

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Marleny Owczuk
pt. „Ocena możliwości zastosowania biogazu rolniczego do zasilania
dwupaliwowego silnika ciągnika rolniczego”

Recenzja została wykonana na zlecenie prof. dr hab. inż. Stanisława Radkowskiego, Dziekana Wydziału Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej, z dnia 22.03.2017 r.

1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa mgr inż. Marleny Owczuk pt. „Ocena możliwości zastosowania biogazu rolniczego do zasilania dwupaliwowego silnika ciągnika rolniczego”, została napisana pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Stanisława Kruczyńskiego, na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej. Promotorem pomocniczym była dr inż. Anna Matuszewska.

Rozprawa obejmuje 178 stron i zawiera osiem rozdziałów. W pracy zamieszczono dwujęzyczne streszczenie, wykaz stosowanych skrótów i oznaczeń oraz spisy: 86 rysunków, 27 zdjęć i 27 tabel. Dysertacja składa się z części literaturowej oraz badawczej.

Zamieszczony w rozprawie wykaz literatury, obejmuje 281 pozycji literaturowych (ostatnie z 2016 roku), w tym anglojęzycznych zamieszczonych w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym.

Praca wydana bardzo starannie, bez zastrzeżeń pod względem redakcyjnym i edytorskim.

2. Ocena merytoryczna rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Marleny Owczuk, należy do prac interdyscyplinarnych z zakresu: chemii, biotechnologii oraz eksploatacji tłokowych silników spalinowych. Przedmiotem jej rozważań jest możliwość wykorzystania biogazu zawierającego do 50% ditlenku węgla do zasilania dwupaliwowego silnika ZS ciągnika rolniczego Case IH MX 135.

Wybór tematu rozprawy uważam za uzasadniony z naukowego i aplikacyjnego punktu widzenia. Potencjał produkcji biogazu jest w Polsce duży i stale niewykorzystany. Biogaz wykorzystywany jest głównie na cele energetyczne, tj. w instalacjach generujących energię elektryczną i ciepło. Praktycznie nie jest wykorzystywany jako paliwo transportowe. Główną przyczyną takiego stanu są uwarunkowania logistyczne: biogaz rolniczy (tu jest największy potencjał wytwórczy) wytwarzany jest na terenach pozamiejskich (zwykle oddalonych znacznie od aglomeracji miejskich), a uzasadnionym z punktu widzenia ochrony środowiska jest stosowanie go jako paliwa dla pojazdów poruszających się w miastach. Brak jest

opłacalnych metod transportu biogazu od wytwórców do punktów tankowania w miastach. Możliwym do zastosowania w pojazdach poruszających się w miastach jest biogaz wytwarzany przy oczyszczalniach ścieków oraz gaz wysypiskowy. Podstawową wadą gazu wysypiskowego jest brak stabilności składu chemicznego, w tym duże wahania stężenia siarkowodoru.

Wobec powyższego koncepcję wykorzystania biogazu rolniczego jako paliwa dla pojazdów stosowanych w rolnictwie uważam za właściwą. Liczne problemy związane ze stosowaniem biogazu jako paliwa do silników ZS, w tym dopuszczalna zawartość CO_2 i H_2S stanowią dobry przedmiot badań o charakterze naukowym.

W rozdziale pierwszym pracy Autorka systematyzuje ogólne aspekty dotyczące produkcji biogazu, ze szczególnym uwzględnieniem warunków prowadzenia procesu, czynników wpływających na jakość produktu, charakterystyki substratów mogących stanowić wsad do biogazowni oraz możliwości modyfikowania jakości otrzymanego biogazu, w zależności od sposobu jego zagospodarowania. Doktorantka podkreśla, że w literaturze przedmiotu brak jest doniesień, dotyczących sterowania procesem fermentacji metanowej, celem uzyskania biogazu o składzie pożądanym do konkretnych zastosowań np. zasilania silników pojazdów. Ze stwierdzeniem tym nie do końca mogę się zgodzić. Jeśli za sterowanie procesem wytwarzania biogazu przyjąć dobór surowców – wsadu do reaktora, to jest to znany od dawna sposób, wykorzystywany komercyjnie przez firmy projektujące biogazownie. Również znane i stosowane są metody oczyszczania biogazu surowego do biometanu. Oczywiście można dyskutować z ich efektywnością, ale krytycznej oceny stosowanych metod oczyszczania biogazu nie znalazłem w pracy. Kwestionowane stwierdzenie jest prawdziwe natomiast w odniesieniu do silników trakcyjnych. Uważa się, że silniki te mogą być zasilane biometanem, natomiast biogaz zawierający 50 – 70 % metanu może być paliwem wyłącznie dla silników stacjonarnych napędzających agregaty prądotwórcze. Ten fragment pracy jest niejasno sformułowany, stąd zaznaczone wyżej wątpliwości. Doktorantka zwraca jednak uwagę na fakt, że wykorzystanie biogazu poddanemu niepełnemu oczyszczeniu, tj. z pominięciem usuwania CO_2 , do zasilania silników pojazdów może przynieść wymierne korzyści.

W drugim rozdziale autorka przedstawia sposoby wykorzystania paliwa metanowego i towarzyszące temu wymagania jakościowe oraz kierunki prowadzonych prac badawczych, ze zwróceniem uwagi na możliwości wykorzystania paliwa metanowego do zasilania silników. W analizie stanu wiedzy wykazuje, że biogaz nieoczyszczony z ditlenku węgla, nie jest wykorzystywany do zasilania silników pojazdów, znajduje jedynie zastosowanie w spalinowych silnikach stacjonarnych układów kogeneracyjnych. Takie kierunki zastosowania wymagają uszlachetnienia biogazu do jakości gazu ziemnego (oczyszczenie z CO_2 do poziomu 6% oraz z H_2S i H_2O), przy czym metody jego oczyszczania charakteryzują się energochłonnością, dużym zużyciem chemikaliów oraz złożonością procesową.

Rozdział trzeci stanowi podsumowanie rozważań literaturowych, na podstawie których określono cel pracy i sformułowano tezy rozprawy doktorskiej oraz określono zakres badań. Jednocześnie wskazano na teoretyczny i empiryczny charakter pracy. Jako cel pracy Doktorantka przyjęła ocenę możliwości wykorzystania biogazu z dużą zawartością ditlenku węgla do zasilania silników pojazdów. W mojej opinii cel jest sformułowany poprawnie i znajduje uzasadnienie w aktualnym stanie wiedzy. Doktorantka sformułowała dwie tezy:

- Możliwe jest sterowanie składem i ilością uzyskiwanego biogazu metodą doboru substratów i warunków jego wytwarzania, celem uzyskania zwiększonej ilości produktu gazowego o stężeniu objętościowym metanu powyżej 60%,
- Możliwe jest zasilanie trakcyjnego dwupaliwowego silnika o zapłonie samoczynnym biogazem zawierającym do 50% v/v ditlenku węgla, bez rozprężania silnika i bez spalania stukowego.

Tezy te odnoszą się do dwóch części pracy:

- Pierwszej biotechnologicznej
- Drugiej obejmującej badania silnikowe.

W mojej ocenie Doktorantka w niewystarczającym stopniu wykazuje spójność obu tez. Pierwsza teza sugeruje dążenie do uzyskania jak najmniejszej ilości CO₂ w biogazie, druga natomiast wskazuje na możliwość zasilania silnika biogazem o dużej zawartości ditlenku węgla.

Doktorantka w części „Cel, zakres i tezy pracy” określiła ogólnie zakres badań, niezbędnych dla weryfikacji tez. Metodyka badań określona została oddzielnie dla części biotechnologicznej pracy i części badań silnikowych. Praca niewątpliwie zyskałaby, a przede wszystkim zniwelowane zostałyby wrażenie niespójności obu tez, gdyby Doktorantka określiła metodykę badań dla całego zakresu badań, wraz z kryteriami weryfikacji tez.

Obie tezy, zwłaszcza drugą, charakteryzuje cecha nowości i stanowią one wraz z celem pracy dobrą podstawę podjętych badań naukowych.

W kolejnych rozdziałach (czwartym i piątym) opisano zastosowane metody badawcze i przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych wpływu surowców różnego pochodzenia na wydajność procesu fermentacji metanowej i jakość uzyskanego biogazu oraz stopnia oczyszczenia produktu z wykorzystaniem różnych metod.

W szóstym i siódmym rozdziale opisano badawcze stanowisko hamowniane i przedstawiono wyniki badań zrealizowanych na tym stanowisku, dotyczące procesu spalania biogazu o dużej zawartości ditlenku węgla (do 50% v/v) oraz omówiono testy eksploatacyjne i wyniki badań empirycznych przeprowadzonych w warunkach rzeczywistych.

Ta część badań stanowi niewątpliwie najistotniejszą część pracy. Doktorantka nie określiła jednak jasno swojego wkładu w badania. Z treści pracy mogę wnioskować, że stanowiska badawcze, tj. silnik do badań hamownianych i ciągnik rolniczy (lub dwa – tej informacji w pracy nie znalazłem) zostały dla potrzeb pracy zaprojektowane i wykonane. Domyślam się, że Doktorantka wykorzystywała te stanowiska, nie uczestniczyła natomiast w pracach projektowych i wykonawczych. Nie jest to oczywiście zarzutem wobec Doktorantki, moim zdaniem powinno to jednak w pracy być jasno wyartykułowane.

Rozdział ósmy; stanowiący podsumowanie rozprawy zawiera najważniejsze wnioski z przedstawionych badań. W rozdziale tym Doktorantka opierając się na uzyskanych wynikach badań empirycznych i sformułowanych na ich podstawie wnioskach, potwierdza celowość podjętej tematyki, weryfikuje pozytywnie postawione tezy oraz osiąga założony cel. Istotne jednak byłoby podanie uzasadnienia dla biotechnologicznych badań w części pierwszej pracy, oraz sposób ich wykorzystania w części drugiej – w badaniach silnikowych.

Podsumowując ocenę merytoryczną pracy można stwierdzić, że treść pracy jest zgodna z jej tematem, a tytuły rozdziałów i podrozdziałów dają syntetyczny pogląd na zawarte w nich treści, tworząc układ właściwy dla rozprawy naukowej. Użyte terminy są poprawne i zgodne z aktualnie obowiązującym słownictwem w dziedzinie nauk technicznych.

Doktorantka dokonała prawidłowego przeglądu literatury, odpowiedniej oceny źródeł obszaru związanego z tematyką pracy. W sposób jasny i przekonujący sformułowała wnioski z przeglądu literatury, wykazując się jednocześnie oryginalnością w odniesieniu przedmiotu badań własnych do aktualnego stanu wiedzy w rozpatrywanej dziedzinie.

Prawidłowy dobór technik badawczych, zakres podjętych prac doświadczanych oraz trafnie sformułowane przez Doktorantkę wnioski, potwierdzają jej dojrzałość naukową do samodzielnego prowadzenia badań, a także umiejętność właściwego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników. Zauważyć można duże zaangażowanie doktorantki oraz wiedzę interdyscyplinarną i umiejętności praktyczne w rozważaniu rozpatrywanych problemów.

3. Uwagi szczegółowe.

Niezależnie od pozytywnej oceny merytorycznej pracy zauważono w jej treści szereg braków i nieścisłości. Przedstawiono je poniżej.

- a) W wielu miejscach pracy Doktorantka używa sformułowania „wytwarzanie energii” lub „produkcja energii”. Z fizycznego punktu widzenia sformułowania te są niepoprawne i mają charakter zwyczajowy w sytuacjach gdy energia traktowana jest jako towar. Moim zdaniem w pracy naukowej terminy te nie powinny być stosowane.
- b) Str. 42. Na jakiej podstawie Doktorantka pisze: „Wykorzystanie biometanu jako paliwa transportowego jest powszechne stosowane w krajach skandynawskich...” Według mojej wiedzy zdanie to jest nieprawdziwe.
- c) Str. 60 i 68. W Rozdziałach 4 i 5 Autorka określa skład chemiczny otrzymanego biogazu oraz stopień jego oczyszczenia różnymi metodami. Jest to kluczowe zadanie dla tej części pracy. Zastosowane metody analityczne sprowadzone zostały do stwierdzenia, że stosowany był „zestaw do analizy biogazu”. Zestaw taki jest wystarczającym narzędziem analitycznym dla obsługi produkcji biogazu, mam jednak wątpliwość, czy w pracy naukowej jest to narzędzie wystarczające. Brak jest jakichkolwiek informacji o precyzji pomiaru. Może małą precyzją pomiaru można wytłumaczyć fakt, że w przypadku glikolu etylenowego w trakcie oczyszczania surowego biogazu odnotowano wzrost stężenia CO₂?
- d) Str. 71. Ad. Tabela 17. Brak uzasadnienia wyboru absorbentów testowanych przy oczyszczaniu biogazu.
- e) Str. 74. Rys. 20. Brak komentarza odnoszącego się do prawdopodobnej przyczyny wzrostu stężenia CO₂ w trakcie oczyszczania biogazu przy użyciu glikolu etylenowego.
- f) W Rozdziale 5 nie dokonano próby wyjaśnienia przyczyn zmian efektywności oczyszczania biogazu przez różne absorbenty w czasie prowadzenia tego procesu. Nie odniesiono się do wpływu relacji stężeń CO₂ i H₂S w surowym biogazie na efektywność oczyszczania. Np. w przypadku NaOH zachodzą równolegle reakcje tworzenia Na₂CO₃ i Na₂S. Doktorantka nie podjęła próby pomiaru stężenia tych

produktów w czasie i badań kinetyki tych reakcji, co mogłoby być pomocne w wyjaśnieniu zmian w czasie efektywności oczyszczania biogazu.

- g) Str. 84. Dwa sprzeczne sformułowania: „Badania procesu spalania biogazu przeprowadzono ciągnika rolniczego Case MX 135 bez zmian konstrukcyjnych i regulacyjnych.” oraz „Silnik badawczy zainstalowano na stanowisku hamownianym, a następnie przystosowano do dwupaliwowego zasilania...”
- h) Str. 86. Tablica 19. W tablicy podano wybrane wymagania jakościowe, a nie własności stosowanego w badaniach oleju napędowego. Doktorantka nie określiła własności badanego oleju napędowego, w tym nie określiła zawartości FAME. Traktuję to jako błąd metodyczny – materiał doświadczalny powinien być w miarę możliwości dobrze scharakteryzowany.
- i) Str. 96 i dalsze; Rys. 44, 45, 46 i 47: osie rzędnych nie zostały opisane; uważam, że dane powinny być przedstawione w formie wykresów słupkowych z pozostawieniem oznaczeń na osi odciętych bez zmian, lub na osi odciętych powinna być procentowa ilość biogazu, co uzasadniałoby przedstawienie na wykresach zależności funkcyjnych.
- j) Str. 112. Rys. 70. Niezrozumiały podpis pod rysunkiem: co oznacza „... z wykorzystaniem opracowanych charakterystyk wtrysku biogazu”?
- k) Str. 133 i dalsze. Część pracy odnosząca się do badań oleju silnikowego zawiera szereg niedociągnięć. Doktorantka praktycznie nie odniosła się do faktu, że olej silnikowy z pierwszego etapu badań eksploatacyjnych współpracował z różnymi paliwami – początkowo na Politechnice Warszawskiej z biogazem syntetycznym, następnie w firmie Poldanor SA z biogazem otrzymywanym w miejscowej biogazowni. W drugim etapie badań olej silnikowy współpracował tylko z biogazem z Poldanoru SA. Autorka nie podjęła próby skomentowania zmian własności oleju silnikowego w I i II etapie badań, w większości poprzestając na stwierdzeniach, że zmiana danej własności była niewielka.

Podsumowanie

Stwierdzam zatem, że praca mgr. inż. Marleny Owczuk pt. „Ocena możliwości zastosowania biogazu rolniczego do zasilania dwupaliwowego silnika ciągnika rolniczego” (promotor: prof. dr hab. inż. Stanisław Kruczyński) spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, w rozumieniu ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. z 2014 r., poz. 1852, ze zm. w Dz. U. z 2015 r. poz. 249), a Autorka może być dopuszczona do jej publicznej obrony.

Jednocześnie ze względu na interdyscyplinarny charakter badań oraz wagę poruszanych problemów dla rozwoju OZE wnoszę o wyróżnienie pracy.

