

Poznań, dnia 23.05.2023 r.

## OCENA

**Rozprawy doktorskiej mgr. inż. Radosława Włostowskiego pt.:**

*Ocena wpływu zastosowania reaktora fotokatalitycznego na stan zanieczyszczenia wnętrza kabiny pojazdu*

**1. Podstawa opinii:** pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej z dnia 06.04.2023 roku, do którego dołączono egzemplarz rozprawy doktorskiej.

**2. Przedmiot opinii:** rozprawa doktorska mgr. inż. Radosława Włostowskiego liczy 123 stron tekstu w tym 7 stron spisu bibliografii, pracę napisano w języku polskim. W pracy umieszczono 69 rysunków oraz 15 tabel. W spisie bibliografii umieszczono 112 pozycji. Praca zawiera streszczenia w językach polskim i angielskim oraz spis skrótów i oznaczeń.

### **3. Ogólna charakterystyka problematyki poruszanej w rozprawie**

Tematyka pracy jest bardzo aktualna i pożądana w aspekcie zagrożeń jakie występują podczas eksploatacji maszyn i urządzeń sterowanych przez człowieka bezpośrednio w maszynie. Problem jest bieżący i nasilający się ponieważ z uwagi na przepisy europejskie coraz więcej stosowanych jest elementów z tworzyw sztucznych, które wprawdzie spełniają normy ale emisja wtórna przy różnych warunkach atmosferycznych jest znacząca, objawiająca się choćby nieprzyjemnym zapachem. W dysertacji podjęto problematykę jakości oraz oczyszczania powietrza wewnątrz kabiny pojazdów mechanicznych. Scharakteryzowano wnętrza kabiny maszyny jako środowiska pracy człowieka, opisano czynniki narażenia kierowców zawodowych i operatorów maszyn. Zdefiniowano zanieczyszczenia w kabinie maszyny ze względu na sposób oddziaływania na zdrowie użytkownika oraz zidentyfikowano źródła emisji. Przedstawiono wyniki badań dotyczące jakości atmosfery w kabinach maszyn uwidaczniając rzeczywisty problem zanieczyszczenia tego środowiska. Przedstawiono dotychczas stosowane metody oczyszczania powietrza dolotowego do kabiny pojazdu.

Dokonano przeglądu rozwiązań stosowanych do oczyszczania powietrza we wnętrzu kabin maszyn (pojazdów) z zastosowaniem zjawiska fotokatalizy. Przegląd publikacji przeprowadzono w obszarze rodzaju wykonywanych w tym obszarze badań naukowych oraz przeglądu baz patentowych w poszukiwaniu rozwiązań technicznych, wytycznych projektowych lub sposobów projektowania fotokatalizatora. Na podstawie analizy literatury stwierdzono, że zastosowanie procesu fotokatalizy jest skuteczne w oczyszczaniu powietrza w kabinie (lub powietrza dolotowego do kabiny) z substancji toksycznych, lecz badania mają charakter badań laboratoryjnych. Stwierdzono również, że dostępne rozwiązania techniczne nie dostarczają wystarczającej wiedzy w kierunku metody projektowania reaktorów fotokatalitycznych do zastosowania w oczyszczaniu powietrza w kabinie co było podstawą do podjęcia tematu rozprawy doktorskiej.

#### **4. Ogólna charakterystyka elementów rozprawy doktorskiej**

Właściwa treść rozprawy zaczyna się od rozdziału 7., w którym autor zdefiniował cel i zakres rozprawy doktorskiej. Głównym aspektem rozprawy jest opracowanie metody projektowania reaktorów fotokatalitycznych do oczyszczania powietrza w kabinie maszyny, metody badania skuteczności przepływowych reaktorów fotokatalitycznych do oczyszczania powietrza z zanieczyszczeń gazowych oraz ocena wpływu zastosowania reaktora fotokatalitycznego na stan zanieczyszczenia wnętrza kabiny pojazdu. Rozdział 8 to opis sposobu wykonania powłok fotokatalitycznych oraz wyniki badań mikrostruktury. Zaprezentowano koncepcję budowy stanowiska pomiarowego. Opisano aparaturę badawczą. Najważniejszym elementem rozdziału jest opracowanie i dobór parametrów metody badawczej takich jak: mieszanina gazów testowych, sposób pomiaru, czas ujednorodniania mieszaniny testowych gazów w układzie, czas eksperymentu, objętościowe natężenie przepływu. Rozdział 9 to plan eksperymentu, w którym zdefiniowano warunki brzegowe do badań głównych w pracy. W rozdziale 10 opisano wyniki badań stanowiskowych dla określenia skuteczności działania reaktora fotokatalitycznego w oczyszczaniu powietrza z zanieczyszczeń gazowych w funkcji jego parametrów konstrukcyjnych. W wyniku realizacji badań potwierdzono empirycznie przydatność zaprojektowanego stanowiska do określania skuteczności przepływowych reaktorów fotokatalitycznych. Uzyskane wyniki badań stanowiły podstawę do określenia wpływu reaktora fotokatalitycznego na jakość mikroatmosfery kabiny pojazdu oraz opracowania wytycznych dla projektantów i konstruktorów reaktorów fotokatalitycznych. Kolejny rozdział to analiza matematyczna wyników badań głównych. W jej wyniku stwierdzono, że parametrami definiującymi proces jest powierzchnia aktywna oraz odległość

źródła światła, natomiast nieistotna statystycznie jest temperatura, w której zachodzi proces fotokatalizy. Zdefiniowano również właściwą odległość od źródła światła, która jest, obok powierzchni aktywnej, krytycznym parametrem w projektowaniu reaktorów fotokatalitycznych. Rozdział 12 to potwierdzenie wcześniejszych założeń, w którym Autor stwierdza, że zastosowanie reaktora katalitycznego w układzie wentylacji skutecznie redukuje poziom zanieczyszczeń w kabinie. Przy zastosowaniu zjawiska fotokatalizy ograniczono ekspozycję kierowcy, operatora na zanieczyszczenie ditlenkiem azotu o około 34% (w jednym cyklu przepływu powietrza przez reaktor) w przypadku każdego typu maszyny. Stwierdzono również, że zróżnicowana geometria maszyn nie ma wpływu na poziom redukcji narażenia kierowcy (bądź operatora maszyny) przy tych samych (centralnych) nastawach układu wentylacji. Rozdział 13 to podsumowanie rozprawy doktorskiej w postaci wniosków naukowych oraz użytkowych. Dysertację kończy rozdział opisujący kierunki dalszych prac.

## **5. Oryginalność rozprawy**

Nieznane są recenzentowi prace naukowo-badawcze z podejściem do poruszanej problematyki rozprawy doktorskiej zaproponowanej przez Autora.

## **6. Wartość naukowa i aplikacyjna**

Sformułowany w pracy problem związany ze sparametryzowaniem metody fotokatalitycznego oczyszczania powietrza oraz wyznaczenie wytycznych projektowych, w postaci zależności matematycznej umożliwia aplikację zaproponowanego rozwiązania w układzie wentylacyjnym kabiny maszyny. Szczególnie, że praca powstała w wyniku współpracy z partnerem zewnętrznym z przestrzeni gospodarczej.

## **7. Zastosowane metody badawcze**

Do osiągnięcia postawionych celów rozprawy zastosowano właściwe narzędzia oraz strukturę modelowania, w tym: opracowanie koncepcji i budowa stanowiska do badań procesów jednostkowych skuteczności redukcji szkodliwych składników spalin, stworzenie planu eksperymentu (w oparciu o wyniki badań pilotażowych), opracowanie metody pomiarowej, wykonanie badań głównych, dobór parametrów metody oczyszczania powietrza wewnątrz kabiny maszyny, weryfikacja skuteczności w poprawie jakości powietrza w kabinie maszyny, opracowanie wytycznych dla celów projektowych reaktora do konkretnego układu wentylacji pojazdu.

## **8. Wykaz literatury**

Bibliografia zawiera 112 pozycji, które w znaczącej części obejmują lata 2019–2023 co świadczy o rzetelności przeprowadzonych studiów nad zagadnieniami związanymi z tematem rozprawy, nie tylko ze względu na liczbę pozycji w wykazie, lecz także na sposób i zakres jej wykorzystywania w tekście.

## **9. Uwagi ogólne**

### Zalety rozprawy

Podjęta tematyka jest trafna tym bardziej, że liczba publikacji w tej dziedzinie jest relatywnie nie duża a poruszony problem aktualny i zyskujący na coraz większym znaczeniu dla zdrowia człowieka. Zalety rozprawy:

1. Przedstawienie problemu zanieczyszczeń mogących występować w kabinie maszyny z kompleksową identyfikacją zanieczyszczeń, ich źródeł i sposobów oczyszczania powietrza w układzie wentylacyjnym.
2. Zdefiniowanie jakości powietrza jako czynnika narażenia kierowcy zawodowego.
3. Kompleksowa analiza literatury:
  - aktualny przegląd literatury zawierający 112 pozycji w tym większość z indeksem IF,
  - przegląd obejmuje bazy patentowe w zakresie fotokatalitycznego oczyszczania powietrza.
4. Podsumowanie po każdym rozdziale w sposób zwięzły opisuje zawartość rozdziałów i umożliwia sprawną ocenę kolejnych.
5. Autor zaprojektował i wykonał stanowisko pomiarowe, które umożliwia w autorski sposób prowadzenie badań w zakresie układów oczyszczających wnętrze kabiny.
6. Metody badawcze opierają się na narzędziach referencyjnych co podkreśla wiarygodność otrzymanych wyników.
7. Duże znaczenie aplikacyjne wyników. Praca wykonana we współudziale partnera przemysłowego w znaczący sposób uprawdopodobnia komercjalizację.
8. Eksperyment przeprowadzono na podstawie planu eksperymentu. Wyniki poddano analizie statystycznej co umożliwiło wyprowadzenie poprawnych wniosków.

### Wady rozprawy

Syntetyczne ujęcie uwag krytycznych

1. Brak numeracji wzorów.
2. Błędy edycyjne, stylistyczne, językowe i edytorskie.
3. Niewłaściwie użyte pojęcia i stwierdzenia.

4. Wyniki badań głównych skupione są na analizie stężeń tlenków azotu natomiast część teoretyczna skupiona jest na stężeniach lotnych związków organicznych. Czy nie należałoby wykonać dodatkowej serii badań dla przedstawiciela tej grupy związków?
5. Brak wyraźnego zestawienia wytycznych projektowych dla reaktora katalitycznego podsumowującego ich opracowanie.
6. Brak uwzględnienia reakcji fotokatalitycznych w symulacjach CFD (modelowanie oparte jedynie o rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w kabinie w oparciu o wyniki badań eksperymentalnych)

### Opis

Praca jest napisana dość starannie, zdecydowana większość rysunków i tabel jest czytelna chociaż w niektórych przypadkach użyto skanowanych ilustracji o małej jakości. Sformatowanie pracy mogło być dokładniejsze. Doktorant nie ustrzegł się również drobnych błędów stylistycznych, interpunkcyjnych (brak kropek, podwójne kropki, brak przecinków) i językowych (stosowanie tych samych słów w jednym zdaniu, liczne błędy w przenoszeniu słów do kolejnego wiersza itp.). Przykładowe użyte moim zdaniem nieprawidłowe stwierdzenia posiłkując się kolokwializmami np. w obszernej pracy (str. 28), pojazd mechaniczny i maszyna robocza. Raczej pojazdy samochodowe i NRMM (str. 21), kombinacja filtrów raczej odpowiednie zestawienie filtrów, słowo kombinacja dotyczy głównie matematyki, filtry klasy medium (zapożyczone z ang.) raczej filtry o średniej skuteczności oczyszczania (str. 22).

Oznaczenia literatury w tekście z wykorzystaniem funkcji edytora tekstu, które nie są właściwe i przyjęte w strukturze formy przedstawienia dysertacji. Brak konsekwencji w oznaczaniu jednostek temperatury raz jest to Kelwin innym razem stopnie Celcjusza. Jest kilka rysunków i wykresów w języku angielskim.

W pracy często zamiennie stosowane są pojęcia katalizator. Raz autor używa stwierdzenia określającego pierwiastek czy związek chemicznych jako czynnika zmieniającego szybkość reakcji czy też ją umożliwiający innym razem jako element np. pozasilnikowego układu oczyszczania spalin czy też powietrza w kabinie. Stwierdzenie materiały tlenkowe jak i katalizatorów zawierających metale szlachetne nie jest prawdziwe ponieważ jedno i drugie jest katalizatorem...powinno być katalizatory oparte na materiałach tlenkowych i metalach szlachetnych. Należało wyraźnie rozgraniczyć nazwę katalizatory i reaktory katalityczne. Bez tego tekst jest mało zrozumiały a wartość merytoryczna rozmyta (str. 26, 27).

Doktorant używa stwierdzeń degradacja, redukcja, obniżenie stężenia. O ile z pierwszym i trzecim terminem mogę się zgodzić o tyle redukcja głównie kojarzona jest z katalizą samochodową. W kontekście mechanizmów fotokatalizy należało się jednak konsekwentnie trzymać terminu degradacja.

Również sporo zamieszania jest w pracy z nazewnictwem obiektów badawczych. Np. użyte w rozważaniach samochody nazywane są pojazdami mechanicznymi a koparka maszyną roboczą. Wszystkie trzy pojazdy są pojazdami mechanicznymi natomiast należało to rozgraniczyć nazwami pojazdy samochodowe oraz maszyny pozadrogowe, do których zgodnie z nomenklaturą regulaminów europejskich należy przytoczona koparka oznaczana jako NRMM. Temperatura dużo, mała, niska, wysoka. Nie ma katalitycznego spalania tylko utlenianie (str. 27). Tytuł rozdziału 8 niefortunnie bardziej pasowałoby Metodyka badań.

Opracowany model zakłada dość dużo uproszczeń np. nawiew z części centralnej. Atmosfera wewnątrz pojazdu jest zjawiskiem dynamicznie się zmieniającym, szczególnie przy zastosowaniu tj klimatyzacji automatycznej. Oczywiście zrobiono to ze zrozumiałych względów jednak wnioskowanie na tej podstawie ma swoje ograniczenia. Wątpliwości również budzi brak wzięcia pod uwagę cząstek stałych o czym autor pisze w rozpoznaniu literaturowym dość dużo.

Zabrakło moim zdaniem w pracy propozycji procedury eliminacji niepożądanego emisji związków z elementów konstrukcyjnych użytych do budowy wnętrza kabiny w nowych pojazdach mechanicznych np. wnętrza kabin powinny być wygrzewane przed sprzedażą co mogłoby prowadzić do spadku LZO wraz ze wzrostem temperatury. To byłoby takim praktycznym podsumowaniem rozprawy.

Str 54 „, Na podstawie analiz wybrano do dalszych analiz n-pentan oraz 2-butan”. Prosiłbym podczas publicznej obrony o rozszerzenie powodów takiego wyboru.

## **10. Podsumowanie i konkluzja**

Rozprawa doktorska mgr. inż. Radosława Włostowskiego jest wartościowym i aktualnym opracowaniem o charakterze studyjnym, które wnosi treści poznawcze i wskazuje nowe kierunki rozwoju i doskonalenia metod związanych z ograniczeniem negatywnego wpływu emisji związków toksycznych w kabinie na zdrowie kierowcy czy operatora.

Mgr inż. Radosław Włostowski wykazał się umiejętnością samodzielnego formułowania i rozwiązywania zadań naukowych na poziomie prac doktorskich i reprezentuje wystarczający poziom wiedzy w dziedzinie tematyki rozprawy.

Stwierdzam, że przedstawiona przez Pana mgr. inż. Radosława Włostowskiego rozprawa doktorska spełnia wymagania stawiane przez ustawę: „o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 roku wraz ze zmianami, w zakresie rozpraw doktorskich i stawiam wniosek o dopuszczenie Autora do publicznej obrony.



**Podpis recenzenta**