

Recenzja pracy doktorskiej Magdaleny Szwaja

*Badanie przebiegu tworzenia mieszanki palnej za pomocą wtrysku kondensatu pirolitycznego
w komorze o stałej objętości*

1. Informacje formalne

Niniejszą recenzję wykonałem na podstawie pisma z dnia 22 maja 2023 otrzymanego z Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna podpisanego przez Kierownika Dyscypliny dr hab inż. Janusza Szmidla. Wraz z pismem otrzymałem wydrukowany egzemplarz pracy doktorskiej.

Zgodnie z Ustawą „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” rozprawa doktorska powinna spełniać następujące warunki:

- *„prezentować ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej”.*
- *temat powinien stanowić ”oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne”.*

Oceny rozprawy dokonywałem pod kątem spełniania tych dwóch warunków.

Według mojej wiedzy Pani. Magdalena Szwaja ukończyła studia magisterskie na wydziale MEL Politechniki Warszawskiej i nie ubiegała się wcześniej o nadanie stopnia doktora.

2. Ogólna charakterystyka pracy

Tematyka pracy to procesy zachodzące podczas rozpylania i spalania oleju pirolitycznego w tłokowym silniku spalinowym. Taki wybór tematu pracy jest bardzo mocno uzasadniony potrzebami gospodarczymi. Z jednej strony masa odpadów, które mogą być poddane utylizacji z odzyskiem energii, jest bardzo duża co czyni z niej istotne źródło energii szczególnie dla centralnych systemów ciepłowniczych. Z drugiej stron silniki spalinowe tłokowe charakteryzują się relatywnie wysoką sprawnością w dość szerokim przedziale mocy, czego skutkiem jest możliwość ich stosowania jako wysokosprawne źródło energii

elektrycznej i ciepła. Wyniki pracy mogą zatem znaleźć zastosowanie we wdrażaniu wysokosprawnych układów kogeneracyjnych opalanych paliwami pochodzącymi z przetwórstwa odpadów jako źródeł ciepła i mocy w elektrociepłowniach miejskich. Praca posiada klasyczny układ rozpoczynający się od przedstawienia motywacji, a następnie stanu wiedzy, celu i tezy, metodyki badawczej, wyników wraz z analizą tych wyników i kończący się wnioskami oraz streszczeniem. Tak układ jest bardzo przejrzysty, a dodatkowo na podkreślenie zasługuje bardzo lekki styl pisania Autorki sprawiający, że pracę czyta się z przyjemnością.

Wykaz literatury zawiera 74 pozycje i moim zdaniem przegląd literatury powinien być nieco obszerniejszy. Za to zdecydowana większość cytowanych pozycji literaturowych to artykuły w renomowanych czasopismach, wydane w ostatnich kilku latach.

3. Zalety pracy

Badania przeprowadzone w ramach pracy doktorskiej są badaniami eksperymentalnymi zrealizowanymi na kilku stanowiskach badawczych. Pierwszym z nich jest stanowisko pozwalające na określenie metodami optycznymi istotnych parametrów strugi rozpylonego paliwa ciekłego takich jak rozkład przestrzenny kropel oraz średnice kropel. Drugim stanowiskiem jest komora o stałej objętości do której realizowano wtrysk badanej cieczy z jednoczesną rejestracją przebiegu ciśnienia oraz obserwacją optyczną komory poprzez szybką kamerę cyfrową. Uzupełnieniem badań eksperymentalnych są dane dotyczące własności powstałego oleju pirolitycznego. Moim zdaniem każde z wymienionych dwóch stanowisk badawczych mogłoby posłużyć jako podstawa do przeprowadzenia pomiarów wystarczających dla uzyskania stopnia doktora. Wykorzystanie tych dwóch stanowisk w jednej pracy doktorskiej sprawia, że badania są pełniejsze i zdecydowanie bardziej wartościowe. Z tego powodu jakość i zakres przeprowadzonych eksperymentów uważam za najważniejszą zaletę pracy.

Drugą z ważnych zalet pracy jest wysoka wartość poznawcza. Praca, chociaż tematycznie ukierunkowana na dość wąski zakres aplikacyjny, ma charakter badań podstawowych, które mogą być wykorzystane zarówno w dalszych pracach dotyczących silników spalinowych tłokowych jak i turbin gazowych czy kotłów.

Trzecią zaletą pracy, o której wspomniałem już na wstępie, jest znaczenie podjętej tematyki badawczej. Olej pirolityczny uzyskany w procesie przetwórstwa odpadów może być

składowany w zbiornikach elektrociepłowni, a następnie wykorzystywany do zasilania tłokowych silników spalinowych wytwarzających energię elektryczną i ciepło.

Ostatnią z istotnych zalet pracy jest duża staranność jej redakcji i jasność formułowania myśli, co sprawia że pracę czyta się lekko.

4. Ogólne uwagi krytyczne

Przegląd literatury jest dość krótki bo zaledwie 12 stron, z czego duża część poświęcona jest absolutnym podstawom mechanizmu rozpadu kropel. Tematyka wtrysku i spalania oleju pirolitycznego omówiona jest na 4 stronach i to pozostawia pewien niedosyt tym bardziej, że publikacje omawiane są w sposób encyklopedyczny, a oczekiwałbym krytycznej konfrontacji wyników uzyskiwanych podczas badania określonych zjawisk i procesów przez różnych badaczy i wskazania luk w stanie wiedzy.

Cele pracy przedstawione są w sposób ogólnikowy. Oczekiwałbym zdecydowanie bardziej precyzyjnego określenia tych celów tym bardziej, że porównywanie oleju pirolitycznego jednocześnie do oleju napędowego i benzyny jest dość zaskakujące. Trzeba wziąć pod uwagę, że pomimo zbliżonej konstrukcji silników ZS i ZI mają one zupełnie inne wymagania w stosunku do paliwa. Silniki ZI wymagają paliw o wysokiej odporności na samozapłon, a silniki ZS wprost przeciwnie. Bardzo różne są też konstrukcje i parametry pracy wtryskiwaczy stosowanych w obu konstrukcjach. Z tego względu uważam, że cel pracy powinien być zdefiniowany zdecydowanie bardziej precyzyjnie.

Prace eksperymentalne zrealizowane przez Doktorantkę uważam za bardzo wartościowe, jednak są one opisane zbyt mało szczegółowo. Nie podano wielu istotnych szczegółów, czego przykłady przytaczam w dalszej części recenzji. Program prac eksperymentalnych odzwierciedla wspomniany brak jasnego określenia celu pracy. Badania wtrysku przeprowadzono dla jednakowego ciśnienia wtrysku i zapewne tego samego wtryskiwacza. Z punktu widzenia poznawczego charakteru badań podstawowych można to zaakceptować, ale jednocześnie trzeba mieć świadomość że takie wyniki uzyskane są w zakresie parametrów odległych od tych, które panują w urządzeniach rzeczywistych. Tym samym radykalnie obniża się aplikacyjną wartość uzyskanych wyników.

5. Szczegółowe uwagi krytyczne

Poniżej przedstawiam wybrane uwagi szczegółowe znalezione w pracy:

Strona 27, pierwszy akapit: określenie przydatności oleju pirolitycznego jako paliwa do silników ZI i ZS wymagałaby badań szerszych – liczby oktanowej, cetanowej, energii zapłonu itp. Stąd moim zdaniem lepszym określenie celu pracy było wskazanie badań podstawowych zjawisk zachodzących podczas rozpylania, zapłonu i spalania oleju pirolitycznego.

Strona 27, podstawowe cele pracy: co Autorka rozumie pod sformułowaniem „rozpoznanie przebiegu wtrysku” – to moim zdaniem przykład zbyt mało precyzyjnego określenia.

Strona 28, Teza 3: Spalanie strugi kropel to zjawisko złożone a nakładające się procesy elementarne parowania, dyfuzji, turbulencji i spalania fazy gazowej stanowią o szybkości konwersji substratów na produkty. Określenie „spalanie oleju pirolitycznego zachodzi szybciej” jest więc bardzo mało precyzyjne, bo nie wiadomo o jakich warunkach mowa.

Strona 31: czy średnica Sautera może być traktowana jako wielkość fizykochemiczna?

Strona 31: zwłoka zapłonu czy szybkość spalania moim zdaniem nie powinny być nazywane wielkościami termodynamicznymi

Strona 34: czy SMD czy centyle są wielkościami mierzonymi? Moim zdaniem raczej wyliczonymi na podstawie pomiaru i brakuje opisu w jaki sposób pomiar surowy wykorzystywany jest do określenia tych wielkości. Rzeczywiste krople nie są kulami, a zatem pytanie w ilu kierunkach i dla ilu kropel mierzona jest średnica i w jaki sposób z tych pomiarów wyliczana jest SMD.

Strona 34 i 35: wtryskiwacz użyty w badaniach to wtryskiwacz silnika benzynowego. Używanie go do rozpylenia oleju napędowego skutkuje zupełnie inną charakterystyką strugi kropel niż miałyby to miejsce w przypadku wtryskiwacza do oleju napędowego pod ciśnieniami typowymi dla takich wtryskiwaczy. To sprawia, że wyniki raczej mogą być traktowane jako badania podstawowe, a nie badania przydatności oleju do spalania w silniku ZS.

Strona 40: Badania w komorze o stałej objętości uważam za najbardziej wartościowy element pracy, ale opis stanowiska jest dość ubogi. Nie ma na przykład informacji o sposobie określenia temperatury w komorze – czy była ona mierzona czy wyznaczana na podstawie pomiaru ciśnienia.

Strony 41-45: Przedstawiona analiza odtworzenia wydzielania się ciepła reakcji jest analizą zawierającą uproszczenia, których konieczność wynika z chęci uzyskania rozwiązania analitycznego. Moim zdaniem lepiej byłoby zapisać równania różniczkowe, które pozwalają na uwzględnienie zmiennego składu gazu oraz zmian właściwości gazu zależnie od

temperatury. Analiza zawiera też milczące założenie o braku strat ciepła – czy analizowano na ile takie założenie jest uprawnione?

Strona 48: W jaki sposób traktowano piksele obrazu o częściowym zaczerzeniu, odpowiadające granicy strugi kropel?

Strona 49: Jak zdefiniowano „szybkość rozpylania”?

Strona 49: Secondary break up to rozpad większych kropel na mniejsze – gdzie na rysunku 4.13 widać taki proces?

Strona 50: Procedura przetwarzania obrazu opisana jest bez istotnych szczegółów wielkościowych.

Strona 65: „Kierunek zmian był horyzonalny tj. wielkość SMD nie ulegała zmianie” to przykład bardzo nieprecyzyjnego języka, a wystarczyłoby napisać, że średnica SMD była stała w czasie.

Strona 73: „przedstawiający pracę wtryskiwacza w postaci prostokątnego impulsu” to z jednej strony niezręczne gramatycznie sformułowanie, a z drugiej skąd wiadomo że impuls był prostokątny?

Strona 99: wzór 5.5 jest wzorem przeszacowującym błąd pomiarowy. Poprawnie powinno się go policzyć jako pierwiastek z sumy kwadratów pochodnych cząstkowych pomnożonych przez błędy wielkości elementarnych.

Strona 103: Autorka twierdzi, że uzyskano wyniki, które posłużyły do oceny przydatności oleju pirolitycznego. Rodzi się tu pytanie – czy zatem olej pirolityczny może być stosowany jako paliwo silnikowe czy nie może? Moim zdaniem Autorka idzie za daleko z wnioskami, bo jak wspomniałem wcześniej, moim zdaniem te badania to badania podstawowe, ale nie mogące być wykorzystane jako odpowiedź na pytanie na ile olej pirolityczny może być stosowany do spalania w silnikach ZI i ZS.

5. Wniosek końcowy

Pomimo dość licznej listy uwag recenzowaną pracę doktorską oceniam wysoko. Według mnie jest ona oryginalnym rozwiązaniem problemu badawczego i wnosi istotną nową wiedzę w zakresie procesów rozpylania i spalania oleju pirolitycznego. Uważam, że praca spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim przez ustawę „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” i wnioskuję o dopuszczenie pracy do dalszych etapów postępowania.

Jednocześnie biorąc pod uwagę wysoką jakość przeprowadzonych prac eksperymentalnych oraz szeroki zakres tych prac wnioskuję o wyróżnienie pracy.