



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE
Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej
Katedra Techniki Ciepłej i Ochrony Środowiska
Dr hab. inż. Małgorzata Wilk, prof. AGH
Al. Mickiewicza 30, bud. B4, p 4B; 30-059 Kraków
Tel.: +48 12 617 46 09; e-mail: mwilk@agh.edu.pl

Kraków, 27 marca 2023 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Joanny Jójki

pt.: "Analiza wpływu zjawisk przepływowych na proces spalania nienormatywnych paliw gazowych zawierających związki azotu"

wykonanej pod opieką naukową dr hab. inż. Rafała Ślefarskiego, prof. PP

na Wydziale Inżynierii Mechanicznej

Politechniki Poznańskiej

1. Podstawa opracowania

Podstawę opracowania recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Joanny Jójki stanowi uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej z dnia 27 lutego 2023 r. nr 3/II/02/2023 wyrażona w piśmie Pana dr hab. inż. Olafa Ciszaka, prof. PP, Przewodniczącego ww. Rady oraz Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej nr DIM.075.90.2023 z dnia 27.02.2023 r.

2. Ocena tematu rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Joanny Jójki była zrealizowana ze wsparciem finansowym projektu badawczego PRELUDIUM 15, NCN pt.: „Eksperymentalne i numeryczne badanie procesu utleniania i redukcji paliwowych związków azotu w płomieniu wirowym” oraz stypendium doktorskim finansowanym w ramach konkursu ETIUDA 7, NCN pt.: „Analiza wpływu zjawisk przepływowych na proces spalania nienormatywnych paliw gazowych zawierających związki azotu”. Oba projekty dotyczyły spalania paliw z dodatkiem amoniaku, bardzo dobrego nośnika wodoru, który może zostać istotnym elementem procesu transformacji energetycznej zmierzającej w stronę zdekarbonizowanego wytwarzania energii. Tematyka ta związana jest z aktualnymi celami klimatycznymi Unii Europejskiej dążącej do neutralności klimatycznej do roku 2050.

Uważam, że temat rozprawy jest bardzo dobrze wybrany i wpisuje się w aktualne ogólnoswiatowe trendy badawcze oraz realizację założonego dla Unii Europejskiej celu transformacji energetycznej.

3. Opis rozprawy

Praca doktorska Pani mgr inż. Joanny Jójki liczy 132 strony i składa się ze streszczenia w języku polskim i angielskim, spisu tabel (14), rysunków i wykresów (76), nomenklatury oraz pięciu głównych rozdziałów obejmujących aktualny stan wiedzy i motywację, cel i tezę prowadzonych badań oraz część badawczą obejmującą metodologię prowadzenia badań eksperymentalnych i numerycznych, wyniki prac badawczych, podsumowanie i wnioski końcowe oraz dalsze kierunki badań. Na końcu rozprawy znajduje się bibliografia, obejmująca 95 pozycji (w tym 3, w których jest współautorem) oraz dorobek naukowy Doktorantki.

Pracę rozpoczyna streszczenie, w którym Doktorantka krótko charakteryzuje i podsumowuje przeprowadzone badania. W mojej ocenie streszczenie jest bardzo ogólne i nie wskazuje na złożoność problemu i różnorodność wariantów wykonanych badań numerycznych, a co za tym idzie pracochłonność wykonanych przez Doktorantkę badań.

W rozdziale pierwszym Doktorantka opisuje aktualny stan wiedzy dotyczący amoniaku jako paliwa energetycznego i jego współspalania w palnikach wirowych. Podaje również możliwości modelowania reakcji utleniania i redukcji związków azotu w strefie reakcji. We „wprowadzeniu” Doktorantka podaje powód podjętych działań, a mianowicie wyznaczony przez UE cel klimatyczny, czyli redukcję emisji do 55% do 2030 r.. Aby go osiągnąć należy m.in. zacząć stosować niskoemisyjne paliwa alternatywne o zerowym lub istotnie zmniejszonym udziale węgla takie jak wodór. Wodór najczęściej jest wytwarzany za pomocą reformingu parowego gazu ziemnego, co nie eliminuje korzystania z paliw kopalnych i niestety stwarza problemy podczas eksploatacji związane m.in. z bezpieczeństwem jego magazynowania czy transportu. Dlatego poszukiwane są inne paliwa alternatywne, które będą nośnikami wodoru, a ich stosowanie nie będzie tak kłopotliwe. Przykładem może być amoniak, który oprócz pozytywnych własności fizycznych, takich jak gęstość energetyczna, ma również wypracowane normy dotyczące bezpieczeństwa magazynowania i transportu ze względu na szeroki zakres stosowania w różnych sektorach i przemyśle energetycznym. Zastosowanie bezpośrednio amoniaku jako paliwa jest problematyczne ze względu na jego niską prędkość spalania, natomiast do współspalania z paliwami węglowodorowymi w dostępnych systemach energetycznych jest możliwe do zrealizowania. Nie będzie ono jednak pozbawione wyzwań np. związanych z emisją tlenków azotu, których kinetyka powstawania zachodzi wielotorowo. Badania eksperymentalne spalania mieszanek paliwowo-powietrznych zawierających amoniak koncentrują się głównie na stabilizacji płomienia oraz udziale NO w spalinach. Doktorantka przedstawia metody numeryczne wspomagające proces projektowania systemów spalania takie jak: 0D, 1D czy CFD modelujące przepływ, które mogą wykorzystywać kosztowne obliczeniowe metody opisujące duże skale turbulencji LES czy hybrydowe modele turbulencji albo tańsze, prostsze np. RANS czy modele zredukowane wymiarowo jak CRN. W celu modelowania udziału NO w produktach spalania wykorzystywane są mechanizmy kinetyki reakcji NO_x , rozwiązywane w kombinacji z modelami utleniania C1-C3 lub syngazów H/CO. Powszechnie wykorzystywanymi mechanizmami modelującymi spalanie gazu ziemnego są GRI-MECH3.0, SanDiego czy Konnov, ale ich możliwości w przypadku modelowania paliw z dodatkiem amoniaku są ograniczone. Najczęściej modele zredukowane wymiarowo uproszczają wpływ przepływu oraz kształtu płomienia na emisję związków toksycznych, pomijając oddziaływanie turbulencji. Najbardziej zbieżne wyniki badań numerycznych przewidujących emisję NO_x z danymi eksperymentalnymi wykazują

niskowymiarowe modele CRN. Pani mgr inż. Joanna Jójka wskazuje na różnice wyników analiz numerycznych spalania amoniaku wraz z paliwami węglowodorowymi w porównaniu do badań laboratoryjnych, które mogą wynikać z przyjętych modeli turbulencji, modeli spalania oraz mechanizmów kinetyki reakcji czy niedokładnie zdefiniowanych warunków brzegowych. Stąd motywacją do podjęcia tej tematyki badawczej było wyznaczenie precyzyjnego modelu obliczeniowego przewidującego emisję związków toksycznych dla wybranych grup paliw i płomieni w celu rozwoju potencjalnej technologii współspalania amoniaku zgodnie z realizowaną polityką klimatyczną.

Rozdział drugi dotyczy celu oraz tezy prowadzonych badań. Niekonsekwentnie z zaproponowanym tytułem rozdziału, Pani Joanna Jójka najpierw określa tezę, a następnie cele badawcze pracy. Postawiona teza zakłada, że istnieje zależność pomiędzy parametrami początkowymi procesu spalania, sposobem ukształtowania przepływu w strefie reakcji spalania oraz udziałem tlenków azotu w spalinach powstałych na drodze współspalania amoniaku oraz węglowodorowych i syntetycznych paliw gazowych. W związku z tym sformułowano główne cele pracy: I) eksperymentalne i numeryczne zbadanie wpływu wybranych parametrów początkowych procesu spalania oraz sposobu ukształtowania przepływu i stref reakcji na przebieg kinetyki utleniania i redukcji paliwowych związków azotu przy znaczącym udziale amoniaku w paliwie gazowym oraz II) określenie zakresu stosowalności wybranych mechanizmów kinetyki reakcji do modelowania procesu powstawania tlenków azotu dla rozważanych paliw i sposobów ukształtowania przepływu na podstawie przeprowadzonych badań eksperymentalnych, numerycznych oraz danych literaturowych. Doktorantka sformułowała również cele szczegółowe, aby zweryfikować postawioną tezę i osiągnąć założone cele główne. Ich realizacja była możliwa dzięki zaplanowaniu i wykonaniu szerokiego spektrum badań eksperymentalnych i numerycznych. Uważam, że postawiony cel i zakres pracy są prawidłowe, a podjęta tematyka badawcza w pełni uzasadniona.

Rozdział trzeci dotyczy metod badawczych i jest podzielony na 4 podrozdziały. Po krótkim wprowadzeniu, w pierwszym podrozdziale Doktoranta charakteryzuje wybrane parametry procesu spalania takie jak skład paliwa gazowego, zwiększenie temperatury mieszanki palnej, współczynnik ekwiwalencji czy formacje przepływowe reagującej mieszanki oraz obciążenie cieplne komory. Doktorantka zaproponowała nienormatywne paliwa gazowe tj. gaz ziemny, biogaz, syngaz oraz gaz wielkopieczowy, których skład ustalała za pomocą mieszaniny gazów palnych (CH_4 , CO , H_2) z 10% dodatkiem amoniaku i powietrzem (AIR) oraz uzupełniała o składnik inertny tj. dwutlenek węgla (CO_2). Temperatura początkowa mieszanki palnej była zwiększana do 373 K, 473 K oraz 573 K w celu zapewnienia stabilności płomienia oraz zminimalizowania ilości nieprzereagowanego NH_3 . Był to również punkt odniesienia do procesu spalania realizowanego w turbinach gazowych oraz palnikach rekuperacyjnych. Doktorantka badała płomienie kinetyczne o udziałach powietrza w mieszance od około stechiometrycznych do płomieni mieszanek ubogich, które zapewniały odpowiednio duży przepływ objętościowy przez wybrane palniki wirowe przy zachowaniu umiarkowanego obciążenia cieplnego komory spalania. Referencyjna wartość współczynnika ekwiwalencji $\phi=0.71$ powodowała stabilny płomień dla wszystkich przypadków. Badania realizowane były w dwóch palnikach z dyszą osiowoosymetryczną o stałej średnicy oraz zbieżno-rozbieżną z zawirowywaczem łopatkowym, które kształtowały strefy reakcji płomienia turbulentnego: bez zawirowania stabilizowany był na

wylocie z dyszy za pomocą rury kwarcowej, z zawirowaniem - płomień wirowy stabilizowany był przez wewnętrzną strefę recyrkulacji i na ścianach komory spalania.

W kolejnym podrozdziale Pani Joanna Jójka przechodzi do opisu badań eksperymentalnych procesu spalania w płomieniu turbulentnym, w tym stanowiska badawczego, aparatury pomiarowej oraz realizowania spalania w przepływie bez i z zawirowaniem. Opis aparatury uzupełniają zdjęcia aparatury i widoku komory oraz profesjonalnie przygotowane schematy wewnętrznej komory spalania czy zawirowacza. Doktorantka opisuje również metody przetwarzania i analizy danych.

Czwarty podrozdział skoncentrowany jest na modelowaniu numerycznym procesu współspalania amoniaku, a więc dotyczy mechanizmów kinetyki reakcji, analizy procesu spalania za pomocą modeli zredukowanych wymiarowo i modelowania reagującego przepływu turbulentnego. Doktorantka zestawia i porównuje testowane mechanizmy kinetyki reakcji Okafor, Xiao, Li, SanDiego, Tian, GRI-MECH3.0 i Creck wykorzystane podczas badań numerycznych pod kątem ich prognozowanej użyteczności. Pierwsza część badań z wykorzystaniem modeli niskowymiarowych dotyczy spalania w przepływie bez zawirowania oraz jednowymiarowych płomieni laminarnych za pomocą sieci reaktorów CRN w układzie CSTR z obiektami typu 0D IdealGasReactor. W celu ograniczenia kosztów obliczeniowych zastosowano zredukowane wymiarowo modele 0D i 1D, które nie uwzględniały wpływu turbulentnego mieszania na końcowy wynik analizowanego procesu, natomiast analizowały skład produktów reakcji oraz wykresy ścieżek reakcji. Druga część badań dotyczy spalania w przepływie z wewnętrzną recyrkulacją, aby określić wpływ przepływu zwrotnego spalin w strefie reakcji oraz końcowe stężenie związków toksycznych tj. NO. System spalania z recyrkulacją wewnętrzną został zamodelowany jako sieć reaktorów typu CSTR z wykorzystaniem obiektów 0D IdealGasReactor z bibliotek Cantera. Modelowanie płomieni turbulentnych bez zawirowań zostało wykonane na modelu turbulencji w reagującym przepływie naprężeń Reynoldsa RSM, a model spalania oparty było o model EDC z uwzględnieniem dyfuzji oraz transportu związków w przepływie. Wykorzystanie powyższych modeli było podyktowane obecnością recyrkulującej mieszanki w strefie reakcji, silnym zawirowaniem oraz dużym kątem rozwarcia dyszy. Podsumowując, przedstawiony opis metodyki badań świadczy o tym, że Pani Joanna Jójka potrafi wykorzystać wiedzę teoretyczną, posiada umiejętność planowania oraz samodzielnego wykonywania badań eksperymentalnych i numerycznych.

W Rozdziale 4, który stanowi najistotniejszą i najobszerniejszą część pracy, Doktorantka przedstawia i omawia wyniki swoich badań eksperymentalnych i numerycznych. Dla procesu spalania w płomieniach turbulentnych Doktorantka przedstawia m.in. udział NO w spalinach oraz współczynniki konwersji (CF) NH_3 do NO dla zwiększonej entalpii początkowej mieszanki paliwowo-powietrznej w przepływie bez zawirowania od udziału amoniaku w paliwie, odniesione również do mocy cieplnej, dla każdego z rozpatrywanych przypadków, czy udziału NO w funkcji współczynnika ekwiwalencji dla 5% oraz 10% amoniaku w paliwie, $T_i=473$ K, oraz w funkcji udziału amoniaku w paliwie dla współczynnika ekwiwalencji 0.71, $T_i=473$ K. Następnie przedstawia obszerne obliczenia numeryczne z wykorzystaniem wybranych modeli turbulencji, mechanizmów kinetyki reakcji czy model spalania w oprogramowaniu Ansys Fluent 2020R2 z różnymi modyfikacjami. Szczegółowej analizie poddany został wpływ stałych modelowych EDC na rozkład temperatury oraz udział molowy związków azotu wzdłuż osi komory spalania czy

wzdłuż promienia wewnętrznej komory spalania. Doktorantka porównuje uzyskane kształty płomieni dla wybranych modeli turbulencji RSM-BSL, RSM-KE czy DES. Wykonuje również analizę numeryczną dla modelu spalania FGM, wykorzystującego strukturę nieadiabatycznych laminarnych płomieni 1D. Obliczenia zostały przeprowadzone z użyciem mechanizmu Okafor, który jest najbardziej zbliżony z wynikami eksperymentalnymi. Bada wpływ zastosowanych modeli płomieni niskowymiarowych na emisję NO. Zastosowanie sieci reaktorów pozwoliło na odwzorowanie czasu przebywania przepływu w objętości odpowiadającej wewnętrznej komorze spalania z pominięciem turbulencji oraz równań transportu związków - i właśnie w oparciu o ten model wykonano dalsze badania numeryczne oraz wykonano ewaluację jakościową i ilościową wybranych mechanizmów kinetyki reakcji. Doktorantka porównuje główne ścieżki przebiegu reakcji dla mechanizmów GRI-Mech 3.0, Okafor i Creck oraz wykonuje analizę wrażliwości powstawania NO w reaktorze dla wybranych paliw.

Dla współspalania amoniaku w płomieniach wirowych przedstawia udział NO i współczynnika CF w spalinach dla dwóch różnych kątów wypływu mieszanki z palnika wirowego: SW30 - silne zawirowanie oraz intensywna recyrkulacja spalin w małej objętości wewnętrznej strefy recyrkulacji CTRZ i SW50 - rozszerzona strefa recyrkulacji ograniczona ścianami komory spalania w funkcji współczynnika ekwiwalencji dla 5% oraz 10% amoniaku w paliwie. Porównuje zawartości NO w spalinach dla badanych płomieni wirowych oraz ilości energii dostarczonej w paliwie, a także profile przebiegu temperatury, NO, CO i O₂ w funkcji odległości od osi palnika wirowego dla SW30 i SW50 dla badanych paliw. Również w tym przypadku przedstawia obszerne wyniki modelowania spalania w przepływie z osiowosymetrycznym zawirowaniem, np. modelu spalania EDC, oraz modelu PDF FGM z referencyjnym mechanizmem Xiao. Ze względu na niestabilność przypadku z zawirowaniem, wynikającą zarówno z procesu spalania, jak również wymiany masy pomiędzy płomieniem, wewnętrzną recyrkulacją CTRZ oraz zewnętrzną strefą recyrkulacji ERZ, wykonuje obliczenia dla modelu turbulencji RANS RSM BSL i porównuje rozkład NO i profile temperatur. Ocenę wpływu recyrkulacji oraz udziału amoniaku w paliwie (5, 10 i 25% NH₃) wykonuje dla najbardziej zgodnego z eksperymentem mechanizmu Okafor i porównuje ścieżki przebiegu reakcji obejmujące związki azotu i ścieżki przebiegu reakcji oraz sieci reaktorów z recyrkulacją dla badanych modeli.

Rozprawę doktorską zamyka rozdział 5 zawierający wnioski końcowe ze zrealizowanych badań, które kończą się rozważaniami Doktorantki na temat propozycji dalszych kierunków prac.

Analizując stronę edytorską rozprawy doktorskiej stwierdzam, że jest ona zredagowana poprawnie i starannie, a kolejność rozdziałów jest właściwa. Układ pracy jest przejrzysty i logiczny, a starannie opracowane rysunki i wykresy są czytelne, co ułatwia lekturę pracy. Występuje drobna liczba błędów literowych i stylistycznych.

3. Ocena rozprawy

Przedstawioną rozprawę doktorską oceniam bardzo dobrze. Omawiane zagadnienia są aktualne, a uzyskane wyniki badań mogą być wykorzystane w sektorze energetycznym. Analiza wpływu zjawisk przepływowych na proces spalania nienormatywnych paliw gazowych zawierających związki azotu wykonana za pomocą modeli numerycznych zbliżonych z wynikami eksperymentu wykazała, że Doktorantka posiada wiedzę i umiejętności do badania i analizy

zagadnień z zakresu spalania paliw alternatywnych. Praca jest oryginalna i posiada duży potencjał o charakterze praktycznym.

Za główne osiągnięcia Doktorantki uważam:

- Realizację badań eksperymentalnych procesu spalania paliw gazowych charakteryzujących się znaczącym udziałem amoniaku
- Identyfikację wpływu wybranych związków palnych i inertych ($\text{NH}_3/\text{CH}_4/\text{CO}_2/\text{CO}/\text{H}_2$) na charakterystykę udziału tlenków azotu w spalinach
- Opracowanie modeli numerycznych do wyznaczenia wpływu zastosowanego paliwa oraz charakterystyki przepływu ze spalaniem (płomień osiowosymetryczny i wirowy) na zawartość tlenków azotu w spalinach z wykorzystaniem wybranych mechanizmów kinetyki reakcji
- Uzyskanie bardzo dobrej zbieżności badań numerycznych z wartościami zmierzonymi eksperymentalnie
- Krytyczne spojrzenie i świadomość ograniczeń związanych z wprowadzeniem modeli numerycznych i ich wpływie na uzyskane wyniki
- Sklasyfikowanie poszczególnych grup czynników mających wpływ na końcowy udział NO w spalinach oraz jego lokalne stężenie.

Podczas lektury pracy nasunęły mi się pewne spostrzeżenia, a mianowicie:

- Jaki wpływ może mieć zmiana założonych składów chemicznych nienormatywnych gazów na udział NO w spalinach? Czy brała Pani pod uwagę zamodelowanie wariantu, w którym zmienia się nieznacznie skład paliwa?
- Szkoda, że wyniki badań numerycznych nie zostały zebrane w tabelach w załączniku do rozprawy. Taka forma zebrania wyników ułatwiłaby recenzentowi podsumowanie zastosowanych wariantów numerycznych.
- W nomenklaturze nie są uwzględnione wszystkie stosowane oznaczenia np. DES, L, DNS.
- Str. 17 jak dodatkowy element stabilizacyjny dla przepływu bez zawirowania wpłynął na zmianę początkowych warunków procesu?
- Str. 36 jak został wyznaczony współczynnik przenikania ciepła kwarcowej ściany do oceny wymiany ciepła?
- Str. 43 brak odnośnika literaturowego do dyrektywy MCP.
- Str. 50 proszę podać rząd wielkości skali Kolmogorowa, do której odwołuje się Pani w pracy skoro wartość τ^* jest od niej mniejsza, co to znaczy? O ile? Brakuje odwołania do literatury.
- Str. 51 brak wyjaśnienia nazwy liczby Da. Brakuje odwołania do literatury. Nieczytelna interpretacja rysunku 21. Brakuje legendy.
- Str. 52 co to jest DNS? To oznaczenie nie jest wyjaśnione w nomenklaturze.
- Str. 53 rysunek 24 jest nieczytelny.
- Str. 58 stosowane są „skrótowe myślowe” operujące oznaczeniami, których znaczenie nie jest wyjaśnione lub przywołane.
- Str. 68 rys. 37 czy faktycznie NO rośnie liniowo powyżej 2,5% udziału NH_3 w paliwie dla przypadku AX NGA $\phi=0.71$ GRI-MECH3.0? Jeżeli tak, to jaki może być powód?
- Str. 69 rysunek 38 brak dodania w tekście (u) przy współczynniku wymiany ciepła.
- Str. 77 błędny opis rysunku 44.

- Str. 90 błędny opis rysunku 53, prawidłowy opis dotyczy SW50.
- Str. 95 obliczony udział NO w produktach reakcji na wylocie z komory mieści się w granicy zgodności modelowania z eksperymentem ($\pm 20\%$). Na jakiej podstawie ta granica została wyznaczona? Proszę powołać się na literaturę lub badania własne.

Pragnę podkreślić, że powyższe uwagi mają charakter dyskusyjny i nie umniejszają wartości naukowej recenzowanej pracy Autorki.

5. Podsumowanie

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Joanny Jójki stanowi rozwiązanie istotnego problemu naukowego dotyczącego wpływu zjawisk przepływowych na proces spalania nienormatywnych paliw gazowych zawierających związki azotu. Stwierdzam, że Doktorantka wykazała się dojrzałością naukową: umiejętnie wytyczyła cele główne i szczegółowe pracy, zaplanowała i zrealizowała szereg badań eksperymentalnych i numerycznych, następnie dokonała analizy otrzymanych wyników oraz sformułowała wnioski końcowe potwierdzając postawioną tezę. Uważam, że mgr inż. Joanna Jójka wykazała, że posiada ogólną wiedzę teoretyczną i praktyczną w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

W związku z tym uważam, że recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Joanny Jójki pt.: „Analiza wpływu zjawisk przepływowych na proces spalania nienormatywnych paliw gazowych zawierających związki azotu” spełnia warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone Art. 13.1. Ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz przepisami wprowadzającymi Ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018, poz. 1669). **Podsumowując, przedkładam wniosek do Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej o dopuszczenie Doktorantki do publicznej obrony.**

Dodatkowo chciałam zauważyć, że dołączony dorobek naukowy Doktorantki, powstały podczas realizacji zagadnień badawczych przedstawionych w dysertacji, na tym etapie kariery naukowej jest bardzo dobry. Pani Jójka jest współautorką 8 artykułów indeksowanych na Web of Science, w tym 5 jest wysoko punktowanych (140 i 200 pkt. z wykazu MEiN) z czasopism z bazy Journal Citation Reports. Doktorantka była zaangażowana w realizację projektów jako: stypendysta (1), kierownik (2), główny wykonawca (3) oraz wykonawca (3). Na dzień sporządzenia recenzji według Web of Science Indeks Hirscha Doktorantki wynosi 4 z liczba cytowań 42.

W związku z powyższym **wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Joanny Jójki ze względu na jej oryginalność zastosowanych metod i narzędzi badawczych, w tym numerycznych, oraz posiadanie walorów poznawczych.** Moim zdaniem tak duże spektrum i złożoność zagadnień numerycznych, ich bardzo dobra zbieżność z wynikami eksperymentalnymi oraz wnikliwa interpretacja wskazują na osiągnięcie istotnego wkładu Doktorantki w rozwój dyscypliny Inżynieria Mechaniczna.

Halgorata Wilk