

**UNIWERSYTET JANA DŁUGOSZA W CZĘSTOCHOWIE**  
**Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych**  
ul. Armii Krajowej 13/15 • 42-200 Częstochowa  
tel.: +48 34 361 21 79 • fax: +48 34 366 54 15 • e-mail: wnspt@ujd.edu.pl • http://www.wnspt.ujd.edu.pl

Częstochowa, 02.09.2023

Prof. dr hab. inż. Jarosław Krzywański  
Katedra Zaawansowanych Metod Obliczeniowych  
Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych  
Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie

**Szanowny Pan**  
**Prof. dr hab. inż. Robert Nowicki**  
KIEROWNIK DYSCIPLINY NAUKOWEJ  
INFORMATYKA TECHNICZNA I  
TELEKOMUNIKACJA

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki  
Politechnika Częstochowska  
ul. Armii Krajowej 21  
42-201 Częstochowa

**Recenzja rozprawy doktorskiej**  
**mgr inż. Konrada Kaczyńskiego**  
**pt. „Badania procesu spalania i współspalania paliw biomasowych**  
**oraz paliw alternatywnych w warstwie fluidalnej w różnych**  
**warunkach procesowych”**

**A. Wprowadzenie**

Wykorzystanie paliw biomasowych oraz paliw alternatywnych to ciągle intensywnie rozwijany obszar badawczy. Jest to tematyka szczególnie istotna w dobie rosnących potrzeb energetycznych i zmian klimatu.

Szczególnym więc zainteresowaniem cieszy się poszukiwanie nowych źródeł energii, zwłaszcza odnawialnych i odpadowych. Uwzględniając fakt, iż rejestrowana na niespotykaną do tej pory skalę, emisja gazów cieplarnianych do atmosfery, należy do najistotniejszych zagrożeń dla człowieka, tematyka pracy, jaką są badania procesów spalania i współspalania paliw biomasowych oraz paliw alternatywnych w warstwie fluidalnej, nabiera szczególnego znaczenia.



Sama realizacja procesów spalania w warstwie fluidalnej, wiąże się jednak z występowaniem wielu złożonych zjawisk i problemów technicznych, które towarzyszą przebiegowi spalania i które należy uwzględnić przy formułowaniu wniosków. Dotyczy to szczególnie dodatkowych komplikacji przy prowadzeniu procesów spalania, wynikających z właściwości zastosowanych paliw biomasowych i alternatywnych, jak również atmosfer spalania, w tym atmosfery wzbogaconej tlenem.

Biorąc powyższe pod uwagę, jak również fakt ograniczonej, niewystarczającej liczby opracowań naukowych w tym zakresie, tematykę pracy doktorskiej mgr inż. Konrada Kaczyńskiego należy uznać za ważną z punktu widzenia poznawczego, ale przede wszystkim użyteczną.

## **B. Zakres rozprawy**

Przedłożona do oceny praca doktorska mgr inż. Konrada Kaczyńskiego nosi tytuł „Badania procesu spalania i współspalania paliw biomasowych oraz paliw alternatywnych w warstwie fluidalnej w różnych warunkach procesowych”.

Promotorem pracy jest dr hab. inż. Piotr Pełka. Praca obejmuje łącznie 168 stron, na które składa się 8 rozdziałów, wykaz tabel, skrótów i ilustracji, literatura w ilości 157 pozycji (w tym 1 pozycja, której Doktorant jest współautorem) oraz streszczenia w języku polskim i angielskim.

Numerując rozdziały błędnie nadano spisowi treści numer 1, przez co pierwszy rozdział pracy Wprowadzenie opatrzono numerem 2. W rozdziale tym Autor krótko charakteryzuje globalne trendy energetyczne, koncentrując się w szczególności na energii z biomasy i odpadów. Podkreśla tu m.in. odnawialny charakter energii z biomasy oraz znaczenie wykorzystania paliw alternatywnych dla bezpieczeństwa energetycznego i gospodarki odpadami w kontekście koncepcji gospodarki obiegu zamkniętego.

Kolejny rozdział pracy stanowi przegląd literatury. Rozdział ten stanowi bazę wiedzy dla dalszych badań i rozważań przedstawionych w pracy.



Tezę oraz cel i zakres pracy Doktorant zawarł w rozdziałach odpowiednio 4 i 5.

Sformułowane trzy tezy pracy brzmią następująco:

- „paliwa biomasowe oraz RDF mogą być dobrym uzupełnieniem paliw stosowanych w kotłach fluidalnych,
- typ paliw biomasowych oraz skład RDF ma istotne znaczenie przy wyborze parametrów pracy kotła fluidalnego tj. temperatury, strumienia materiału inertnego oraz atmosfery utleniającej,
- właściwe przygotowanie paliw alternatywnych na etapie produkcji może poprawić proces ich spalania/współspalania oraz zwiększyć wykorzystanie paliw biomasowych typu agro”.

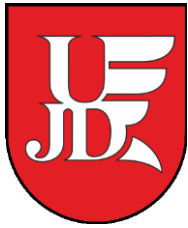
Dla tak postawionych tez sformułowano zakres pracy. Obejmuje on w szczególności badania wstępne wybranych paliw alternatywnych, badania eksperymentalne spalania wybranych paliw, przygotowanie mieszanego paliwa wtórnego z biomasy i RDF, analizę procesu spalania oraz analizę porównawczą kinetyki spalania badanych paliw alternatywnych z paliwem węglowym.

Rozdział 6 pracy dotyczy badań wstępnych. Autor zawarł tu opis metodyki badań oraz analizę paliw użytych do badań.

W rozdziale 7 pracy Doktorant przedstawia badania eksperymentalne procesu spalania paliw biomasowych oraz RDF w warstwie fluidalnej. Obejmują one również badania w atmosferze wzbogaconej tlenem.

Porównanie procesu spalania biomasy i RDF z procesem spalania paliw węglowych zaprezentowano w rozdziale 8. W analizach uwzględniono węgiel brunatny oraz kamienny.

Rozdział 9 stanowią wnioski końcowe, korespondujące z postawionymi tezami pracy oraz celem i zakresem przeprowadzonych badań.

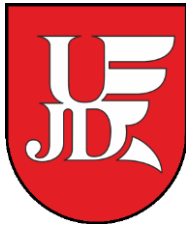


### C. Ocena rozprawy

1. Zdaniem recenzenta tematyka pracy jest interesująca i ważna. Wpisuje się w najnowsze światowe trendy badawcze w inżynierii mechanicznej. Praca podzielona jest na logicznie rozdziały, wynikające z jej układu.
2. Autor wykazał się dobrym opanowaniem zagadnień teoretycznych i praktycznych, związanych zarówno z zastosowanymi technikami pomiarowymi ale też skomplikowanymi zagadnieniami dotyczącymi procesów spalania paliw stałych w warstwie fluidalnej.
3. Przeprowadzone badania są wartościowe nie tylko z punktu poznawczego, ale też ze względów użytkowych. Uzyskane unikatowe wyniki badań mogą zostać wykorzystane w zagadnieniach modelowania procesów spalania, zachodzących w kotłach energetycznych podczas spalania paliw biomasowych i alternatywnych w warstwie fluidalnej, w atmosferach powietrznej i wzbogaconej tlenem.

### D. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

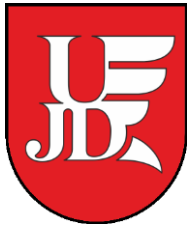
- Podany w rozdziale 2.1 rys.1 ogranicza się do roku 2021, szkoda, że nie uwzględnia on roku 2022.
- Na stronie 34 w Tab. 6 zawarto zapis: Ca/S (różnica między rosnącym ciepłem kalcynacji a ciepłem reakcji zasiarczenia) [-], co jest błędną definicją. Proszę na prezentację przygotować wyjaśnienia stosunku Ca/S.
- Na stronie 34 Autor pisze „Strumień tlenu jest następnie łączony z RFG w celu wytworzenia gazu wzbogaconego w tlen jako utleniacza”. Należałoby w tym miejscu podkreślić kluczowe znaczenie eliminacji azotu poprzez zastąpienie powietrza doprowadzonego do procesu spalania mieszaną węglą i ditlenku węglą. Pozwala to na uzyskanie wspomnianych dalej wysokich zawartości CO<sub>2</sub> w spalinach.
- W pracy nie wyjaśniono, jak rozumiany jest zapis określający tlenki azotu NO<sub>x</sub>.
- Wśród zalet technologii fluidalnej w pracy pominięto dobre warunki wymiany masy oraz fakt, że spalanie fluidalne należy to czystych technologii węglowych.



- Zabrakło w pracy podkreślenia, że biomasa jest najmniej kapitałochłonnym źródłem energii, co uzasadnia podjętą tematykę badawczą.
- Wybór Gs na poziome 2,5 oraz 5 kg m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> powinien zostać uzasadniony (str. 62). Ta sama uwaga dotyczy dalej przyjętych do badań atmosfer spalania O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>.
- Brakuje w pracy jednoznacznego wyjaśnienia, dlaczego spalanie peletu z łuski słonecznika oraz peletu ze słomy najdłużej trwa w temperaturze 750°C (rys. 43 i 44).
- Autor nie odnosi się do doniesień literaturowych w zakresie obserwowanego oblepiania ziaren paliwa przez materiał inertny. Pojawia się tu pytanie o znaczenie tych wyników w kontekście procesów zachodzących w rzeczywistych kotłach energetycznych.
- W analizie wpływu strumieni materiału inertnego na proces spalania się paliwa należałoby bardziej podkreślić znaczenie intensyfikacji procesów wymiany ciepła.
- We wniosku 7 Autor wspomina o niebezpieczeństwach dla stosowania spalania tlenowego w przypadku paliw biomasowych agro za względu na wzrost temp powierzchni spalanego ziarna. Problem ten należałoby tu krótko rozwinąć, uzasadnić.

## E. Uwagi szczegółowe

- Równoległe z terminem „spalanie tlenowe” Autor używa też pojęć „oxy-combustion” i „oxy-spalanie”, których znaczenie nie zostało jednoznacznie wyjaśnione.
- Strona 24, drugi akapit od dołu – Autor mówi o zawartości energii zamiast o wartości opałowej.
- Na rys. 12 brakuje oznaczenia nr 16.
- str. 118, rys. 90 i 91: niewłaściwe formatowanie jednostki strumienia masy materiału inertnego, czas wyrażony w % na rys 91.
- str. 42: alternatywnych => alternatywnych.



## F. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska Pana **mgr inż. Konrada Kaczyńskiego** pt.: „**Badania procesu spalania i współspalania paliw biomasowych oraz paliw alternatywnych w warstwie fluidalnej w różnych warunkach**

**procesowych**” zawiera oryginalne i ważne dla inżynierii mechanicznej sformułowanie oraz rozwiązanie problemu naukowego, wpisujące się w aktualne koncepcje budowy i eksploatacji kotłów fluidalnych.

Doktorant wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna. Praca stanowi przemyślaną, logiczną i spójną całość, potwierdzającą umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

**Uważam, że opiniowana praca mgr inż. Konrada Kaczyńskiego spełnia ustawowe wymogi stawiane rozprawom doktorskim w odpowiednich przepisach.**

**Wobec powyższego stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Informatyki Politechniki Częstochowskiej.**