

Prof.dr hab.inż. Andrzej Teodorczyk
Politechnika Warszawska
Instytut Techniki Ciepłej
ul. Nowowiejska 25, 00-665 Warszawa
tel. 234-5226; fax. 8250-565
e-mail: andrzej.teodorczyk@pw.edu.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra Josepha Woodburna

pt. „Exhaust emissions of ammonia from spark ignition engines fitted with tree-way catalytic converters under transient operating conditions”

opracowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Poznańskiej z dnia 7.04.2022 r.

Recenzowana praca ma objętość 149 stron i zawiera spis treści, wykaz skrótów i oznaczeń, streszczenie w języku polskim i angielskim oraz 6 rozdziałów i obszerną bibliografię obejmującą 345 pozycji. Rozprawa zawiera 13 tabel i 81 rysunków. Struktura pracy jest prawidłowa z właściwym podziałem na rozdziały i podrozdziały. Praca zawiera wszystkie niezbędne elementy charakterystyczne dla pracy doktorskiej. Rozprawa jest napisana bardzo dobrym językiem angielskim, z czytelnym formatowaniem.

1. Ocena tematu rozprawy

Praca dotyczy zagadnienia obecności amoniaku (NH_3) w spalinach emitowanych z układów wylotowych pojazdów napędzanych silnikami spalinowymi o zapłonie iskrowym (ZI) wyposażonych w trójfunkcyjne reaktory katalityczne (ang. TWC).

Pierwsze informacje naukowe na temat obecności NH_3 w spalinach samochodowych pojawiły się około pięćdziesiąt lat temu wraz z rozpoczęciem stosowania trójfunkcyjnych reaktorów katalitycznych. Pomimo częstych wzmianek w literaturze, zwłaszcza po roku 2000 temat ten pozostawał mało znany i nie doczekał się wprowadzenia limitu emisji NH_3 w jakichkolwiek normach emisji na świecie. Ciągłe zmniejszanie limitów emisji zanieczyszczeń regulowanych CO , HC i NO_x w kolejnych edycjach norm w USA, Europie i Azji doprowadziło do sytuacji, że emisja NH_3 nie może dłużej pozostać niezauważona w przepisach. Wraz z szerszym stosowaniem nowych paliw i nowych technologii silnikowych, a także nowych układów kontroli emisji należy stale monitorować emisje substancji, które nie są jeszcze regulowane i w razie potrzeby wprowadzać odpowiednie regulacje prawne.

Amoniak jest naturalnie występującym składnikiem atmosfery o znaczeniu biologicznym, a jego emisje antropogeniczne są zdominowane przez działalność rolniczą i przetwarzanie ścieków, jednak w środowiskach miejskich o dużym natężeniu ruchu pojazdów poziom emisji NH_3 przez silniki wyposażone w TWC jest obecnie znaczący i może wpływać na jakość powietrza w miastach. Z tego powodu zasługuje na dokładniejsze zbadanie prowadzące być może do działań legislacyjnych.

Rozprawa mgr Woodburna doskonale wpisuje się w ten nurt. Dotyczy ona aktualnej i ważnej tematyki naukowej w skali światowej. Jak wykazano w niniejszej rozprawie, zarówno w toku prac eksperymentalnych, jak i analizy literatury, wszystkie pojazdy z układami napędowymi ZI wyposażonymi w TWC mają mierzalne emisje NH_3 podczas badania przy użyciu powszechnie stosowanych procedur badania emisji (cykle jazdy). Różnice w wielkości emisji NH_3 są znaczące, w niektórych przypadkach emisje NH_3 są na bardzo niskich (a nawet niewymiernych) poziomach, w innych przypadkach emisje NH_3 mogą być zasadniczo porównywalne z emisjami NO_x (w tym w przypadku silników HD zasilanych paliwami gazowymi). Co więcej, emisje NH_3 mogą być, w zależności od wielu czynników, nawet na wyższym poziomie niż NO_x . Wykazanie tego jest to niewątpliwie znaczącym osiągnięciem doktoranta.

Wybór obszaru badawczego i tematu rozprawy uważam zatem za trafny i w pełni uzasadniony oraz ważny i perspektywiczny dla nauki i techniki. Tematyka pracy jest nowatorska w skali światowej.

2. Ocena struktury i treści rozprawy

Rozprawa składa się z sześciu rozdziałów, zaczynających się od wprowadzenia i zakończonych wnioskami.

W syntetycznym wprowadzeniu autor jasno zarysował problem emisji amoniaku w spalinach silników o zapłonie iskrowym wyposażonych w trójfunkcyjne reaktory katalityczne w dynamicznych warunkach eksploatacji. Omówiono znaczenie amoniaku wśród szkodliwych związków obecnych w spalinach, ze szczególnych uwzględnieniem relacji między emisją NH_3 i tlenków azotu NO_x . Przedstawiono światowe regulacje odnośnie emisji spalin z silników o zapłonie iskrowym pojazdów drogowych. Brakuje uzasadnienia dlaczego ograniczono tematykę do silników ZI pomimo znaczącej także emisji NO_x z silników o zapłonie samoczynnym i stosowania w nich układów SCR.

Bardzo krótki rozdział drugi zawiera sformułowanie celu i zakresu pracy ujętego jako synteza stanu wiedzy w temacie rozprawy oraz przedstawienie wyników własnych badań doświadczalnych na temat emisji NH_3 przez pojazdy napędzane silnikami ZI wyposażonymi

w TWC. Brakuje tu wyraźnie postawionej tezy pracy chociaż domyślnie wynika ona z wprowadzenia.

W rozdziale trzecim autor przedstawił obszerny przegląd literatury na temat podstawowych źródeł emisji NH_3 i możliwych przyczyn ich zmienności. Przeprowadzono tu szczegółową analizę mechanizmów powstawania NH_3 w TWC oraz analizę czynników mających na to wpływ. Należy tutaj podkreślić wysoki poziom znajomości i zrozumienia opisywanych zagadnień. Rozdział ten może służyć jako wzorcowe kompendium wiedzy o emisji NH_3 .

Rozdział czwarty przedstawia oryginalne zasady pomiaru NH_3 w kontekście motoryzacyjnym wraz ze specyficznymi zjawiskami i utrudnieniami pomiaru wynikającymi z właściwości cząsteczki NH_3 .

Rozdział piąty przedstawia wyniki przeprowadzonych badań eksperymentalnych. Badania wstępne obejmowały pomiary emisji NH_3 z floty pojazdów lekkich (LD) z silnikami ZI, przeprowadzonych w różnych cyklach jezdnych. Następnie przeprowadzono bardziej szczegółowe badania zbioru pojazdów, wybranych na podstawie ich wyników emisji NH_3 i charakterystyki układu napędowego. Zaprezentowano także wyniki uzyskane na podstawie zmodyfikowanych przez autora procedur badawczych. Dodatkowo przedstawiono wyniki badań silnika ZI typu HD zasilanego gazem ziemnym, uwzględniając aktualne wymagania techniczne UE dotyczące homologacji. Ostatnia część rozdziału dotyczy określenia zależności pomiędzy emisją NH_3 i NO_x oraz starzeniem się reaktora TWC.

Rozprawę zamyka rozdział ósmy zawierający podsumowanie najważniejszych osiągnięć pracy, wnioski wynikające z przeprowadzonych badań oraz perspektywy dalszych prac.

Do najważniejszych osiągnięć pracy należy zaliczyć zbadanie wpływu udziału azotu reaktywnego w spalinach, występującego w postaci NH_3 , a także efektów termicznych oraz efektów wynikających z zimnego rozruchu na emisję NH_3 . Wykazano w badaniach, że skład mieszanki palnej ma istotny wpływ na powstawanie NH_3 , ponieważ decyduje o dostępności wodoru, który reagując z NH_3 powoduje powstanie NH_3 , a także tlenku węgla (poprzez udział w reakcjach tworzących wodór) i tlenu, który inhibuje powstanie NH_3 w TWC. Badania wykazały także, że duże znaczenie ma temperatura reaktora, ponieważ konwersja NO_x prowadzi do emisji NH_3 .

3. Ocena metodologiczna pracy

Zamierzony przez autora cel rozprawy wymagał zaprojektowania planu badań w hamowni podwoziowej i w silniku, użycia złożonych stanowisk laboratoryjnych,

przeprowadzenia licznych zaawansowanych pomiarów oraz przeanalizowania i opracowania wyników. Cel eksperymentalny został w pełni osiągnięty i uzyskane wyniki doświadczalne stanowią wartościowy i oryginalny dorobek naukowy autora.

Plan realizacji badań został prawidłowo opracowany. Poszczególne części składowe pracy zostały zaprezentowane w sposób logiczny i czytelny. Zarówno analiza poszczególnych problemów jak i wyciągane wnioski są prawidłowe. Praca jest bogato ilustrowana, co podnosi jej wartość poznawczą i redakcyjną.

Praca dostarcza szeregu wartościowych, oryginalnych wyników pomiarowych i interpretacji zjawisk, będących rezultatem solidnej i wytrwałej pracy naukowej. Autor zastosował standardowe, ale odpowiednie metody badawcze, i wydaje się, że wydobył wszystkie informacje zawarte w wynikach. Dyskusja wyników jest pogłębiona i poprawna.

Rozprawa napisana jest bardzo dobrym językiem angielskim, z poprawną terminologią naukowo-techniczną. Praca jest bardzo obszerna merytorycznie, użycie małej czcionki i małego odstępu między wierszami utrudnia jednak jej czytanie.

Oceniam bardzo wysoko postawienie problemu badawczego, metodologię przeprowadzonych prac i badań oraz analizę i interpretację ich wyników. Rozprawa oprócz walorów naukowych ma dużą wartość praktyczną.

4. Uwagi merytoryczne i redakcyjne

Praca napisana jest wyjątkowo starannie, mimo obszernego tekstu zawartego na 149 stronach, napisanego małą czcionką z małym odstępem pomiędzy liniami, dostrzegłem tylko 3 usterki redakcyjne:

str. 57, 1lg – jest „is ambient air”, powinno być „in ambient air”

str. 74 – „Tests results from 51 vehicles”, natomiast tabela 4 zawiera 50 pojazdów

str. 76 – kilkakrotnie przywoływany jest rys. 5, który dotyczy czegoś innego

Pytania merytoryczne:

- dlaczego w tabeli 4 objętość skokowa silników podawana jest jako przybliżona w zakresie 1,5-2,0?
- jak można wyjaśnić pojawianie się pików stężenia NO i NH₃ na wykresach 44, 45 i 46?

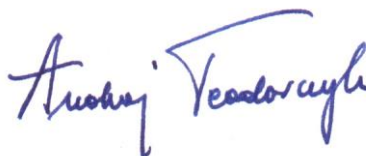
4. Wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że autor postawił ważny i oryginalny problem naukowy, opracował plan i przeprowadził zaawansowane badania doświadczalne, przeanalizował wyniki oraz sformułował wnioski.

Doktorant wykazał opanowanie warsztatu naukowego i umiejętność prowadzenia samodzielnych eksperymentalnych badań naukowych, analizy wyników i wnioskowania. Reasumując, uważam, że rozprawa spełnia z nadmiarem wymagania stawiane przez obowiązującą Ustawę o stopniach i tytułach naukowych i stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Usterki pracy są nieliczne, drugorzędne i nie wpływają na moją bardzo pozytywną ocenę pod względem postawienia problemu badawczego, zrealizowania programu badań doświadczalnych, analizy wyników i napisania przejrzystej rozprawy naukowej. Dlatego stawiam wniosek o wyróżnienie tej pracy, ze względu na:

1. Ważny, aktualny i oryginalny w skali światowej problem badawczy;
2. Wnikliwe przeanalizowanie bardzo złożonego problemu naukowego emisji NH_3 przez silniki spalinowe ZI wyposażone w reaktory katalityczne. Zakres pracy i poziom warsztatu naukowego przewyższa wartości uznawane powszechnie za standardowe;
3. Uzyskanie oryginalnych wyników naukowych o dużych wartościach poznawczych, z perspektywą ich wykorzystania w praktyce w działaniach regulacyjnych dotyczących emisji szkodliwych składników spalin przez pojazdy drogowe.



Warszawa, 14 maja 2022