

Prof. dr hab. inż. Marek BRZEŻAŃSKI
Wydział Mechaniczny
Politechniki Krakowskiej
31- 864 KRAKÓW
Al. Jana Pawła II 37

RECENZJA
Rozprawy doktorskiej
mgra inż. Damiana Kurzydyma pt.

**„EXPERIMENTAL AND NUMERICAL RESEARCH OF THE SELECTIVE CATALYTIC
REDUCTION SYSTEM FOR DIESEL ENGINE CARS”**

Promotor: Dr hab. inż. Zbigniew Żmudka, prof. Politechniki Śląskiej

Podstawa opracowania recenzji:

Pismo Prof. dra hab. inż. Andrzeja Rusina, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej z dnia 3.08.2022 r., do którego dołączono egzemplarz rozprawy doktorskiej.

WYBÓR TEMATYKI ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Silniki o zapłonie samoczynnym są obecnie i jeszcze długo będą podstawowym źródłem napędu ciężkiego transportu oraz napędu wielu, różnego typu maszyn przemysłowych. Ta grupa silników nadal podlega rozwojowi technicznemu, ponieważ obecnie jeszcze nie istnieją realne możliwości ich zastąpienia innymi, bardziej ekologicznymi źródłami napędu. Silniki o zapłonie samoczynnym są także nadal stosowane do napędu nowych pojazdów osobowych i dostawczych, a w trakcie eksploatacji są tysiące pojazdów napędzanych tego typu jednostkami napędowymi. W związku z tym wszelkie prace dotyczące zmniejszenia oddziaływania na środowisko toksycznych składników spalin pochodzących z tych silników są niezwykle pożyteczne. Dotyczy to zwłaszcza emisji tlenków azotu, których eliminacja ze spalin silnika o zapłonie samoczynnym jest trudna i wymaga zaawansowanych systemów oczyszczania. Obecnie najbardziej efektywnym systemem tego typu jest selektywna redukcja katalityczna (SCR), która wymaga stosowania złożonego systemu dawkowania czynnika redukującego do strumienia spalin oraz odpowiedniego reaktora katalitycznego. Tego typu systemy gwarantują wprawdzie skuteczność redukcji tlenków azotu sięgającą ponad 90%, lecz jednocześnie są one podatne na uszkodzenia oraz procesy starzenia podczas eksploatacji. Z tego względu nadal są prowadzone prace rozwojowe tego typu systemu oczyszczania spalin, których efekty mogą znaleźć zastosowanie zarówno w systemach montowanych w trakcie procesu produkcji nowych samochodów, jak i na rynku wtórnym, zastępując produkowane dotąd urządzenia.

Tego typu działania podjął w swojej pracy Doktorant, projektując zmodyfikowany układ SCR, przeznaczony głównie na rynek wtórny do eksploatowanych już pojazdów. Najważniejszą częścią Jego pracy było zbudowanie modelu numerycznego systemu selektywnej redukcji katalitycznej, dającego możliwość wielowariantowych badań

symulacyjnych, a głównym obszarem badań, na którym skupił się Doktorant, był system mieszania się spalin z czynnikiem redukującym oraz dobór materiału katalitycznego w reaktorze.

Podjęta tematyka dysertacji, dotycząca modelowania numerycznego zjawisk zachodzących w katalitycznych systemach oczyszczania spalin nie jest wprawdzie nowa, ale zaprezentowana przez Autora koncepcja jest niezwykle cenna. Należy stwierdzić, że z naukowego i praktycznego punktu widzenia wszelkie próby modelowania systemów oczyszczania spalin to aktualny i ważny problem badawczy, którego rozwiązanie może mieć istotny wpływ na zmniejszenie skutków emisji toksycznych składników spalin pochodzących z transportu oraz dalszy rozwój źródeł napędu pojazdów. Jednocześnie jest to bardzo trudne zadanie do rozwiązania z uwagi na bardzo dużą liczbę niezależnych czynników wpływających na działanie tego typu systemów i wymaga to dużego doświadczenia badawczego oraz znajomości teoretycznych podstaw procesów zachodzących w reaktorach katalitycznych, jak również znajomości technik pomiarowych oraz metod statystycznych.

Prace naukowe w tym obszarze wiedzy zasługują na duże uznanie, zwłaszcza, że poruszane zagadnienia wymagały gruntownej wiedzy interdyscyplinarnej z zakresu różnych obszarów nauk podstawowych. Z tego względu podjęta przez Autora rozprawa próba naukowego uzasadnienia konieczności modyfikacji systemów selektywnej redukcji katalitycznej, stosowanych do oczyszczania spalin samochodowych, świadczy o jego dobrym rozeznaniu w omawianej problematyce, mimo że zaprezentowany zakres pracy obejmuje tylko etap wstępnych badań doświadczalnych. Mając to na uwadze należy uznać, że tematyka podjęta przez Autora pracy jest w pełni uzasadniona pod względem poznawczym i wnosi nowe wartości naukowe, na które istnieje duże zapotrzebowanie praktyczne.

TYTUŁ I UKŁAD TREŚCI ROZPRAWY

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska autorstwa Pana mgr. inż. Damiana Kurzydyma ma tytuł „Experimental and numerical research of the selective catalytic reduction system for diesel engine cars ” i została napisana w języku angielskim. Zapisany w języku angielskim tytuł rozprawy oddaje jej treść i jest zrozumiały nie tylko dla specjalistów z branży motoryzacyjnej.

Dodatkowo, Doktorant dołączył poszerzone streszczenie rozprawy, które zatytułował „Badania eksperymentalne i numeryczne selektywnej redukcji katalitycznej dla samochodów z silnikiem o zapłonie samoczynnym”, przy czym dokument ten nie był brany pod uwagę podczas sporządzania recenzji.

Przedstawiona do recenzji praca jest obszernym dziełem, liczącym łącznie 237 stron wraz z rysunkami, tabelami, wzorami i załącznikami. Zasadnicza treść rozprawy licząca ok. 170 stron jest zawarta w trzynastu rozdziałach. Ponadto w pracy umieszczono załącznik liczący 36 stron i podzielony na sześć rozdziałów. Zawiera on elementarną wiedzę dotyczącą zasady działania silnika, mechanizmów oczyszczania spalin w reaktorach katalitycznych, a także zastosowane procedury modelowania CFD, zdefiniowane funkcje oraz wykaz publikacji, które powstały w oparciu o prowadzone badania.

Na dziesięciu stronach podano spis literatury wykorzystywanej w pracy, który obejmuje 146 pozycji, dotyczących zarówno badań naukowych prowadzonych w ośrodkach zagranicznych, jak i najważniejszych pozycji literatury pochodzącej z polskich badań w analizowanym obszarze wiedzy. Kolejność umieszczenia poszczególnych pozycji literatury w zamieszczonym spisie jest dość przypadkowa i nie jest przyporządkowana dacie publikacji lub porządkowi alfabetycznemu. Na pozostałych stronach rozprawy umieszczono wykaz ważniejszych symboli, skrótów i oznaczeń, spis tabel i rysunków a także streszczenie w języku angielskim i polskim.

Autor rozprawy przyjął oryginalny, zwykle niespotykany układ treści, ponieważ zwykle w rozprawach doktorskich teza lub naukowy cel badawczy przedstawione są po analizie istniejącej wiedzy i osiągnięć, dotyczących rozpatrywanego obszaru badań naukowych. W tym przypadku zakres badań naukowych, postawione tezy oraz naukowe i użyteczne cele pracy, Autor przedstawił w rozdziale 3, zatytułowanym „Research objectives”, na początku dysertacji, po krótkim, ogólnym wstępie zawartym z rozdz. 1 oraz liczącym jedną stronę rozdz. 2, który pełni rolę wprowadzenia do wyboru tematu rozprawy. Stan wiedzy dotyczący realizowanego tematu pracy został przedstawiony na 42 stronach w rozdziałach 4-7. Wiedza ta dotyczyła ogólnych zagadnień powstawania tlenków azotu w silniku o zapłonie samoczynnym, systemów zmniejszania ich emisji oraz europejskich procedur badawczych i limitów emisji toksycznych składników spalin. Ponadto część wiedzy teoretycznej dotyczącej ogólnych zagadnień emisji toksycznych składników spalin oraz reaktorów katalitycznych umieszczono w załączniku. Zawarto tam też elementarną wiedzę dotyczącą teorii silników spalinowych, która nie ma bezpośredniego związku z rozprawą.

Badania własne obejmujące: opis metodyki, badania doświadczalne, badania numeryczne oraz analizy wyników pomiarów zostały zawarte w rozdziałach 8-11. W rozdziale 12 dokonano weryfikacji opracowanego systemu oczyszczania spalin z tlenków azotu podczas badań pojazdu na certyfikowanej hamowni podwoziowej. W rozdziale 13 zaprezentowano podsumowanie przeprowadzonych badań i analiz.

Rozkład treści poszczególnych rozdziałów jest charakterystyczny dla sprawozdań z badań przemysłowych i wskazuje na działanie podporządkowane głównie osiągnięciu celów użytecznych, natomiast w mniejszym stopniu na naukowe wyjaśnienie badanych zjawisk fizycznych. Wskazuje na to także przyjęta metodyka i zaplanowanie celów badań naukowych.

Styl rozprawy jest poprawny, treść pracy jest dobrze zilustrowana rysunkami, a stosowana terminologia jest prawidłowa i nie budzi większych zastrzeżeń. Praca nawiązuje nie tylko do aktualnych pozycji literatury z ostatnich kilku lat, ale także do własnych doświadczeń zdobytych podczas działalności zawodowej, związanej z tematyką rozprawy.

TEZA, CEL, ZAKRES ORAZ SPOSÓB REALIZACJI PRACY

Jak już wspomniano, postawione tezy oraz naukowe i użyteczne cele pracy, Autor przedstawił w rozdziale 3, zatytułowanym „Research objectives”, na początku dysertacji. Naukowym celem badawczym pracy było opracowanie systemu selektywnej redukcji katalitycznej (SCR), służącego do oczyszczania spalin silnika o zapłonie samoczynnym z tlenków azotu, przeznaczonego na rynek wtórny do eksploatowanych samochodów osobowych. Według postawionej tezy system ten przyniesie zwiększenie sprawności konwersji tlenków azotu oraz zmniejszy koszty produkcji urządzenia. Zakres prowadzonych badań naukowych obejmował przeprowadzenie badań eksperymentalnych i numerycznych układu selektywnej redukcji katalitycznej, w celu poprawy sprawności i zmniejszenia kosztów produkcji. Badania doświadczalne obejmowały m.in. analizę porównawczą parametrów nowego, zaprojektowanego przez Doktoranta układu SCR, z parametrami oryginalnego systemu. Postawiony cel naukowy został osiągnięty głównie metodami symulacji numerycznej CFD obejmującej badania modelowe różnych wariantów systemu mieszania czynnika redukującego ze spalinami. Otrzymane wyniki podlegały następnie walidacji w oparciu o model analityczny oraz weryfikacji w oparciu o badania doświadczalne przeprowadzone na certyfikowanym stanowisku badawczym. W związku z tym można stwierdzić, że postawione przez Doktoranta zadania zostały wykonane z zastosowaniem przemyślanego warsztatu badawczego, który obejmował aparat matematyczny, pozwalający na przeprowadzenie symulacji działania różnych wariantów systemu selektywnej redukcji

katalitycznej oraz część pomiarową, realizowaną według samodzielnie opracowanej metodyki badawczej. Mimo, że praca nosi cechy sprawozdania z badań przemysłowych, wymienione składniki stanowią spójną procedurę, która prowadzi do uzyskania postawionego celu badawczego. Świadome wykorzystanie różnych narzędzi badawczych oraz wiedzy pochodzącej z różnych źródeł, świadczy o zdolności Autora pracy do samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Przyjęty w rozprawie oryginalny sposób rozwiązania problemu naukowego świadczy też o dojrzałości badawczej Doktoranta, szczególnie w rozwiązywaniu problemów przemysłowych.

OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Damiana Kurzydyma jest dziełem wartościowym merytorycznie, a uzyskane wyniki są przydatne w praktyce inżynierskiej. Głównym celem prowadzonych prac naukowych i rozwojowych było opracowanie własnej koncepcji systemu selektywnej redukcji katalitycznej tlenków azotu w spalinach silnika o zapłonie samoczynnym, przeznaczonego na rynek wtórny. Wyznaczono przy tym konieczne do zrealizowania cele użyteczne w postaci zmniejszenia kosztów produkcji systemu oraz uzyskania nie gorszych parametrów konwersji tlenków azotu, w stosunku do standardowej wersji fabrycznej.

Przy realizacji postawionych celów naukowych i użytecznych Doktorant poruszył kilka złożonych problemów badawczych.

Pierwszym z nich była analiza techniczna istniejących systemów selektywnej redukcji katalitycznej, prowadzona w aspekcie oceny działania poszczególnych segmentów systemu. Szczególną uwagę Doktorant zwrócił na rolę katalizatora używanego w reaktorach selektywnej redukcji katalitycznej oraz na formę geometryczną tzw. miksera, czyli elementu odpowiedzialnego za prawidłowe wymieszanie spalin z czynnikiem redukującym.

Drugim rozwiązywanym problemem badawczym było przeprowadzenie badań doświadczalnych, podczas których określono parametry przepływu czynnika przez wybrany segment systemu selektywnej redukcji katalitycznej, który ma istotne znaczenie z punktu widzenia funkcjonowania systemu. Badano tu głównie rozkład czynnika redukującego w strumieniu spalin, w zależności od typu zastosowanego mieszalnika.

Trzecim problemem badawczym było przeprowadzenie szeregu badań symulacyjnych, których celem było opracowanie własnej koncepcji systemu selektywnej redukcji katalitycznej. Ta część pracy badawczej została zrealizowana za pomocą nowoczesnych narzędzi inżynierskich i stanowi największą wartość naukową rozprawy.

Oprócz badań podstawowych funkcji systemu selektywnej redukcji katalitycznej, jaką jest zmniejszanie stężenia tlenków azotu w spalinach silnika o zapłonie samoczynnym, Doktorant analizował także zagadnienia natury eksploatacyjnej, takie jak wytrącanie się depozytów w systemie oraz emisja nadmiarowego amoniaku do otoczenia. Są to również ważne zagadnienia, których rozwiązanie wymaga często prowadzenia odrębnych, złożonych prac naukowych.

Podsumowaniem wymienionych badań i analiz była weryfikacja osiągniętych rezultatów, przeprowadzona na rzeczywistym obiekcie w cyklu badań doświadczalnych, wykonanych na certyfikowanym stanowisku badawczym. Badania te polegały na porównaniu parametrów opracowanego systemu selektywnej redukcji katalitycznej z parametrami systemu standardowego, instalowanego fabrycznie w pojazdach.

Rozwiązanie wszystkich wymienionych problemów naukowych i pomiarowych wymagało od Doktoranta zarówno podstawowej wiedzy dotyczącej bezpośrednio zagadnień związanych z metodami zmniejszenia emisji tlenków azotu w spalinach silnikowych, jak również interdyscyplinarnej wiedzy niezbędnej do zaplanowania i wykonania badań doświadczalnych i symulacyjnych, statystycznej obróbki dużej liczby danych oraz wiedzy związanej z techniką

komputerową. Należy tu podkreślić, że opisywane zjawiska obarczone są dużą liczbą niezależnych czynników zakłócających, uniemożliwiając stosowanie prostych i powtarzalnych zależności. W związku z tym do ich analizy wymagana jest nie tylko dobra znajomość praw statystycznych, ale także dobre przygotowanie teoretyczne, wspomagane intuicją i doświadczeniem badawczym. Niezbędna była także umiejętność posługiwania się nowoczesnymi narzędziami inżynierskimi, takimi jak wyspecjalizowane oprogramowanie komputerowe oraz znajomość współczesnych technik symulacyjnych, które to składniki były niezbędne do realizacji postawionych celów naukowych.

Doktorant sprostął wymienionym zadaniom, zwłaszcza w planowaniu i realizacji badań symulacyjnych oraz analiz dotyczących oceny i doboru materiału katalitycznego, a zastosowane w pracy metody inżynierii odwrotnej, w której wykorzystywano laserowe odtwarzania kształtu, można zaliczyć do grupy niestandardowych technik prowadzenia badań naukowych.

Dużą wartość naukową mają także badania doświadczalne dotyczące rozkładu prędkości spalin w badanym przekroju systemu selektywnej redukcji katalitycznej, natomiast pozostałe z przeprowadzonych badań doświadczalnych miały charakter rutynowych pomiarów przemysłowych. Prowadząc badania symulacyjne zjawisk zachodzących w badanym systemie, podobnie jak prowadząc badania doświadczalne rozkładu prędkości spalin, Doktorant wykazał się umiejętnością wykorzystania nowoczesnych narzędzi inżynierskich, takich jak programy typu CAD lub CFD, które znakomicie ułatwiają prowadzenie badań naukowych.

Na tej podstawie można stwierdzić, że przeprowadzenie wielowątkowych analiz, symulacji i badań doświadczalnych, które były niezbędne do zrealizowania postawionego celu badawczego, a także samodzielne opracowanie otrzymanych wyników badań i umiejętność ich świadomego użycia w stworzeniu nowego systemu selektywnej redukcji katalitycznej, świadczy o dojrzałości naukowej Doktoranta.

Wszystkie wymienione działania składają się na spójną działalność naukową, której efektem było rozwiązanie postawionych w pracy celów naukowych i badawczych.

Uważam, że największa wartość prac analitycznych, symulacyjnych i badawczych przedstawionych w recenzowanej rozprawie dotyczy:

- Trafnego wyboru tematu rozprawy, który jest aktualny i ważny z punktu widzenia praktyki inżynierskiej,
- Podjęcia próby stworzenia nowej koncepcji systemu selektywnej redukcji katalitycznej, przeznaczonego na rynek wtórny, który przy zachowaniu podobnej efektywności, jak wersja standardowa, będzie tańszy w produkcji,
- Przeprowadzenia syntetycznej naukowej weryfikacji i analizy dużego materiału badawczego, na który składa się wiedza z zakresu projektowania i eksploatacji systemów oczyszczania spalin silnikowych z tlenków azotu,
- Opracowania metodyki przeprowadzenia niezbędnych prac doświadczalnych oraz symulacyjnych opracowanego systemu, a następnie zaplanowania ich weryfikacji,
- Budowy stanowiska badawczego oraz przeprowadzenia badań doświadczalnych, służących do pozyskania parametrów wejściowych, niezbędnych do realizacji symulacji numerycznych,
- Opracowania koncepcji numerycznego modelu systemu selektywnej redukcji katalitycznej i przeprowadzenia badań symulacyjnych,
- Opracowania metody weryfikacji otrzymanych wyników badań symulacyjnych oraz przeprowadzenie ich walidacji,

- Przeprowadzenia badań przemysłowych opracowanego systemu selektywnej redukcji katalitycznej na certyfikowanym stanowisku, w oparciu o obowiązujące zasady w tym zakresie,
- Sformułowania wniosków z przeprowadzonych prac badawczych i modelowych, których wartość merytoryczna ma istotne znaczenie w planowaniu dalszych działań dotyczących rozwoju systemów oczyszczania spalin,
- W podsumowaniu całej pracy - stworzenia naukowej metody opracowania nowego systemu selektywnej redukcji katalitycznej i opracowanie takiego systemu przeznaczonego na rynek wtórny.

W rozprawie poruszono wiele różnych zagadnień dotyczących wiedzy związanej z emisją toksycznych składników spalin oraz związanych z naukowymi zasadami opracowywania systemów zmniejszających tę emisję. Wymagało to od Doktoranta zarówno gruntownej wiedzy z obszaru nauk podstawowych, jak i znajomości zagadnień specjalistycznych. Do realizacji programu badań użyto nowoczesnego aparatu badawczego, wymagającego dobrego przygotowania inżynierskiego i naukowego z zakresu wielu dyscyplin naukowych, jak również połączenia wielu metod badawczych o zakresie interdyscyplinarnym. Na podkreślenie zasługuje duża wiedza i doświadczenie przemysłowe Doktoranta, w tym także pozyskane w ośrodkach zagranicznych, w zakresie projektowania i badań katalitycznych systemów oczyszczania spalin silnikowych.

Wszystkie wymienione powyżej elementy rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Damiana Kurzydyma, stanowią o jej pozytywnej wartości merytorycznej, a na podkreślenie zasługuje duży związek prowadzonych badań analitycznych, modelowych i badawczych z potrzebami przemysłu. Można również stwierdzić, że założone tezy rozprawy zostały zrealizowane

Z tych względów przedstawioną rozprawę należy uznać za oryginalny dorobek naukowy Doktoranta, stanowiący istotny wkład w dziedzinę nauki dotyczącej dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Analizując treść rozprawy nasuwają się pewne uwagi, które jednak nie umniejszają jej pozytywnej wartości merytorycznej. Przykład stanowić może brak wyraźnego rozgraniczenia własnych dokonań, w stosunku do wiedzy pozyskiwanej z różnych źródeł, a także rozgraniczenie własnych prac badawczych i analitycznych z pracami badawczymi wykonywanymi zespołowo w jednostkach przemysłowych. Dotyczy to zwłaszcza prac doświadczalnych i pomiarów, w których należało podać udział własny Doktoranta.

W pracy umieszczono treści o charakterze podręcznikowym, dotyczące podstawowej wiedzy z zakresu działania silników spalinowych, badania emisji toksycznych składników spalin oraz regulacji prawnych w tym zakresie, które nie mają nic wspólnego z realizacją tematu przedstawionej pracy doktorskiej. Dotyczy to np. rozdz. 5 i 6, jak również treści zawartych z załączniku, gdzie np. załączono rysunek przekroju silnika ZS z komorą wirową, których to silników nie produkuje się od ponad 25 lat, omówiono zasadę działania silnika spalinowego, budowę reaktorów katalitycznych i systemów filtrowania cząstek stałych w silnikach ZI i ZS. W załączniku umieszczono z kolei ważny rozdział opisujący zastosowaną procedurę modelowania, która stanowi istotny dorobek Doktoranta i powinna zostać umieszczona w głównej części pracy.

Należy tu przypomnieć, że rozprawa doktorska nie jest podręcznikiem, lecz dziełem przeznaczonym dla czytelników dysponujących specjalistyczną wiedzą z przedmiotowej dyscypliny. Następstwem tego jest nadmierne rozbudowanie treści rozprawy, utrudniające jej prawidłową analizę merytoryczną. Przyczynia się do tego również nierównomierny podział prezentowanych treści w poszczególnych rozdziałach oraz brak spójnej narracji pomiędzy kolejnymi segmentami pracy.

Powtarzanym błędem redakcyjnym jest nieprzyporządkowany, tzw. „wiszący tekst”, umieszczony po tytułach poszczególnych rozdziałów. W tym wypadku wystarczyło w każdym z przypadków nadać mu tytuł np. „9.1. Introduction”. Jak już wspomniano, spis treści nie jest uporządkowany alfabetycznie, a ponadto przy opisie rysunków Doktorant bez potrzeby przytaczał w całości tytuł danej pozycji literatury. W pracy zauważono także usterki o charakterze redakcyjnym oraz drobne usterki o charakterze pomyłek literowych, które nie miały wpływu na ocenę merytoryczną rozprawy.

WNIOSKI KOŃCOWE

Recenzowana praca doktorska autorstwa **Pana mgr. inż. Damiana Kurzydyma** dotyczy bardzo aktualnego problemu badawczego związanego z opracowaniem nowych systemów zmniejszających emisję toksycznych składników spalin, pochodzących ze środków transportu. Opracowana koncepcja badań doświadczalnych oraz autorski model matematyczny, służący do analizy procesów zachodzących w systemie selektywnej redukcji katalitycznej, noszą w sobie cechy nowości i mogą znaleźć praktyczne zastosowanie do oceny efektywności systemów oczyszczania spalin, pochodzących z tłokowych silników spalinowych. Tym samym zostały osiągnięte zasadnicze cele naukowe realizowanej rozprawy. W dziedzinie wiedzy, dotyczącej systemów oczyszczania spalin, zrealizowana praca doktorska zawiera istotne wartości naukowe związane z ważnym problemem oddziaływania środków transportu na środowisko, a uzyskane wyniki rozważań i badań mają dużą wartość dla praktyki technicznej.

Stanowi to oryginalny dorobek naukowy Doktoranta oraz wkład w dziedzinę nauki dotyczącej dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Uważam, że recenzowana praca doktorska pt.: „**EXPERIMENTAL AND NUMERICAL RESEARCH OF THE SELECTIVE CATALYTIC REDUCTION SYSTEM FOR DIESEL ENGINE CARS**”, której autorem jest **Pan mgr inż. Damian Kurzydym**, spełnia wymagania ustawy z dnia 30 sierpnia 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” wraz ze zmianami niektórych innych ustaw (Dz.U. poz. 1668), a także przepisy określone w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 maja 2011 roku (Dz. U. Nr 196 poz. 1165) oraz zalecenia Rady Doskonałości Naukowej z dnia 8.08.2019 r.

Rozprawa ta może być dopuszczona do publicznej obrony i stanowić podstawę do nadania **Panu mgr. inż. Damianowi Kurzydymowi** stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie **Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka**.

Kraków, dnia 20. 10. 2022 r.

Podpisał Marek Brzeżański