



Dr hab. inż. Marek Ochowiak, prof. uczelni
WYDZIAŁ TECHNOLOGII CHEMICZNEJ
Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej
ul. Berdychowo 4, 61-131 Poznań, tel. +48 61 665 2789
e-mail: marek.ochowiak@put.poznan.pl, www.put.poznan.pl

Poznań, 28 lipca 2022 roku

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Daniela Musika

**pt. „Optymalizacja procesu produkcji preparatów do kondycjonowania
wody chłodniczej i kotłowej”.**

Podstawą prawną sporządzenia niniejszej recenzji jest pismo Pani prodziekan ds. organizacji i rozwoju na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie dr hab. inż. Beaty Zielińskiej, prof. ZUT, z dnia 8 lipca 2022 roku informujące o powołaniu przez Komisję Doktorską mojej osoby na recenzenta rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Daniela Musika.

Doktorat wdrożeniowy to program Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, obecnie Ministerstwa Edukacji i Nauki, uruchomiony w 2017 roku prowadzący do uzyskania stopnia doktora poprzez przygotowanie rozprawy doktorskiej, łączącej zarówno teoretyczny jak i praktyczny wymiar badań. Program Doktoratu Wdrożeniowego realizowany jest poprzez prowadzenie w ramach szkół doktorskich kształcenia doktorantów we współpracy z zatrudniającymi ich przedsiębiorcami albo innymi podmiotami. Daje on zatem możliwość uzyskania stopnia naukowego osobom, które jednocześnie chcą w pełni kontynuować pracę zawodową poza uczelnią. Stanowi zatem swoistego rodzaju pomost pomiędzy karierą w nauce i biznesie. Jest to zarazem szansa na wdrożenie i komercjalizację otrzymanych wyników badań, dedykowanych dla konkretnego podmiotu czy branży. Przygotowywane w jego ramach dysertacje stanowią nie tylko oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, ale także podstawę zastosowania będącego jego wynikiem wdrożenia w praktyce gospodarczej. Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska została wykonana w ramach I edycji projektu Doktorat Wdrożeniowy finansowanego ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (nr 29/DW/2017). Praca doktorska wykonana została pod kierunkiem promotora Prof. dr hab. inż. Rafała Rakoczego. Opiekunem pomocniczym była Pani mgr inż. Małgorzata Sekuła-Wybańska.

1. Treść i zakres rozprawy

Woda jest najcenniejszym surowcem na świecie, zarówno z punktu widzenia procesów produkcyjnych, jak i życiowych. Jej jakość zależy od miejsca jej występowania, a jej skład chemiczny zmienia się często w czasie. Występujące w instalacjach problemy z korozją i kamieniem kotłowym mają swe źródło właśnie w wodzie. Niska jakość wody zasilającej układ jest często pierwotną przyczyną awarii. Kondycjonowanie (korygowanie parametrów fizykochemicznych) wody stosuje się w systemach wodnych o różnej wielkości oraz o różnorodnym przeznaczeniu. Kondycjonowanie ma na celu stworzenie optymalnych warunków pracy systemu, co pozwala zwiększyć efektywność działania, zachować jego sprawność oraz przynieść znaczne oszczędności ekonomiczne. Woda, pomimo zmian w jej jakości, powinna być uzdatniana metodą, która odznacza się elastycznością i wysokim poziomem precyzji. Dozowanie preparatów chemicznych ma na celu poprawę parametrów wody, tak aby spełniała ona określone wymagania, zależne od jej przeznaczenia, gdyż problemy z wodą występują zarówno w dużych instalacjach przemysłowych, jak i mniejszych domowych systemach wodnych. Dozowanie różnych typów preparatów stosuje się w różnych branżach przemysłu i przy różnych technologiach uzdatniania wody, m.in. przy uzdatnianiu wody kotłowej, chłodniczej, technologicznej, do klimatyzacji, jak również przy dezynfekcji wody. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych środków chemicznych oraz specjalistycznego oprogramowania komputerowego można zoptymalizować zużycie środków chemicznych, wybrać odpowiednią technologię przygotowania wody, co z kolei pozwoli na obniżenie kosztów eksploatacyjnych urządzeń. Możemy wyróżnić następujące typy produktów do kondycjonowania wody: inhibitory korozji, środki antyosadowe, biocydy, środki czyszczące oraz preparatami do ochrony systemów glikolowych. Optymalizacja procesu produkcji ma na celu poprawę efektywności i wydajności produkcji przy jednoczesnym obniżeniu jej kosztów. Warto w nią zainwestować wówczas, gdy nie wykorzystujemy w pełni posiadanych zasobów. Optymalizacja wymaga zebrania wielu danych, a następnie ich wnikliwej analizy. W niniejszej rozprawie doktorskiej przedstawiono wyniki badań dotyczących optymalizacji procesu produkcyjnego preparatów do kondycjonowania wody chłodniczej i kotłowej, które pozwoliły na korektę dotychczas stosowanego rozwiązania aparaturowego. Tematyka kondycjonowania skupia się aktualnie na opracowywaniu nowych receptur środków chemicznych, optymalizacji i inteligentnym sterowaniu dawkowania środków do układów oraz na optymalizacji kosztów i procesu produkcji. Badania przeprowadzone przez Pana mgra inż. Daniela Musika wpisują się w tematykę optymalizacji kosztów produkcji, optymalizacji procesu produkcji, zarządzania produkcją oraz w tematykę związaną z szeroko rozumianą ochroną środowiska. Praca doktorska już na pierwszy rzut oka robi dobre wrażenie, jest ciekawa, dobrze napisana i zredagowana, ma klasyczny i przejrzysty układ, ładną kolorową oprawę graficzną, zawiera bogatą literaturę przedmiotu, głównie pochodzącą z ostatnich dwudziestu lat.

Celem rozprawy doktorskiej była analiza optymalizacji procesu produkcji preparatów z serii 853 do kondycjonowania wody chłodniczej i kotłowej produkowanych przez firmę

ESC Global sp. z o.o.. Problem badawczo-wdrożeniowy związany był z niekorzystnymi zjawiskami rozwarstwienia produktu i brakiem jego jednorodności występującymi po zakończeniu procesu produkcji preparatu ESC 853N. Szczegółowe etapy prac badawczych obejmowały:

- realizację badań fizykochemicznych komponentów wchodzących w skład preparatów z serii 853N;
- wykonanie symulacji numerycznych używanej konstrukcji mieszalnika;
- przeprowadzenie procedury przeniesienia skali z mieszalnika pracującego w linii technologicznej używanej przez ESC Global sp. z o.o. do skali laboratoryjnej;
- wykonanie badań związanych z zapotrzebowaniem na moc mieszania i zagadnieniami hydrodynamicznymi dla mieszalnika w skali laboratoryjnej;
- zaprojektowanie, wykonanie oraz badania nowych konstrukcji mieszadeł;
- wybór optymalnego układu mieszającego z uwzględnieniem kryterium związanego z zapotrzebowaniem na energię;
- przeprowadzenie procesu produkcji preparatów z serii 853N przy użyciu opracowanych układów mieszających;
- ocena stabilności produktów otrzymanych w skali laboratoryjnej przy użyciu opracowanych konstrukcji;
- opracowanie wytycznych do powiększenia skali dla wybranego rozwiązania konstrukcyjnego układu mieszającego.

Wyróżniającymi się ośrodkami badawczymi zajmującymi się mieszaniem jest z całą pewnością Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny. Zadeklarowany cel pracy jest w znacznym stopniu wynikiem zainteresowań badawczych i dokonań Autora rozprawy, jak też twórczą kontynuacją badań prowadzonych przez Zespół kierowany przez Pana Prof. dr hab. inż. Rafała Rakoczego. Należy podkreślić, że przedstawiona tematyka rozprawy doktorskiej oraz postawione cele w pełni zgodne są z realizowanym programem Ministerstwa Edukacji i Nauki łączącym świat nauki i biznesu, dlatego podjęte działania badawcze uważam za w pełni uzasadnione. Przedstawiona rozprawa doktorska dotyczy ważnej, ze względów poznawczych, problematyki wytwarzania i badania środków chemicznych, które charakteryzują się wysoką stabilnością. Autor opiniowanej rozprawy zaplanował i zrealizował obszerny program badawczy obejmujący zastosowanie wielu nowoczesnych metod badawczych.

Rozprawa doktorska powinna stanowić oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego oraz powinna wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną Autora w danej dziedzinie, jak i umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Dodatkowo należy wziąć pod uwagę charakter projektu Doktorat Wdrożeniowy, w ramach którego niniejsza rozprawa została przygotowana. Uważam, że najważniejsze wymogi spełnia zarówno recenzowana praca, jak i Kandydat na doktora. Rozprawa ma charakter pracy naukowo-badawczej ukierunkowanej na opracowanie i wdrożenie w przedsiębiorstwie nowego mieszalnika do procesu produkcji preparatu ESC 853N. Autor porusza się „płynnie” po szerokiej tematyce związanej z projektowaniem mieszalników, symulacjami CFD, badaniami doświadczalnymi procesu mieszania i wytwarzania układów wielofazowych.

Rozprawa została przedstawiona w postaci 171 stronicowej monografii oraz dodatkowego załącznika. Przedstawioną do recenzji pracę, składającą się z 9 rozdziałów, podzielić można na dwie zasadnicze części: część teoretyczną (rozdziały 2 i 3) oraz część doświadczalną (rozdziały 4-8). Całość poprzedza streszczenie pracy w językach polskim i angielskim, wykaz ważniejszych stosowanych symboli oraz krótkie wprowadzenie. Kończą natomiast wykaz cytowanego piśmiennictwa oraz załącznik. Tytuł rozprawy oddaje w pełni jej zawartość. Niespełna trzystronicowy wstęp oraz sformułowana na stronie 72 hipoteza badawcza wprowadzają czytelnika w analizowane zagadnienia i w sposób bardzo jasny przedstawiają konieczność podjęcia proponowanych przez Autora badań. Część teoretyczna przedstawia studia literaturowe skupione głównie wokół kondycjonowania wody, stabilności emulsji oraz procesu mieszania i aż się prosi o „więcej” (przydałaby się głębsza analiza literatury powiązanej z tytułową „optymalizacją”). Część doświadczalna omawia szeroko i szczegółowo metody badawcze oraz wyniki badań doświadczalnych. Rozdział ten jest najobszerniejszy, jednak niektóre jego elementy pasują bardziej do części teoretycznej (uzupełniłoby to „więcej” z poprzedzającego zdania). Wszystkie prezentowane przez Doktoranta wyniki badań są dobrze udokumentowane z wykorzystaniem tabel, rysunków oraz zdjęć. Wszystkie rysunki w pracy zostały przygotowane dość starannie, a ich jakość nie budzi zastrzeżeń. Rozdział 8 podsumowuje uzyskane wyniki badań oraz przedstawia prawidłowo sformułowane wnioski. Na końcu pracy Doktorant zawarł spis literatury. Przedstawiony przegląd literatury obejmuje aż 143 pozycje literaturowe. Podsumowując tę część pracy stwierdzić należy, że Autor zarówno dobrze przygotował się teoretycznie do zaplanowanych badań (potwierdza to m.in. dodatkowe użycie turbiny Rushtona, jako mieszadła „wzorcowego”), jak też dobrze uzasadnia konieczność podjęcia badań. Przeprowadzone badania odznaczają się oryginalnością i mają duży potencjał w aspekcie ich zastosowania w praktyce, w tym również w formie wdrożenia przemysłowego.

Przedstawiona do recenzji praca napisana jest poprawnym językiem polskim. Praca zredagowana jest starannie, ale nie jest wolna od drobnych błędów edytorskich. Poniżej przedstawiam kilka wybranych z dostrzeżonych przeze mnie tego rodzaju niezręczności:

- Rozdział dzielony jest tylko na jeden podrozdział, co wydaje się być bezsensowne (6.1.1 i 6.4.1).
- Nieliczne błędy interpunkcyjne i stylistyczne (np. ... w mechanizmie przenoszenia skali. [80, 81].; Kropelkom w wielu emulsjach zapobiega się agregacji dzięki zastosowaniu emulgatorów jonowych, ...; ... następująco (rys. 5.9):)
- Zbędny jest odnośnik „źródło własne” – Autor miał zapewne na myśli, że opracował rysunek samodzielnie, choć niektóre rysunki nie mają żadnego odnośnika literaturowego.
- Nieliczne braki spacji pomiędzy wartością, a jednostką np. 5m.
- Oznaczenie stopni to niekiedy „o” w indeksie górnym, w symbolach jest odpowiedni znak, którym Autor na ogół się posługuje, zatem można było to w całej pracy ujednoczyć.
- Zgodnie z równaniem (2.17) oznaczenie średniej objętościowo-powierzchniowej średnicy kropli powinno być D_{32} , a nie d_{32} (str. 45). Str. 92 – czym różni się D_{32} od d_{32} ?
- Niewłaściwy sposób podziału tabel 3.1-3.3 przedstawionych na dwóch/trzech stronach.

- Podanie po raz kolejny angielskiej nazwy CMC na stronie 65 jest zbędne.
- Na str. 68 podano podział na trzy główne punkty oraz podpunkty, przy czym w punkcie 3 jest tylko podpunkt a) – może warto byłoby rozważyć ujęcie treści z podpunktu w punkcie 3?
- Zdanie (str. 69-70): „Optymalizacja procesu produkcyjnego preparatu ESC 853N, wpływa na zwiększenie efektywności i wydajności procesu, prowadząc do uzyskania produktu o najwyższej jakości, obniża koszt produkcji oraz wpływa na rozwój i zwiększenie konkurencyjności i innowacyjności firmy ESC Global Sp. z o.o.” – niewłaściwie użyty czas (raczej może wpłynąć).
- Rys. 5.8 i inne – opisy osi na wykresach powinny być w języku polskim.
- Informacje zawarte na str. 99 i 100 są powtórzeniem celu pracy.
- Czy Autor wprowadzając do układu przegrody spodziewał się zmniejszenia zapotrzebowania na energię/moc? (w nawiązaniu do opisu rys. 6.18)?
- „Doniesienia literaturowe podają, że wielkość cząstek nanoemulsji kształtuje się na poziomie poniżej 500 nm, natomiast emulsje konwencjonalne charakteryzują się wielkością cząstek zdecydowanie powyżej tej wartości.” Czy Doktorant analizował również upakowanie cząstek w układzie emulsyjnym?
- „... zbiornik mieszalnika posiada nietypowe wymiary, tzn. średnica aparatu jest zbliżona do jego wysokości.” Jakie są zatem typowe wymiary mieszalników? Takiej informacji zabrakło w pracy.

2. Ocena merytoryczna rozprawy – uwagi ogólne

Zadeklarowany cel pracy jest w znacznym stopniu wynikiem zainteresowań badawczych i dokonań Autora rozprawy, jak też twórczą kontynuacją badań prowadzonych przez zespół kierowany przez Pana Prof. dr hab. inż. Rafała Rakoczego. Przeprowadzone badania dowodzą, że omawiany proces mieszania realizowany w skali przemysłowej jest nieefektywny pod kątem tworzenia stabilnych emulsji. Potwierdzono, że konstrukcja zbiornika w połączeniu z wolnoobrotowym mieszadłem łopatkowym generuje przede wszystkim obwodowy ruch cieczy bez obecności cyrkulacji osiowo-promieniowej w mieszanym płynie oraz że brak w mieszalniku pionowych przegród powoduje podczas mieszania tworzenie się leja. Zaprojektowano, skonstruowano oraz przebadano zmodyfikowany mieszalnik wyposażony w przegrody pionowe (charakteryzujące się konstrukcją umożliwiającą uzyskanie ich w 3 konfiguracjach geometrycznych: bez perforacji, z częściową perforacją oraz maksymalną perforacją) oraz w nowy typ mieszadła wykazując, że może on z powodzeniem zastąpić „starą konstrukcję”. Ponadto scharakteryzowano wytwarzane układy emulsyjne, głównie pod kątem ich stabilności. Na podstawie przeprowadzonych badań związanych z procesem mieszania, rozkładu średnich wielkości cząstki, oceny stabilności i potencjału zeta dla preparatu 853N zaproponowano optymalną konstrukcję mieszalnika z przegrodami, z określonym układem i typem mieszadeł (wg nazewnictwa użytego w pracy to konfiguracja C i mieszadło 7_2). Otrzymane w niniejszej rozprawie wyniki wykorzystano do przygotowania wdrożenia wybranego rozwiązania w skali przemysłowej. Wykonano projekt, na podstawie którego zbiornik używany w procesie

produkcyjnym w firmie ESC Global sp. z o.o. wyposażono w zoptymalizowany układ przegrody-mieszadła. Należy podkreślić, że przedstawiona tematyka rozprawy doktorskiej wnosi istotny wkład w rozwój wiedzy dotyczącej analizowanego zagadnienia przez co wypełnia istniejącą lukę informacyjną, dlatego podjęte działania badawcze uważam za w pełni uzasadnione.

Stwierdzam, że Pan mgr inż. Daniel Musik zrealizował zadeklarowane cele pracy, a uzyskane z wykorzystaniem nowoczesnych metod badawczych wyniki – uznaję za wkład w rozwój prac badawczych związanych z szeroko rozumianymi przepływami wielofazowymi, które są złożone w swej naturze oraz trudne do opisu i modelowania. Na uwagę zasługuje fakt, że uzyskane wyniki mają duże znaczenie praktyczne. Do głównych osiągnięć Doktoranta należy zaliczyć:

- scharakteryzowanie preparatu 853N wytwarzanego w różnych warunkach;
- zaprojektowanie autorskich rozwiązań konstrukcyjnych przegród i mieszadeł;
- przeprowadzenie symulacji numerycznych procesu mieszania;
- przeprowadzenie bardzo szerokich badań mieszania w wielu inwariantach przegrody-mieszadła;
- wdrożenie opracowanego aparatu.

3. Ocena strony formalnej rozprawy – uwagi szczegółowe

Recenzowaną rozprawę czyta się z zainteresowaniem, jest poprawna językowo i praktycznie wolna od błędów natury edytorskiej. Praca jest dobrze napisana i zredagowana oraz ma przejrzysty, logiczny i wyczerpujący układ. Drugą grupę stanowią uwagi o charakterze merytorycznym, na które oczekuję wyjaśnień Doktoranta podczas publicznej obrony pracy doktorskiej. W tym miejscu chciałbym zwrócić uwagę na kilka kwestii i zadać parę pytań:

- Z jakiego powodu Autor zdecydował o pomiarze pH metodą potencjometryczną (str. 74)?
- Czy podczas pomiarów na aparacie Mastersizer 3000 z przystawką Hydro EV wpływ na uzyskane wyniki miały parametry pracy przystawki? Jakie były nastawy mieszadła?
- Str. 105: „...mieszadło, którego głównym zdaniem będzie zapewnienie odpowiednich warunków prowadzenia procesu mieszania układów niejednorodnych...” – jakie zdaniem Doktoranta są „odpowiednie warunki”?
- Czy według Doktoranta otwory w przegrodach mają jakiegokolwiek znaczenie jeśli mówimy o mocy mieszania (rys. 6.15)? Czy w nawiązaniu do obrazu z rys. 6.15 dane przedstawione w tab. 6.3 nie są błędnie opisane? Dodam, że w treści pracy podano wartości prawidłowe.
- Czy w rów. (6.2a) powinien być znak „–„? Podstawienie danych zestawionych w tab. 6.4 daje wyniki odbiegające od wartości przedstawionych na rys. 6.16.
- Czy zdaniem Autora lepszym sformułowaniem w opisie osi na rys 6.36 (i innych) jest cząsteczka, czy cząstka (być może można stosować je zamiennie)?
- Rys. 6.49 wyniki uzyskane dla próbki po 7 dniach od produkcji pokazały mniejsze cząstki niż po produkcji – z czego to wynika? Czy Autor próbował porównać wytworzone emulsje z emulsjami wytwarzanymi przy użyciu homogenizatora? Jaka jest dokładność zastosowanej metody pomiarowej?

Powyższe uwagi, poczynione z obowiązku recenzenta, w najmniejszym stopniu nie podważają wartości poznawczej i aplikacyjnej rozprawy, a stanowią jedynie podstawę do merytorycznej dyskusji podczas publicznej obrony pracy doktorskiej. W mojej opinii przedstawiony w rozprawie materiał spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim.

4. Podsumowanie i wnioski końcowe

Uwzględniając aktualność podjętej tematyki rozprawy, trafność zdefiniowanego celu oraz poprawność wnioskowania, pozytywnie oceniam rozprawę doktorską pt. „Optymalizacja procesu produkcji preparatów do kondycjonowania wody chłodniczej i kotłowej”. Złożoność problemów z jakimi spotkał się Doktorant realizując recenzowaną rozprawę niewątpliwie wymagała wiedzy teoretycznej i praktycznej niezbędnej do prowadzenia badań eksperymentalnych oraz ogromnego nakładu pracy. Sposób zaplanowania i prowadzenia badań, jak również forma przedstawienia uzyskanych wyników oraz ich analiza świadczą o dużej wiedzy oraz kompetencjach. Uważam, że Doktorant zrealizowała założone cele swojej pracy, która zakończyła się nie tylko wdrożeniem przemysłowym, ale również zgłoszeń patentowych.

Reasumując stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska jest opracowaniem oryginalnym o wysokiej wartości poznawczej. Uważam, że recenzowana przeze mnie praca doktorska Pana mgra inż. Daniela Musika spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązującą aktualnie w Polsce Ustawę o Stopniach i Tytule Naukowym i wnoszę o dopuszczenie Pana mgra inż. Daniela Musika do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

POLITECHNIKA POZNAŃSKA
WYDZIAŁ TECHNOLOGII CHEMICZNEJ
INSTYTUT TECHNOLOGII I INŻYNIERII CHEMICZNEJ

DR HAB. INŻ. MAREK OCHOWIAK, PROF. UCZELNI
KIEROWNIK ZAKŁADU INŻYNIERII I APARATURY CHEMICZNEJ