



**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Rosenbergera:
*Aglomeracja paliw w kotłach z rusztem wibracyjnym.***

A. OCENA TEMATYKI PODJĘTYCH BADAŃ

Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w tym energetyczne wykorzystanie biomasy stanowi istotny element polityki energetycznej Unii Europejskiej. W kraju osiągnięcie zakładanego zużycia energii ze źródeł odnawialnych (15% do roku 2020) musi wiązać się również ze wzrostem zużycia biomasy, szczególnie tej o charakterze odpadowym.

Energetyczne wykorzystanie biomasy wiąże się z koniecznością pokonania szeregu barier technicznych związanych z jej charakterystyką fizyko-chemiczną, w tym w szczególności z wysoką zawartością części lotnych wpływającą na szybki przebieg procesu spalania, czy składem substancji mineralnej wpływającym na niskie temperatury topności popiołu i skłonność do aglomeracji i zanieczyszczania powierzchni ogrzewalnych w kotle. Dodatkowo wysoka zawartość chloru w biomase powoduje zagrożenia związane z możliwością wystąpienia korozji wysokotemperaturowej. Ważnym kierunkiem rozwoju technologii spalania biomasy są układy małej skali dla energetyki lokalnej. Warunkiem ich rozwoju jest uzyskanie niezawodnej konstrukcji technicznej kotła przy niskich nakładach inwestycyjnych.

Wydaje się, że niedostrzegane w początkowej fazie rozwoju technologii spalania biomasy aspekty eksploatacyjne związane z niezawodnością pracy kotła oraz zużyciem jego elementów konstrukcyjnych (wpływ na dyspozycyjność technologii i koszty eksploatacyjne) stanowią obecnie główne wyzwanie dla rozwoju technologii i zwiększenia zastosowania biomasy w energetyce.

W tym kontekście uważam za celowe podjęcie przez doktoranta badań w przedmiotowej tematyce. Podjęta tematyka badań jest interesująca zarówno z punktu widzenia poznawczego jak również praktycznego. W pierwszym przypadku interesującym jest zidentyfikowanie wpływu składu substancji mineralnej oraz realizacji spalania na proces jej aglomeracji. W aspekcie praktycznym istotnym wydaje się m.in. zaproponowanie procedury badań paliw o charakterze biomasowym dla doboru warunków ich spalania w jednostkach przemysłowych.

B. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRACY

Recenzowana praca doktorska liczy 272 strony i jest podzielona na 11 rozdziałów, spis tablic, spis rysunków, dwa załączniki oraz spis literatury.

W rozdziale pierwszym stanowiącym wstęp do pracy Autor przedstawia regulacje prawne związane z energetycznym wykorzystaniem biomasy oraz w sposób ogólny omawia

zagadnienia związane z realizacją procesu spalania biomasy. Przedstawiony jest również podział paliw wg trudności ich spalania opracowany na podstawie doświadczeń eksploatacyjnych firmy AMEC Foster Wheeler.

W rozdziale drugim przedstawiono cel i zakres pracy. Celem pracy jest: „określenie możliwości spalania trudnych paliw biomasy leśnej i rolniczej, jak również odpadów pochodzących z ferm drobiu, w kotłach rusztowych z wykorzystaniem rusztu wibracyjnego”. Jest to sformułowanie bardzo ogólne trudne do weryfikacji na etapie końcowej oceny pracy. Ogólnie sformułowany cel uzupełniony jest o rozbudowane zestawienie poruszanych w pracy zagadnień (również o charakterze badawczym) oraz wykonywanych analiz, a także efektów pracy. Uważam, że Autor z szeroko przedstawionych zagadnień i przewidywanych rezultatów mógł uwypuklić kilka, które mogłyby (przy odpowiednim sformułowaniu) stanowić interesujące szczegółowe cele badawcze, będące uzupełnieniem celu głównego. Np.: określenie wpływu warunków spalania oraz wibracji rusztu na powstawanie aglomeratów, określenie wpływu rodzaju biomasy w tym składzie substancji mineralnej na proces aglomeracji czy też opracowanie podstaw dla dalszych prac projektowych mających na celu wypracowanie koncepcji wysokosprawnej, ekologicznej jednostki biomasowej.

W rozdziałach 3 i 4 przedstawiono odpowiednio obszerną charakterystykę biomasy jako paliwa oraz technologie termicznej utylizacji paliw biomasowych. W rozdziale 3 oprócz charakterystyki biomasy doktorant szczegółowo charakteryzuje metody analiz fizykochemicznych oraz wpływ nawożenia biomasy na jej skład. W dużej mierze są to informacje podstawowe i ogólnie znane i nie powinny stanowić tak obszernej części pracy doktorskiej. Tym bardziej, że Autor nie jest specjalistą od analityki paliw i często używa sformułowań nieprecyzyjnych lub potocznych. Nie stosujemy w języku polskim pojęcia analiza przybliżona i szczegółowa, a techniczna i elementarna. Pozostałość koksowa to węgiel związany. Z drugiej strony wpływ nawożenia biomasy na jej skład jest wiedzą interesującą, ale niewiążącą się bezpośrednio z tematyką pracy. Ten rozdział (rozd. 3) powinien zostać ograniczony do ogólnej charakterystyki paliw o charakterze biomasowym, klasyfikacji biomasy oraz charakterystyki jej składników pod kątem wpływu na przebieg procesu spalania, w szczególności na proces aglomeracji, zarastania powierzchni ogrzewalnych i korozji. Rozdział 4 stanowi przegląd technologii termicznej utylizacji paliw o charakterze biomasy. Autor opisuje technologie spalania pyłowego, fluidalnego i przy wykorzystaniu kotłów rusztowych. Podsumowaniem rozdziału jest zestawienie wad i zalet wszystkich technologii. W opinii recenzenta zbyt mało uwagi poświęcone zostało technologii kotłów rusztowych w tym bardziej wyraźnego uwypuklenia jej zalet na tle technologii pozostałych.

Rozdział 5 zawiera interesujące informacje na temat konstrukcji i doświadczeń eksploatacyjnych kotłów rusztowych dostarczanych przez AMEC Foster Wheeler. Opisane zostały instalacje: Miyazaki Power Plant, Japonia, Thetford Power Station, UK., Fibrominn Power Plant, USA dedykowane do spalania odpadów z farm hodowlanych drobiu oraz Valorsul WTE Plant, Portugalia przeznaczona do spalania odpadów komunalnych. Autor zbyt mało uwagi poświęcił problemom związanych z eksploatacją tych jednostek, co z kolei może prowadzić wniosku, że nie występują i podważać sens podjętych badań naukowych.

Rozdział 6 traktuje o problemach związanych ze spalaniem biomasy i ich przyczynach. W połączeniu z elementami rozdziału 3 stanowi on podstawowy merytorycznie element wprowadzenia teoretycznego – przeglądu literatury. W rozdziale zamieszczonych jest dość dużo interesujących informacji jednak przekaz jest nieuporządkowany. Niezrozumiałym jest zamieszczenie w rozdziale informacji o charakterystyce pracy rusztu wibracyjnego. Stosunkowo mało poświęcone jest miejsca zjawisku aglomeracji paliwa na ruszcie – żużlowaniu, które stanowi główny obszar merytoryczny pracy. Z drugiej strony bardzo obszernie autor omawia proces powstawania aerozoli, jako pierwszego etapu procesu zarastania powierzchni ogrzewalnych. Dość swobodnie Autor opisuje/nazywa zależności określające stosunki składników kwasowych i alkalicznych popiołu. Np. zależność 6.6 została nazwana zależnością lepkości żużla od temperatury, co jest nieprawdą.

O merytorycznej wartości pracy decydują zagadnienia opisane w rozdziałach 7-11. Rozdziały te opisują metodykę badawczą zastosowaną w pracy, stanowisko badawcze oraz właściwe badania realizowane w skali laboratoryjnej i wielkolaboratoryjnej. Dodatkowo w sposób szczegółowy zamieszczono wyniki analiz fizykochemicznych paliw oraz powstających w trakcie spalania na ruszcie wibracyjnym aglomeratów. Metodyka badań podzielona została na pięć etapów obejmujących:

- etap I – opracowanie koncepcji, projektu oraz dobór aparatury pomocniczej stanowiska badawczego paleniska z rusztem wibracyjnym oraz opracowanie charakterystyk pracy,
- etap II – wytypowanie do badań różnych gatunków paliw biomasy zielonej i leśnej oraz węgla, jako paliwa referencyjnego. Badania właściwości fizykochemicznych badanych paliw tym wyznaczenie charakterystyk TGA, DTA i SDTA,
- etap III – przeprowadzenie testów spalania wyselekcjonowanych paliw,
- etap IV - badanie właściwości powstałego żużla i aglomeratów w zależności od zmiany parametrów pracy rusztu,
- etap V - przeprowadzenie analizy mikrostruktur powstałych aglomeratów za pomocą mikroskopu optycznego.

Autor opisuje poszczególne etapy badań i ich wzajemne relacje posługując się dość szczegółowym algorytmem przedstawionym w formie graficznej. Nie do końca jednak wyjaśnia celowość prowadzenia pewnych analiz i wykorzystania ich wyników na dalszych etapach badań. Przykładem może być analiza termo-grawimetryczna badanych paliw dająca dość oczekiwane wyniki i brak powiązania ich z dalszymi pracami badawczymi. Wyjaśnienia wymaga również czy opracowany projekt stanowiska badawczego dotyczy instalacji prototypowej, na której wykonywane były badania czy instalacji powstającej obecnie w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej. Sam projekt stanowi bardzo ważne osiągnięcie praktyczne pracy. Opracowane stanowisko pozwala bowiem na prowadzenie zaawansowanych badań w skali, która umożliwia wykorzystanie ich wyników w badaniach naukowych oraz praktyce przemysłowej na etapie projektowania i eksploatacji układów kotłowych. Opracowanie koncepcji i projektu układu eksperymentalnego wymagało od Autora wysokich kwalifikacji inżynierskich oraz wiedzy i doświadczenia w zakresie realizacji prac badawczych.

W rozdziale 8 doktorant dokonuje szczegółowego opisu zaprojektowanego stanowiska badawczego. Zaprezentowane zostały obliczenia projektowe i charakterystyki różnych jego elementów. Przedstawione zostały szczegółowe schematy technologiczne i przestrzenne. Opis obejmuje również takie szczegóły jak charakterystyka wymurówki ogniotrwałej, czy obliczenia kryzy pomiarowej.

Rozdziały 9 i 10 to właściwe badania obejmujące analizy laboratoryjne oraz testy spalania wyselekcjonowanych paliw w instalacji badawczej komory spalania z rusztem wibracyjnym. Do badań doktorant wyselekcjonował 8 różnych paliw w tym 2 węgle (KWK Brzeszcze i KWK Halemba) oraz 5 biomas o różnych właściwościach fizykochemicznych. Dobór paliw do badań wydaje się poprawny. Z jednej strony różnorodność paliw biomasowych pod względem właściwości fizykochemicznych pozwala na badania wpływu szerokiego zakresu parametrów na proces ich spalania i tworzenia aglomeratów z drugiej strony są to paliwa wykorzystywane w praktyce w kraju. Pewną wątpliwość budzi duża liczba wytypowanych paliw, co znacznie rozbudowuje ilość eksperymentów i może ograniczać szczegółowość analizy. Wszystkie badane biomasy były w formie peletów. Badania laboratoryjne (rozdział 9) oprócz standardowej analizy objęły również rozkład ziarnowy paliw, skład popiołu, wyznaczenie charakterystycznych temperatur topliwości, indeksów spiekalności w raz z wyznaczeniem wykresów trójskładnikowych oraz badania termo-grawimetryczne. Po każdym etapie badań laboratoryjnych doktorant dokonuje ich szczegółowego podsumowania i analizy. Przeprowadzone analizy laboratoryjne są bardzo rozbudowane i jak się wydaje przeprowadzone starannie. Na uwagę zasługuje część dotycząca analizy możliwości spiekalności paliw, w tym analiza i porównanie standardowych indeksów z wykonanymi wykresami trójskładnikowymi. Autor nie wystrzega się jednak pewnych nieściśłości czy braku głębszej analizy w przypadku niektórych wyników. Np. niepoprawne metodologicznie jest sprawdzanie poprawności szczegółowych analiz składu paliwa (wykonywanych zgodnie z obowiązującą normą, a więc wykonywanych odpowiednią ilość razy w celu minimalizacji błędów) poprzez obliczenia wartości opałowej za pomocą ogólnej formuły VDI. Wątpliwości budzą również wyniki analiz składu popiołu w zakresie Na_2O i Fe_2O_3 oraz Al_2O_3 . Uzyskanie minimalnych wartości praktycznie dla wszystkich próbek biomasy (Fe_2O_3 , Al_2O_3) może budzić wątpliwości, co do poprawności wyników analizy. Nieczytelny jest również cel wykonywania analiz TG i sposób ich wykorzystania w dalszej części badań.

Rozdział 10 opisuje wyniki badań uzyskane na stanowisku do badań spalania paliw na ruszcie wibracyjnym. Badania realizowane były przy stałym obciążeniu cieplnym rusztu dla 5 temperatur powietrza do spalania oraz zmiennych częstotliwości drgania rusztu, a także czasów drgań i postoju rusztu. W konsekwencji Autor zaproponował dla każdego z rozpatrywanych paliw cykl 15 testów eksperymentalnych. W efekcie doktorant wykonał ogromną ilość: 120 testów eksperymentalnych (nie licząc testów powtórzeniowych - sprawdzających), które stały się źródłem wartościowych wyników badań. Po mimo tak dużej ilości eksperymentów różne dla poszczególnych temperatur i częstotliwości rusztu cykle drgań i postoju nie pozwalają na szerszą analizę wyników dla całego cyklu badawczego. Jest to kompromis pomiędzy podjęciem wielu wątków badawczych a ograniczeniami praktycznymi

związanymi z realizacją badań w tej skali. Badania spalania paliw na ruszcie wibracyjnym objęły oprócz wykonywania prób testowych pomiary i wyznaczenie oraz szczegółowe badania powstałych aglomeratów obejmujące oprócz pomiarów wielkości (5 stopniowa klasyfikacja), składu chemicznego (formy tlenkowe) i wykonanie wykresów trójskładnikowych (wraz z porównaniem uzyskanych wyników z analizami laboratoryjnymi), wykonanie oznaczenia charakterystycznych temperatur topliwości żużła, badania optyczne żużła i testy podatności przemiatowej. Ze względu na znacznie rozbudowaną część eksperymentalną Autor zgromadził ogromny bazę wyników, która posłużyła do analizy badanego zjawiska żużlowania i stanowi źródło cennych informacji mających potencjał naukowy (kontynuacja badań) i praktyczny. Ta część pracy niepozbawiona jest jednak pewnych mankamentów związanych z interpretacją uzyskanych wyników czy przyjętą metodologią pracy. Zdarza się, że Autor dość odważnie i w opinii recenzenta pochopnie formułuje wnioski na podstawie wyników pojedynczych testów (np. ocena testu nr. 12 – blokada rusztu). Nie wszystkie wyniki są odpowiednio opisane (skład tlenkowy aglomeratów nie zamyka się do 100% - co stanowi reszta). Wątpliwości budzi również wybór aglomeratów do analizy właściwości fizykochemicznych. Wydaje się, że próbki do analizy wybierane były w sposób losowy, a powinny być uśrednione z wszystkich aglomeratów należących do danej skali wielkości. Niezwykle interesującym jest porównanie składu i temperatury topliwości części mineralnej badanych paliw i żużli uzyskanych w rzeczywistych warunkach prowadzenia eksperymentu (procesu). Głębsza analiza wraz z przeprowadzeniem badań uzupełniających mogłaby przyczynić się do rozwoju i optymalizacji analitycznych procedur badań paliw. Podobnie przy prowadzonych badaniach właściwości fizykochemicznych żużli doktorant nie podaje dokładności prowadzonych analiz, co może prowadzić do pewnej nadinterpretacji wyników. Np. w przypadku analizy temperatur topliwości różnych frakcji aglomeratów pojawia się pytanie, czy zmiana temperatury w zakresie 2% to wynik mówiący o pewnej zależności czy mieszczący się w zakresie błędu pomiaru (zwłaszcza, że pomiar ten w dużej mierze ma charakter subiektywny). Rozdział 11 stanowi podsumowanie pracy przeprowadzone w postaci 12 odrębnych punktów odnoszących się do uzyskanych wyników przeprowadzonych badań.

W bibliografii zawierającej 94 pozycji znajdują się 4 prace autorstwa doktoranta (*Materiały konferencji krajowych, Rozdział w monografii, Materiały z prac badawczych – komercyjne/niepublikowane*).

C. OCENA ROZPRAWY

Uwagi ogólne

(Część uwag ogólnych zostało zasygnalizowanych w części B recenzji. Najistotniejsze z nich zostały powtórzone w części recenzji dotyczącej uwag ogólnych)

Recenzowana praca zawiera zadania o charakterze naukowym, w zakresie energetyki, których rozwiązanie dostarcza wielu ważnych informacji o procesie spalania i aglomeracji biomasy w kotłach rusztowych z rusztem wibracyjnym. Uzyskane wyniki stanowią cenne informacje dla bliższego poznania procesu aglomeracji paliw o charakterze biomasy na ruszcie, co jest interesujące w aspekcie naukowym, a także co niezwykle istotne dostarcza wiedzy praktycznej dla optymalizacji procesu spalania biomasy w rozpatrywanych układach technologicznych. Układ pracy jest nieco nieuporządkowany. Odnosi się to przede wszystkim do opisu metodyki badań, który zamieszczony jest w różnych rozdziałach, a pewne informacje są przez doktoranta powtarzane w różnych częściach pracy. Zdecydowanie zbyt rozbudowana jest część literaturowa - teoretyczna pracy. Zawiera ona w pewnej mierze informacje nieistotne z punktu widzenia pracy, a czasami również oczywiste i powszechnie znane. Dotyczy to między innymi opisów analitycznych metod oznaczania właściwości fizykochemicznych biomasy, technik TGA itp. Niezrozumiałe jest również zamieszczenie w pracy rozdziału o wpływie nawożenia na skład biomasy zielnej. Pomimo dość szczegółowo opisanej procedury realizacji badań nie wszystkie jej etapy zostały w pracy odpowiednio uzasadnione. Dotyczy to np. badań termo-grawimetrycznych. Oczywiście wyniki są interesujące z punktu widzenia konkretnego badanego materiału, ale wnioski wyciągane są ogólne i dość łatwe do przewidzenia bez prowadzenia badań. Brakuje głębszej analizy i opracowania tych wyników np. dla wyznaczenia nawet prostych równań kinetyki spalania rozpatrywanych paliw, które mogłyby być wykorzystane na dalszych etapach pracy. Wyjaśnienia wymaga jak Autor wykorzystał uzyskaną na tym etapie wiedzę dla realizacji właściwych testów spalania. Pomimo typowo empirycznego charakteru pracy brakuje próby szerokiej analizy i przedstawienia jej wyników nie tylko w postaci jakościowej, ale również ilościowej. Interesujące byłoby np. stworzenie charakterystyk przedstawiających (dla poszczególnych paliw i różnych cykli wibracji) wpływu temperatury powietrza do spalania na wielkość powstających aglomeratów i jakość spalania – mierzoną np. wielkością niedopału. Brakuje również, jako końcowego podsumowania, jasnej procedury doboru parametrów spalania różnych biomas na ruszcie wibracyjnym, która oczywiście powinna kończyć się testem(-ami) na powstającej instalacji badawczej.

Praca dostarcza szeregu niezwykle istotnych informacji zarówno o charakterze poznawczym-naukowym jak i praktycznym. Autor przeprowadził bardzo rozbudowane wymagające ogromnego wysiłku i zaangażowania badania empiryczne, których wynikiem jest unikalna wiedza w obszarze merytorycznym pracy. O unikalności uzyskanych wyników decyduje nie tylko różnorodność poruszanych wątków badawczych, ale również skala eksperymentu, która pozwala na implementację wiedzy praktycznie wprost do praktyki przemysłowej. Szeroki obszar badań niestety ma również swoje wady. Duża ilość poruszanych wątków badawczych

przy ograniczonych możliwościach technicznych prowadzenia badań prowadzi niestety do braku możliwości głębokiej analizy poszczególnych procesów/zjawisk/mechanizmów. Uzyskane w pracy wyniki stanowią cenny materiał dla formułowania nowych kierunków badawczych w rozpatrywanym obszarze merytorycznym. Ważnym rezultatem pracy jest również projekt powstającego stanowiska do kompleksowych badań procesu spalania paliw w układach kotłów rusztowych.

Do najważniejszych wyników o charakterze poznawczym rozprawy zaliczam:

- Wykazanie wpływu składu chemicznego części mineralnej biomasy na prędkość i intensywność powstawania aglomeratów.
Wzrost zawartości Na_2O i K_2O stymuluje zjawisko powstawania aglomeratów. Dominujący udział SiO_2 przyczynia się do powstawania małych aglomeratów. Znaczne ilości CaO i MgO w żużlu powodują, że struktura aglomeratu jest nietrwała. Uzyskana wiedza stanowi podstawę do kontynuacji i rozwoju badań w tym kierunku.
- Wykazanie wpływu warunków spalania oraz wielkości aglomeratów na skład chemiczny żużli.
- Wykazanie i określenie wpływu wibracji rusztu na profil temperatury i pośrednio front procesu spalania na ruszcie.
- Wykazanie wpływu temperatury powietrza do spalania pod ruszt na intensywność i wielkość powstawania aglomeratów.
Istotne znacznie mają tutaj także parametry pracy rusztu wibracyjnego, takie jak: częstotliwość uruchomień wibracji oraz częstotliwość drgania rusztu.
- Wyniki badań porównawczych temperatur topnienia popiołu uzyskanych w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych warunkach spalania panujących w kotle.
Kontynuacja tych prac mogłaby przyczynić się do optymalizacji lub lepszej interpretacji wyników procedur analitycznych, w kontekście wykorzystywania ich w pracach o charakterze aplikacyjnym.
- Badania SEM/EDS struktury aglomeratów powstałych ze spalania wytypowanych węgla i biomas.

Na wagę uzyskanych wyników wpływa również skala eksperymentu i w konsekwencji warunki realizacji prac eksperymentalnych zbliżone do rzeczywistych-przemysłowych.

Na szczególną uwagę zasługują następujące aplikacyjne aspekty pracy:

- Opracowanie projektu, budowa i uruchomienie prototypowego układu badawczego paleniska z rusztem wibracyjnym dla przeprowadzenia badań procesu spalania biomasy i formowania się aglomeratów.

- Opracowanie koncepcji i projektu instalacji pilotowej do kompleksowych badań procesu spalania paliw stałych ze szczególnym uwzględnieniem biomasy i odpadów.
Instalacja może symulować pełny układ kotłowy i zjawiska w nim zachodzące. Dodatkowo modułowy charakter układu pozwala na zmiany w konfiguracji instalacji, co powoduje możliwość prowadzenia szerokiego zakresu prac badawczych. Instalacja może wykorzystywana być zarówno w pracach o charakterze naukowym jak i aplikacyjnym.

Praca została opracowana edytorsko bez istotniejszych usterek.

Uwagi szczegółowe:

Str.7

- Mówiąc o badaniach w obszarze CCS w kraju należało wspomnieć o badawczych układach kontenerowych wybudowanych przez TAURON SA, które służą do badań i rozwoju technologii absorpcyjnego i adsorpcyjnego usuwania CO₂. Układy te są przystosowane do badań na spalinach rzeczywistych.

Str. 11

- Skąd Autor wziął dane na temat zawartości wilgoci w węglu i biomacie. Dane dla węgla są nie do końca poprawne. Brak odwołania się do źródła danych.
- „Zawartość wilgoci oraz części lotnych w paliwie to dwa najistotniejsze parametry mające wpływ na proces spalania”. Czy zawartość węgla nie? Proszę o wyjaśnienie/komentarz.

Str. 16

- „Biomasa to produkty składające się ...”.Produkty czego? Proponuję na przyszłość zamiast produkt używać paliwo/substancja
- Energia cieplna to sformułowanie potoczne. Rozumiem że chodzi o ciepło.

Str. 17

- Rys. 3.1. Proces konwersji paliw do gazu palnego nazywamy procesem zgazowania, np. zgazowania biomasy. Pojęcie gazyfikacji odnosi się raczej do doprowadzenia gazu np. do osiedla/miejscowości/wsi/przysiółka itp. Ubolewam nad tym, że pojęcie gazyfikacji opisujące proces zgazowania paliw jest coraz powszechniejsze i często uważane za formę poprawną – nawet w słownikach internetowych.

Str. 22 i dalsze

- W języku polskim stosujemy w zapisie liczb przecinki, a nie kropki (oddzielnie części całkowitej liczby od ułamkowej; patrz tablica 3.1)
- „Zawartośći popiołu w korze jest dwukrotnie większa niż w drewnie” – nie wynika to z tablicy 3.1

Str. 23 i dalsze

- Dobrą praktyką jest umieszczanie odwołania do literatury w tytule tablicy (oczywiście wtedy, gdy tablica została opracowana na podstawie źródła literaturowego). Dotyczy to również rysunków.

Str. 27

- Tablica 3.4. Czy wartość opałowa jest właściwością fizyczną paliwa?

Str. 28

- Nie stosujemy w języku polskim pojęcia analiza przybliżona i szczegółowa, a techniczna i elementarna. Pozostałość koksowa to węgiel związany.

Str. 31

- „Na podstawie powyższego diagramu można oszacować dokładność wykonanych analiz paliw.” Naprawdę?

Str. 32

- „Jak podaje [33], około 67% energii chemicznej doprowadzanej z paliwem wydziela się w czasie spalania części lotnych biomasy” i poniżej „Spalenie pozostałości koksowej wyzwala największą część uzyskanej energii z paliwa”. Te stwierdzenia się wykluczają. Które jest prawdziwe?
- „Węgiel związany lub pozostałość koksowa wyrażana jest wzorem (3.5). Jest to pozostałość powstała po uwolnieniu wilgoci i części lotnych.” Powyższe stwierdzenie nie zgadza się z wzorem (3.5) (Nie ma tam wilgoci, a jest popiół). Zarówno wzór jak i opis w tekście są błędne. Węgiel związany to pozostałość po uwolnieniu części lotnych, wilgoci i usunięciu popiołu.

Str. 56

- Rysunek 4.1. Zakres uziarnienia węgla do kotła pyłowego jest błędny. Paliwo do takiego kotła podaje się w postaci pyłu, a rozmiary cząstek to raczej μm niż mm .

Str. 63

- Tablica 4.3. „Obniżona wydajność kotła po konwersji na fluidalne lub rusztowe” Nie można tego nazwać wadą technologii pyłowej.

Str. 82

- „Dynamika tych reakcji zależy od rodzaju paleniska i najintensywniejsza jest w kotłach fluidalnych.” A co z kotłami pyłowymi. Ze względu na temperaturę i rozmiar cząstki proces spalania w kotłach pyłowych zachodzi najszybciej. Proszę o wyjaśnienie.

- „atomy rozproszone w organicznej masie paliwa, zakumulowane cząstki w ziarnach paliwa, wtrącenia zewnętrzne” to formy występowania materii nieorganicznej w paliwie, a nie postacie, w których się uwalniają.

Str. 88

- Wzór 6.6 nie przedstawia zależności lepkości żużla od temperatury. Raczej jest to pewien wskaźnik. Proszę o wyjaśnienie.

Rozdz. 7

- W jakim celu przeprowadzono badania TGA. Czy wyniki tych badań w jakiś sposób wykorzystano na etapie testów właściwych tj. badań spalania na ruszcie. Nie zauważyłem tego w pracy.
- Jakie były przesłanki wyboru paliw do badań? Czy różnice w składzie, czy są to paliwa reprezentatywne dla krajowego rynku biomasy. Czy Autor zna ich udział w całkowitej ilości spalanej biomasy w Polsce.
- Czy przy opracowywaniu procedury badawczej Autor analizował taki parametr jak wielkość cząstki paliwa podawanego na ruszt dla odwzorowania procesu realizowanego w skali przemysłowej? Czy w przypadku badań spalania paliw na ruszcie wibracyjnym ma to znaczenie?

Str. 121 i inne

- Tablica 8.3 i inne. Cyfry znaczące!

Str. 123

- „Projektowe cieplne obciążenie rusztu ($3,1 \text{ MW/m}^2$) dla obu rodzajów peletów osiągnięto dla nastawy podajnika 4–7”. Z rysunku 8.19 wynika, że 6-7.

Str. 137

- Nie można weryfikować wyników analiz na podstawie ogólnej formuły obliczeń wartości opałowej (VDI). Sprawdzeniu temu służą procedury, normy dla badań analitycznych. A już na pewno na podstawie takiego porównania nie można wyciągać wniosków na temat błędów w oznaczeniach laboratoryjnych.
- Czy formuła VDI jest przeznaczona do obliczeń wartości opałowej wszystkich paliw czy tylko do węgla?

Str. 141

- Wniosek 1: złe odwołanie się do rysunku.

Str. 146

- Tablica 9.6. Bardzo duża różnica pomiędzy temperaturą spiekania i mięknięcia dla rzepaku. Czy wynik jest poprawny? Wracając do nomenklatury: zwykle mówimy o temperaturach spiekania, mięknięcia, topnienia i płynięcia.

Str. 149

- Rysunek 9.13 i dalsze. Rysunek nieczytelny. Od podobnych do siebie kolorów lepiej stosować symbole.

Str. 150

- Czy przyjęta szybkość nagrzewania cząstek paliwa w trakcie testów TGA odpowiada szybkości nagrzewania się cząstek paliwa na ruszcie.

Str. 163

- Tablica 10.3. Tytuł!!!
- „W trakcie każdego testu odczytywano wartości temperatury warstwy spalanego paliwa”. Czy rzeczywiście jest to temperatura paliwa? Termopary umieszczone były w warstwie paliwa, czy nad nim?

Str. 166

- Rysunki 10.5 – 10.9 są nieczytelne i nie wiele wnoszą. Wystarczy tablica 10.4.

Str. 169

- Tablica 10.4 (uwaga odnosi się do przyjętego cyklu badań) Różne częstotliwości pracy i czasy postoju rusztu dla każdego z testów sprawiają, że wyniki stają się trudne do interpretacji. Jakie były przesłanki dla przyjęcia takiego harmonogramu testów?

Str. 170

- Rysunki 10.10 i 10.11 i dalsze zupełnie nieczytelne.

Str. 186

- „Częstotliwość wibracji w zakresie 6–8 Hz została poprawnie dobrana. W czasie próbnych testów rusztu zaobserwowano, że wibracje powyżej 8 Hz powodowały przesyp niespalonego paliwa do odżuźlacza. Dla wibracji poniżej 6 Hz ruch paliwa na ruszcie był niewielki”. Dlaczego w takim razie prowadzono testy spalania dla częstotliwości poniżej 6 Hz (testy: 7, 8, 9, 11).

Str. 192

- Autor stwierdza, że w przypadku słomy dla ustawień rusztu jak dla testów 13 i 14 możliwe jest prowadzenie procesu spalania. Co z testem 12? Brak analizy dlaczego tak

słabo wypadł, choć temperatura powietrza była niższa niż w tetach 13 i 14. Wnioski dla testów 13 i 14 zbyt daleko idące. To samo dotyczy wniosku 10 na str. 193.

Rozdz. 10.4

- Jaka jest dokładność wyznaczania charakterystycznych temperatur popiołu? Czy różnice pomiędzy wynikami badań paliwa (laboratorium) i aglomeratów wynoszące 2, 5% to zależność czy błąd pomiaru, zwłaszcza, że to oznaczenie ma w sobie pewien element oceny subiektywnej.

Rozdz. 10.7

- Te badania powinny być elementem badań zasadniczych.

D. Wnioski końcowe

1. Mgr inż. Krzysztof Rosenberger zrealizował w swej rozprawie zadania badawcze mające na celu poznanie i analizę procesu aglomeracji paliw typu biomas podczas spalania w układzie rusztu wibracyjnego. Ważnymi celami/oczekiwanymi rezultatami pracy były identyfikacja wpływu składu badanych paliw oraz parametrów realizacji procesu spalania na zjawisko aglomeracji. Do osiągnięcia założonych celów doktorant opracował koncepcję i zbudował unikalną instalację badawczą, przeprowadził niezwykle rozbudowane badania empiryczne oraz dokonał analizy otrzymanych wyników. Zrealizował w całości zakres planowanych badań i osiągnął założone w recenzowanej rozprawie cele. Podczas realizacji pracy doktorant wykazał się niezwykle zaangażowaniem, pracowitością oraz wiedzą i umiejętnościami w zakresie przygotowania prac eksperymentalnych oraz ich realizacji, również w zakresie rozbudowanej analizy uzyskanych w trakcie badań próbek badawczych. Praca Pana mgr inż. Krzysztofa Rosenbergera zawiera wiele oryginalnych rozwiązań zarówno w zakresie metodologicznym jak i poznawczym oraz aplikacyjnym.
2. Niedostatki rozprawy podkreślone w recenzji nie zmniejszają osiągnięć metodologicznych, poznawczych i wagi głównych rezultatów.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że przedstawiona przez mgr. inż. Krzysztofa Rosenbergera praca spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim w Ustawie o Stopniach i Tytułach Naukowych i wnioskuje do Rady Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

14.03.2016

