część źródeł literaturowych to strony internetowe. Wykorzystana literatura jest aktualna i powiązana z tematyką pracy.

Podsumowując należy podkreślić, że konstrukcja pracy, podział treści na rozdziały i podrozdziały jest właściwy i logiczny. Zawiera wszystkie niezbędne elementy wymagane w pracach naukowych.

2. Tematyka rozprawy i problem badawczy

Tematyka pracy jest aktualna i bardzo ważna, Autor w dysertacji zajął się wpływem struktury tulei cylindrowej na emisję związków toksycznych spalin. Problem emisji związków toksycznych z silników spalinowych jest zagadnieniem ważnym i nadal aktualnym, pomimo coraz szerzej wprowadzanej elektryfikacji układów napędowych. Silniki spalinowe w najbliższych kilkudziesięciu latach nadal będą głównym źródłem napędów pojazdów, a poszukiwanie rozwiązań ograniczających emisję związków szkodliwych spalin jest działaniem pożądanym, oceniana praca wpisuje się w te działania. W związku z tym, wybór tematu pracy jest w pełni uzasadniony. Czynniki i parametry mające wpływ na emisję związków toksycznych spalin stanowią bardzo liczną grupę. Należy zauważyć, że mimo licznych prac naukowych problem ten nie został rozwiązany. Większość prac naukowych na temat ograniczania emisji związków toksycznych spalin dotyczy procesu spalania, pozasilnikowych układów oczyszczania spalin, natomiast brak jest pozycji literaturowych w których omawiane są zagadnienia wpływu struktury powierzchni tulei na emisję związków toksycznych spalin, zatem oceniana praca jest wypełnieniem tej luki. Rozwiązanie problemu badawczego ma charakter aplikacyjny, oczywiście jednoznaczna decyzja odnośnie wdrożenia zaproponowanego rozwiązania musi być poparta szerszymi badaniami, z uwzględnieniem większej liczby obiektów badawczych i rozszerzeniem badań, chociażby w zakresie pomiaru liczby i rozkładu wymiarowego cząstek stałych.

Reasumując, tematyka dysertacji i podjęty problem badawczy jest bardzo istotny i aktualny, a opisane wyniki badań dostarczają nowej wiedzy.

3. Analiza i ocena merytoryczna rozprawy

Rozwiązanie sformułowanego problemu i celu rozprawy wymagało przeprowadzenia analiz i badań eksperymentalnych. Uzupełnieniem prac badawczych jest przegląd literatury z zakresu wpływu współpracy tłok–pierścienie–cylinder i oddziaływania na emisję związków toksycznych spalin. Takie postępowanie jest prawidłowe i uzasadnione. Doktorant wykazał braki w dotychczasowych pracach naukowych, zidentyfikował i opisał problem badawczy, a prace analityczne i badania tak zaplanował, aby uzupełniały dotychczasową wiedzę. Należy podkreślić, że zadanie dotyczące analizy literatury, dotychczasowych osiągnięć naukowych oraz tło problemu Autor pracy wykonał prawidłowo. Cel pracy sformułowano jako zbadanie możliwości poprawy parametrów użytkowych silnika i zmniejszenia emisji szkodliwych składników spalin, w szczególności węglowodorów i cząstek stałych poprzez planową zmianę cech funkcjonalnych powierzchni gładzi cylindra. Do rozważenia Doktoranta pozostawiam strukturę pracy, cel badań raczej powinien wynikać z analizy literatury, wykazanych braków w literaturze, a w ocenianej pracy najpierw zdefiniowano cel, później następuje przegląd literatury.

W dalszej części pracy Autor przeprowadził analizy ukierunkowane na osiągnięcie celu pracy. Pierwsza część analiz dotyczy warunków tarcia w węźle pierścienie–tuleja cylindrowa badanego silnika. Analiza ta jest wskazana, na jej podstawie Autor określił zakres modyfikacji tulei cylindrowej, czyli obszary dla których należy zwiększyć pojemność olejową gładzi, jednak pewne fragmenty mają charakter podręcznika akademickiego i bez starty dla wartości merytorycznej pracy mogłyby być pominięte, np. schemat mechanizmu korbowego. Na podstawie obliczeń i analizy warunków tarcia Doktorant zmodyfikował powierzchnię cylindra, a opis metodyki procesu technologicznego stanowi już część metodyki badań. Uzupełnieniem są badania chropowatości powierzchni zmodyfikowanych tulei, jednak brakuje komentarza odnośnie wyników tych badań. Kontynuacją metodyki badań są opisy stanowiska i aparatury do badań silnikowych. Uważam, że Doktorant prawidłowo przygotował eksperyment, zastrzeżeń nie budzi wykorzystanie metod i aparatury pomiarowej, prawidłowo dobrał obiekt badań. Z oczywistych względów jest to tylko jeden silnik, ale uzyskane wyniki badań można uogólnić do innych silników.

W pracy Autor zajął się wpływem struktury gładzi cylindrowej, jej zwiększonej pojemności olejowej na emisję związków toksycznych spalin, przy czym analiza tego wpływu jest ograniczona do emisji węglowodorów i cząstek stałych, ale tylko w ujęciu ich masy. Zawężenie badań tylko do wspomnianych dwóch związków toksycznych jest uzasadnione, zużycie oleju smarującego ma przede wszystkim wpływ na emisję węglowodorów i frakcji organicznej cząstek stałych, a więc pominięcie emisji tlenków azotu i tlenku węgla nie ma większego znaczenia dla ustalenia wniosków wynikających z badań. Natomiast szkoda, że badania nie obejmowały pomiaru liczby i rozkładu wymiarowego cząstek stałych, kwestię tą pozostawiam Autorowi do rozważenia jako kierunek przyszłych badań. Z parametrów użytkowych do analizy wybrano jednostkowe zużycie paliwa. Wybór ten jest uzasadniony, jednostkowe zużycie paliwa jest wskaźnikiem sprawności silnika, a warunki smarowania węzła pierścienie–tuleja mają wpływ na sprawność mechaniczną. Analizy te są dużą wartością pracy i osiągnięciem naukowym Autora.

Przeprowadzone badania pozwoliły ustalić wnioski odnośnie zmian emisji węglowodorów i cząstek stałych dla badanych wariantów zmodyfikowanych tulei. Jednoznaczne wnioski ustalono dla emisji węglowodorów, emisja cząstek stałych i jednostkowe zużycie paliwa nie wskazują jednoznacznych zmian, są zależne nie tylko od struktury tulei, ale także od parametrów pracy silnika, obciążenia i prędkości obrotowej. Należy jednak podkreślić, że uzyskane wyniki jednoznacznie świadczą, że zaproponowane przez Autora rozwiązanie ma duży potencjał i należy kontynuować badania w tym kierunku.

Ostatnią merytoryczną częścią pracy jest podsumowanie w którym zawarto wnioski wynikające z pracy. Wnioski są sformułowane prawidłowo, odnoszą się do celu. W podsumowaniu Autor wskazał też kierunki dalszych badań.

4. Uwagi o charakterze dyskusyjnym

Mimo bardzo wysokiej oceny rozprawy, zauważalnej dużej staranności i poprawności wykonanych badań i analiz kilka kwestii zapisanych w pracy ma charakter dyskusyjny, a ich wyjaśnienie i uzupełnienie zwiększy wartość naukową dysertacji. Najważniejsze z nich to:

1. Wydaje się, że zakres i treść dysertacji są zawężone w stosunku do tytułu. W tytule ujęto wpływ struktury geometrycznej tulei na przebieg i efekty procesu roboczego silnika, natomiast Doktorant skupił się wyłącznie na efektach, badania i analizy dotyczą wpływu struktury geometrycznej na parametry pracy silnika, głównie emisję związków toksycznych.
2. Ważną częścią pracy jest analiza wpływu zużycia oleju na emisję związków toksycznych spalin, opisana w rozdziale 2.5. Zwracam uwagę, że analiza ta jest wykonana z wykorzystaniem literatury opublikowanej stosunkowo dawno. Oczywiście wnioski opracowane na tej podstawie są słuszne, jednak uzupełnienie analizy o najnowsze pozycje dałoby pogląd również na emisję cząstek stałych w ujęciu liczby i rozkładu wymiarowego, co może być interesującą informacją.
3. Niejednoznacznie jest sformułowany cel pracy. Nasuwa się pytanie, czy trafniejszym określeniem nie byłoby analiza lub ocena wpływu struktury geometrycznej tulei na emisję związków toksycznych i zużycie paliwa silnika, zamiast „zbadanie możliwości”. Tą kwestię poddaję do rozważenia Autorowi.
4. Dyskusyjny wydaje się również zapis tezy nr 2. Teza ta wprost mówi o tym, że proponowane modyfikacje tulei cylindrowej mają zastosowanie jedynie dla silników o średnicy cylindra większej niż 120 mm. Skąd założenie, że wnioski z przeprowadzonego eksperymentu mają zastosowanie tylko do silników o średnicy cylindra większej niż 120 mm?
5. Niejednoznaczna jest interpretacja wyników pomiarów z wykorzystaniem urządzenia AVL MSS (Micro Soot Sensor). Autor wyniki tych pomiarów definiuje jako „stężenie sadzy w spalinach PM” (np. str. 58). Oczywiście, zachodzi korelacja między emisją sadzy i cząstek stałych, ale nie jest to tożsame. W innym miejscu, str. 77, w aspekcie emisji cząstek stałych pojawia się informacja o zadymieniu spalin.
6. Myślę, że szerszego komentarza wymaga wykonana geometria powierzchni tulei cylindrowej. Autor wyjaśnił wyczerpująco miejsca wykonania powierzchni teksturowanej, wynika to z analizy opisanej w rozdziale 6, natomiast nie jest jednoznacznie wyjaśniony dobór parametrów tej powierzchni, odległość między wgłębieniami i ich głębokość.
7. Oczekiwałbym też komentarza Autora odnośnie zapisu ze strony 91: „Wysokość wgłębień R_v jest nieco wyższa po próbach, ale jest to zmiana bez znaczenia, mogąca wynikać z błędów procedury pomiarowej”. Dlaczego Autor stwierdza, że metodyka pomiaru jest błędna? Jeżeli tak, to dlaczego uwzględniono w pracy te pomiary?

5. Ocena edycji pracy

Praca jest napisana poprawnym językiem, użyta terminologia jest zgodna z ogólnie przyjętymi kanonami redagowania prac naukowych. Szyk zdań i stylistyka nie budzą zastrzeżeń. Zastrzeżeń nie budzi również strona graficzna pracy, rysunki i wykresy są czytelne i starannie przygotowane. Nieliczne niedoskonałości, które pojawiają się w tekście nie mają wpływu na komunikatywność i poprawność przekazu, tym bardziej na ocenę merytoryczną pracy. Poniżej zapisano przykładowe niedoskonałości o charakterze technicznym i edytorskim, w celu uniknięcia podobnych w przyszłych pracach realizowanych przez Doktoranta, oczywiście nie wymagają one odpowiedzi, czy komentarza.

1. W niektórych fragmentach pracy Autor podaje szczegółowe i precyzyjne informacje bez wskazania źródła, np. we wprowadzeniu rozwiązanie firmy BOSCH, str. 32, rozwiązanie firmy FIAT.
2. Str. 32, stwierdzenie „surowsze” w odniesieniu do norm emisji związków toksycznych.
3. Zapis ze strony 57: „Badania wykonane zgodnie z zasadami dobrej praktyki inżynierskiej...”
4. Str. 79 (również inne wykresy w dalszej części pracy), opis osi: „emisja sadzy [mg/m^3]”, jeżeli wartości są wyrażone w mg/m^3 to stężenie, nie emisja. Na tym samym wykresie (ale również innych), raczej powinno być: prędkość obrotowa wału korbowego silnika, a nie prędkość obrotowa silnika.

6. Podsumowanie

Podsumowując całą pracę podkreślam bardzo wysoką ocenę rozprawy, wymienione w recenzji uwagi i komentarze nie umniejszają tej oceny. Rozprawa cechuje się dużą wartością merytoryczną, jest oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego, a opisane autorskie badania są oryginalnym dorobkiem naukowym Autora. Należy również podkreślić dobre przygotowanie merytoryczne Doktoranta do pracy naukowej oraz dużą wiedzę i znajomość zagadnień w reprezentowanej dyscyplinie. Uważam, że praca Pana mgr. inż. Zbigniewa Kurzyna zatytułowana „Wpływ zróżnicowanej struktury geometrycznej powierzchni tulei cylindrowej silnika o zapłonie samoczynnym na przebieg i efekty procesu roboczego” stanowi istotny wkład w rozwój wiedzy w zakresie dyscypliny inżynieria mechaniczna. Reasumując stwierdzam, że rozprawa Pana mgr. inż. Zbigniewa Kurzyna spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2013 roku (z późniejszymi zmianami) oraz Ustawy o Szkolnictwie Wyższym i Nauce z 2018 r. i wnioskuję o dopuszczenie Doktoranta do publicznej obrony.

