

Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Inżynierii Wody i Ścieków
ul. Konarskiego 18
44-100 Gliwice

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Marzeny Czapnik

"Zastosowanie chemicznej pompy ciepła do zwiększenia efektywności energetycznej skojarzonej produkcji etanolu"

1. Podstawa wykonania recenzji, informacje ogólne

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Marzeny Czapnik, zatytułowana „Zastosowanie chemicznej pompy ciepła do zwiększenia efektywności energetycznej skojarzonej produkcji etanolu”. Opiniowana praca została przygotowana w Politechnice Łódzkiej (Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności) pod kierunkiem naukowym Dr hab. inż. Tomasza Olejnika, Prof. Uczelni, Dr hab. inż. Pawła Wawrzyniaka, Prof. Uczelni oraz mgr inż. Zbigniewa Ułanowskiego (opiekuna naukowego z ramienia firmy zatrudniającej Doktorantkę).

Podstawę przygotowania niniejszej recenzji stanowią:

- Pismo Dziekana Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej, Pani Prof. Anny Diowksz z dnia 05.10.2021 r., informujące o powołaniu mojej osoby na recenzenta w przewodzie doktorskim mgr inż. Marzeny Czapnik, prowadzonym przez Radę ds. Stopni Naukowych PŁ w dyscyplinach Nauki Chemiczne, Inżynieria Chemiczna, Technologia Żywności i Żywnienia,
- Praca doktorska z załącznikami pt. " Zastosowanie chemicznej pompy ciepła do zwiększenia efektywności energetycznej skojarzonej produkcji etanolu ".

2. Zasadność tematyki

Dokonując analizy i oceny wartości naukowej wyników prac badawczo-rozwojowych należy uznać, że główną przesłanką podjęcia badań naukowych były zdiagnozowane przez Doktorantkę aktualne problemy związane ze zwiększeniem efektywności energetycznej procesów technologicznych wykorzystujących tzw. niskotemperaturowe ciepło odpadowe przy jednoczesnym ograniczeniu zmian w środowisku, determinowanych propagacją zanieczyszczeń i ich wpływu na wszystkie komponenty środowiska.

Celem podjętych przez Doktorantkę prac badawczych, było w szczególności wyznaczenie ciepła rozcieńczania i zatężania kwasu w warunkach podciśnienia, wyznaczenie temperatur wrzenia kwasu fosforowego w zależności od stężenia przy obniżonym ciśnieniu oraz analiza i ocena przydatności wyselekcjonowanych materiałów konstrukcyjnych do budowy elementów chemicznej pompy ciepła z wykorzystaniem metod spektrograficznych i dyfrakcyjnych.

Za najważniejsze, w aspekcie naukowym i użytecznym uważam rozwijanie metod badawczych, w szczególności analitycznych, procesowych i technologicznych, pozwalających w konsekwencji na optymalizację parametrów przebiegu procesów technologicznych, w tym w szczególności związanych z poprawą sprawności energetycznej układów skojarzonego wytwarzania energii. Zaproponowana metodyka badań przemysłowych i prac rozwojowych będzie z całą pewnością determinowała w konsekwencji również ograniczenie negatywnych zmian środowiska, poprzez redukcję zanieczyszczeń emitowanych z procesów technologicznych.

Mając powyższe na uwadze, należy stwierdzić, że tematyka badawcza podjęta przez Doktorantkę jest w pełni uzasadniona i będzie jednym z elementów stymulujących rozwój tzw. miast inteligentnych (SMART Cities) w zakresie zapewnienia wysokiego poziomu rozwoju gospodarczego oraz ograniczenia negatywnych zmian we wszystkich komponentach środowiska poprzez zwiększenie efektywności wykorzystania tzw. ciepła odpadowego z procesów technologicznych.

Z całą pewnością, rezultaty prac naukowych, będące efektem realizacji badań przemysłowych i rozwojowych mają w znakomitej większości wymiar praktyczny, z możliwością wykorzystania w sektorze gospodarki.

3. Układ pracy

Praca została podzielona na dwie logiczne części (teoretyczną i metodyczną) obejmujące łącznie 11 rozdziałów. W części teoretycznej (rozdziały 1 i 2) zostały przeanalizowane metody i technologie stosowane do odzysku energii cieplnej oraz możliwości wykorzystania chemicznej pompy ciepła opartej na kwasie fosforowym, jako czynnika roboczego.

W części metodycznej (rozdziały 3 – 5) pracy Doktorantka właściwie sformułowała tezy precyzujące możliwość zastosowania chemicznej pompy ciepła opartej na kwasie fosforowym w aspekcie optymalizacji procesu technologicznego produkcji etanolu, tj. wzrostu całkowitej sprawności układu uzyskiwanej przez zwiększenie entalpii fizycznej czynnika roboczego.

Kolejne elementy rozpatrywane w dalszych rozdziałach pracy to zadania związane z planowaniem badań, opracowaniem metodologii badawczej, przygotowaniem stanowisk badawczych oraz wykonaniem badań w skali laboratoryjnej i technicznej, w tym w szczególności:

1. Analiza ciepła zatężania kwasu fosforowego (V), tj. w skali laboratoryjnej określono kluczowe właściwości fizykochemiczne substancji roboczej oraz zweryfikowano parametry przemian fizykochemicznych i termodynamicznych. Ponadto wyznaczono stałe równań korelacyjnych pozwalających interpolować wartość temperatury dla pośrednich wartości stężeń. Zaobserwowano dwa obszary wyznaczające szybkość przyrostu temperatury w zależności od stężenia.
2. Pomiar ciepła rozcieńczania kwasu fosforowego (V) w celu określenia wpływu wysokiej temperatury i stężenia początkowego kwasu fosforowego (V), na przebieg procesu.
3. Wykonanie bilansu energii dla stanu ustalonego, w celu wyznaczenia sprawności układu oraz strat ciepła do otoczenia.
4. Badania korozyjności metali i stopów pod wpływem działania kwasu fosforowego (V).
5. Analiza mikroskopowa powierzchni próbek metali i stopów poddanych działaniu kwasu fosforowego (V)
6. Badania spektrograficzne i dyfraktograficzne z wykorzystaniem spektroskopii dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego - EDS (X-ray Energy Dispersive Spectroscopy).

7. Projekt instalacji pilotażowej, w tym:

7.1. Schemat technologiczny i opis instalacji CPC

7.2. Opracowanie założeń systemu pomiarowego oraz układów sterowania procesem w instalacji wielkolaboratoryjnej

7.3. Projekt technologiczny z doбором urządzeń instalacji

7.4. Rozruch i testowanie instalacji w kontekście weryfikacji założeń projektowych.

Zdecydowanie najbardziej wartościową pod względem naukowym, jest zaproponowana w rozdziale 5 metodyka analizy ciepła zatężania kwasu fosforowego (V), oraz ciepła rozcieńczania kwasu fosforowego na podstawie której określono kluczowe właściwości fizykochemiczne substancji roboczej oraz zweryfikowano parametry przemian fizykochemicznych i termodynamicznych.

4. Elementy oryginalności pracy

Za najważniejsze walory naukowe pracy w aspekcie naukowym i użytecznym uważam:

- rozwijanie metod badawczych, w szczególności analitycznych, procesowych i technologicznych, pozwalających w konsekwencji na optymalizację parametrów przebiegu procesów technologicznych, w tym w szczególności związanych z poprawą sprawności energetycznej układów skojarzonego wytwarzania energii. Zaproponowana metodyka badań przemysłowych i prac rozwojowych będzie z całą pewnością determinowała w konsekwencji również ograniczenie negatywnych zmian środowiska, poprzez redukcję zanieczyszczeń emitowanych z procesów technologicznych,
- wyznaczenie ciepła rozcieńczania i zatężania kwasu w warunkach podciśnienia,
- wyznaczenie temperatur wrzenia kwasu fosforowego w zależności od stężenia przy obniżonym ciśnieniu,
- analiza i ocena przydatności wyselekcjonowanych materiałów konstrukcyjnych do budowy elementów chemicznej pompy ciepła z wykorzystaniem metod spektrograficznych i dyfrakcyjnych

5. Poziom warsztatowy

Przedstawiona praca jest wynikiem bardzo trudnych i złożonych analiz wykorzystujących wiedzę z zakresu inżynierii chemicznej i procesowej, termodynamiki chemicznej oraz zagadnień związanych z optymalizacją procesów, jak również procesów technologicznych wykorzystujących niskotemperaturowe ciepło odpadowe.

Bardzo cennym pozostaje fakt podjęcia przez Doktorantkę próby prowadzenia badań w skali półtechnicznej. Realizacja badań z przedsiębiorcą i zbudowanie technologii w takiej skali to duże wyzwanie świadczące o dojrzałości Doktorantki i umiejętności przeniesienia badań ze skali laboratoryjnej na większą.

Tematyka podjęta przez Doktorantkę mieści się w dyscyplinie inżynieria chemiczna, technologia żywności i żywienia i na uwagę zasługuje bogaty warsztat badawczy pozwalający na samodzielne formułowanie problemu badawczego, definiowaniu tez i wyciąganiu logicznych wniosków.

W szczególności podkreślam swobodę w posługiwaniu się zróżnicowaną metodologią badawczą w rozwiązywaniu postawionego problemu badawczego.

6. Uwagi dyskusyjne

Generalnie opiniowana rozprawa doktorska zyskuje moją zdecydowanie pozytywną ocenę. W odniesieniu do każdej pracy można jednak sformułować pewne uwagi dyskusyjne, które w przypadku opiniowanej pracy nie umniejszą w najmniejszym stopniu jej wartości naukowej. Dokonując oceny szczegółowej sformułowałem następujące uwagi o charakterze dyskusyjnym. Proszę o odniesienie się Doktorantki do następujących uwag:

- Z uwagi na dużą liczbę zmiennych decyzyjnych zadania optymalizacyjnego i ograniczeniach na nie nałożonych, utrudniona jest decyzja o wyborze trajektorii sterowania dla urządzeń wykonawczych w układzie sterowania. Stąd w mojej opinii zakres podjętych przez Doktorantkę prac badawczych powinien obejmować również wątek zastosowania systemu ekspertowego, wspomaganego sztucznymi sieciami neuronowymi. Czy przewidziano możliwość zastosowania algorytmów neuropodobnych ?

- W celu rozwiązania problemu optymalnego sterowania dla obiektów dynamicznych z logiczną reprezentacją wiedzy o procesie, obiekcie sterowania i sterowaniu, dla których proces uczenia się polega na sukcesywnej walidacji i uaktualnianiu wiedzy oraz wykorzystywaniu wyników tego uaktualniania do wyznaczania decyzji sterujących powinno się zastosować zaawansowane algorytmy sterowania procesem technologicznym, implementowanym w logicznym sterowniku/-ch swobodnie programowalnym. Czy problem ten został rozwiązany w ramach realizacji projektu B+R ?

- analiza efektywności przebiegu procesu technologicznego wykorzystującego chemiczną pompę ciepła nie obejmowała analizy egzergetycznej w zastosowaniu do oceny jakości nośników energii. Czy Doktorantka przewiduje w dalszych pracach badawczych bądź rozwojowych przeprowadzenie takich analiz ?

Pragnę zwrócić uwagę i jednocześnie podkreślić, że zdecydowana większość moich uwag ma charakter dyskusyjny i nie mają wpływu na wysoka wartość naukową opiniowanej pracy.

7. Wniosek końcowy

Podsumowując całość recenzji stwierdzam, że tematyka rozprawy doktorskiej mgr inż. Marzeny Czapnik, zatytułowanej „Zastosowanie chemicznej pompy ciepła do zwiększenia efektywności energetycznej skojarzonej produkcji etanolu” mieści się w nurcie współczesnych badań związanych z zastosowaniem zaawansowanych metod wieloparametrowej optymalizacji złożonych procesów chemicznych w skali przemysłowej.

Problem naukowy został postawiony poprawnie oraz rozwinięty za pośrednictwem sformułowanych tez rozprawy. Zarówno cel i zakres pracy adekwatnie wynikają z przeprowadzonej analizy literatury przedmiotu oraz postawionego przez Autorkę problemu badawczego.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska zawiera rozwiązanie ważnego zadania naukowego, jakim jest optymalizacja linii technologicznej wytwarzania etanolu z wykorzystaniem chemicznej pompy ciepła w kontekście zwiększenia całkowitej sprawności układu. Jej poziom merytoryczny uważam za bardzo dobry. Rozprawa dowodzi dojrzałości naukowej Doktorantki, przejawiającej się w doborze tematu, prawidłowym i czytelnym postawieniu problemu, doborze właściwej metodologii badań, a także opanowaniu warsztatu naukowego w zakresie samodzielności i zdolności logicznego formułowania wniosków.

Oceniana rozprawa doktorska spełnia wymagania stawiane w art. 219 ust.1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85, z późniejszymi zmianami).

Wobec powyższego wnioskuję, by Wysoka Rada ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej w Dyscyplinie Inżynieria Chemiczna, Technologia Żywności i Żywnienia dopuściła mgr inż. Marzenę do publicznej obrony.

Jednocześnie składam wniosek do Wysokiej Rady o przyznanie wyróżnienia rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Marzeny Czapnik.

Leska Kucysiof