

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Małgorzaty Markowskiej
pt. „Analiza procesu separacji ciało stałe-ciecz i ciecz-ciecz
w zmodyfikowanych osadnikach wirowych”.**

Podstawa formalna opracowania recenzji: Niniejszą recenzję opracowano na podstawie Uchwały Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Poznańskiej z dnia 6 lipca 2021 r. na zlecenie Dziekana Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej – Przewodniczącej Rady, prof. dr hab. inż. Ewy Kaczorek.

Dane ogólne:

Praca została wykonana w Zakładzie Inżynierii i Aparatury Chemicznej Politechniki Poznańskiej pod opieką promotora dr hab. inż. Marka Ochowiaka, prof. PP oraz promotora pomocniczego dr hab. inż. Izabeli Kruszelnickiej, prof. PP.

Rozprawa została przedstawiona w postaci rękopisu wykonanego komputerowo i oprawionego. Praca składa się z 156 stron. Podzielona została na 6 rozdziałów oraz spis oznaczeń, bibliografię, streszczenie i charakterystykę osiągnięć naukowych Doktorantki. Układ rozdziałów jest właściwy i logiczny. Spis cytowanej literatury zawiera 129 pozycji. Literatura obejmuje pozycje klasyczne (około 12%) oraz niedawno opublikowane. 114 pozycji opublikowano po 2000 roku. Liczba cytowanych prac świadczy o dobrym rozeznaniu Autorki w dyscyplinie, którą uprawia. Brak numeracji pozycji literaturowych utrudnia jednak lekturę pracy, która jest napisana poprawnym językiem z niewielką liczbą usterek redakcyjnych.

Tytuł rozprawy doskonale oddaje jej zawartość. Autorka przedstawia w niej wyniki badań oraz analizę procesu separacji dla układów ciało stałe-ciecz i ciecz-ciecz w zaprojektowanych i zmodyfikowanych osadnikach wirowych.

Zawartość pracy:

Rozprawa zawiera stronę tytułową, za którą zostały zamieszczone podziękowania. W dalszej kolejności zamieszczono spis treści i obszerny wykaz stosowanych oznaczeń.

Pierwszy rozdział zatytułowany: „Wprowadzenie i cel pracy” zaznajamia czytelnika z tematem oczyszczania wód, zwłaszcza opadowych. Autorka wskazuje w nim na ważność wybranego problemu, szczególnie gdy obserwowany deficyt zasobów wodnych na świecie wywiera negatywny wpływ na rozwój przemysłu oraz związaną z nim gospodarkę i ekonomię. Wskazuje nowoczesne technologie zarówno magazynowania wody jak i jej oczyszczania w celu dalszego wykorzystania. Zwraca uwagę na cechy jakimi powinny charakteryzować się osadniki, zwłaszcza wirowe, aby proces realizowany był optymalnie. Na zakończenie Doktorantka formułuje cel pracy, jakim była analiza procesu separacji dla układów dwufazowych ciało stałe-ciecz i ciecz-ciecz w zależności od stopnia i sposobu modyfikacji osadników wirowych. Przedstawia zalety tego typu rozwiązań konstrukcyjnych, podkreślając jednocześnie problemy z jakimi borykają się inżynierowie przy ich projektowaniu. Wskazuje na konieczność przeprowadzania żmudnych badań doświadczalnych w przypadku wprowadzania na rynek nowych konstrukcji osadników wirowych oraz potwierdza, że mogą one być interesującą alternatywą dla pozostałych osadników.

Rozdział drugi zatytułowany: „Podstawy teoretyczne zagadnienia” podzielony został na trzy podrozdziały. W podrozdziale 2.1 odnaleźć można informacje związane z aktualnym stanem wiedzy nt. zanieczyszczeń wód opadowych. Omówiono w nim znaczenie i wpływ procesu oczyszczania wód opadowych, scharakteryzowano zanieczyszczenia w nich występujące oraz przedstawiono metody oznaczania zanieczyszczeń w spływach opadowych. Podrozdział 2.2 przedstawia procesy wstępnego oczyszczania wód opadowych związane z separacją ciał stałych i cieczy. Autorka opisuje w nim również szczegółowo mechaniczne procesy jednostkowe takie jak: cedzenie, sedymentację (z charakterystyką zawiesin oraz opisem matematycznym procesu) i filtrację. Przedstawione w tej części pracy informacje pozwalają na zrozumienie mechanizmów rozdziału układów dwufazowych ciało stałe-ciecz i ciecz-ciecz. W podrozdziale 2.3 Autorka charakteryzuje wybrane rodzaje urządzeń separujących ciała stałe i ciecz. Szczegółowo opisuje osadniki poziome, pionowe, odśrodkowe, wirowe oraz separatory substancji olejowych. Niewątpliwie wartość poznawczą tego podrozdziału stanowią schematy działania i szczegóły konstrukcyjne charakteryzowanych urządzeń. Obszerny przegląd literatury w tym obszarze świadczy o szczegółowej analizie problemu przeprowadzonej przez Doktorantkę.

W rozdziale trzecim omówiono zasady doboru osadników. Doktorantka wskazała w nim, na jakie parametry eksploatacyjne należy zwracać uwagę podczas konstruowania urządzeń do oczyszczania wód opadowych. Wśród scharakteryzowanych parametrów jako najważniejsze wymienia: natężenie przepływu wód opadowych ściśle związane z powierzchnią zlewni (w szczególności wód opadowych do oczyszczalni i do obejścia hydraulicznego), natężenie opadu zależne od czasu jego trwania i częstości występowania, powierzchnię osadnika, jego obciążenie hydrauliczne i czynną objętość oraz wysokość, a także współczynnik szczelności zlewni.

Rozdział czwarty zatytułowany: „Badania eksperymentalne” podzielony został na trzy podrozdziały. Pierwszy z nich opisuje stanowisko badawcze służące do realizacji procesu separacji. Badania prowadzono z wykorzystaniem zbiornika cieczy zaopatrzonego w pompę CHI 2-30 firmy Grundfos, rotametr cieczowego firmy Kytola Instruments o zakresie pomiarowym 0,8-3,6 m³/h, podajnika materiału badawczego, osadnika wirowego i w zależności od rodzaju układu dwufazowego, filtra sitowego lub systemu poboru próby ciekłej. W podrozdziale 4.2 dokonano charakterystyki materiałów użytych w badaniach. Fazę ciągłą stanowiła woda wodociągowa o znanych i charakterystycznych dla miasta Poznania właściwościach fizykochemicznych oraz wodne roztwory gliceryny o określonych stężeniach wagowych, które determinowały ich gęstość oraz lepkość, dochodzącą nawet do 10 mPas. Pomiar lepkości ciekłych materiałów badawczych dokonywano na rotametrze Anton-Paar Physica MCR 501. W badaniach wykorzystano ciała stałe o zróżnicowanych właściwościach fizykochemicznych, tak aby wykazać ich wpływ na proces separacji. Substancje użyte w badaniach różniły się nie tylko wielkością ziaren i kształtem ale również gęstością i właściwościami adhezyjnymi. Do określenia właściwości użytych substancji wykorzystano wytrząsarkę sitową AS 200 z zestawem sit firmy Retsch. Wytrząsarka ta posiada opatentowany napęd (EP 0642844), pozwalający na generowanie ruchu 3D, który powoduje, że przesiewanie odbywa się na całej powierzchni sita. Uważam za niezwykle wartościowe możliwości badawcze jakie zyskała Autorka opracowania realizując pomiary we współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym i naukowym Politechniki Poznańskiej. Właściwości materiałów użytych do badań wyznaczono przy współpracy z Zakładem Mineralogii i Petrologii Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. W celu określenia sprawności procesu separacji substancji ciekłych w badaniach wykorzystano kilka typów substancji olejowych. Przy ich wyborze Doktorantka kierowała się przede wszystkim ich lepkością. Wszystkie zastosowane substancje ciekłe występują powszechnie w motoryzacji, a więc są częstym składnikiem wód opadowych.

W obszernych badaniach doświadczalnych scharakteryzowanych w podrozdziale 4.3, wykorzystano aż 27 rodzajów zaprojektowanych bądź zmodyfikowanych osadników wirowych o różnej konstrukcji, dla których w tabeli 15 przedstawiono najważniejsze parametry geometryczne. Przy modyfikacji osadników, co również uważam za niezwykle wartościowe, Autorka rozprawy wykazała współpracę z firmą Haba RL w Grodzisku Wielkopolskim, dzięki której analizie poddano dwa osadniki w skali technicznej. Elementy i geometrię badanych osadników wstępnie dobierano wg. koncepcji literaturowych, a następnie weryfikowano kolejne warianty danej modyfikacji. W konsekwencji, projekt konstrukcji o najwyższej sprawności oczyszczania prowadził do kolejnego typu modyfikacji.

Zastosowanie do badań nowoczesnej aparatury wspomaganą komputerowo, pozwoliło Doktorantce w rozdziale piątym, który uważam za najważniejszy, dokonać analizy uzyskanych wyników. Przy jego opracowaniu wykazała się Ona niezbędną wiedzą i umiejętnością twórczego prowadzenia badań. W podrozdziale 5.1 dokonano analizy miejscowych strat energii. Każdy zmodyfikowany osadnik poddano analizie wysokości spiętrzenia cieczy w zbiorniku w zależności od obciążenia hydraulicznego. Pozwoliło to na dokonanie obliczeń oporów przepływu podczas procesu separacji. Wykazano, że opory te wzrastają wraz ze zmniejszającą się lepkością fazy ciągłej. W podrozdziale 5.2 dokonano analizy sprawności separacji osadników wirowych, dzieląc ją na siedem części, a mianowicie analizę procesu separacji dla układu: woda-cząstki stałe ciężkie, woda-cząstki stałe lekkie, gliceryna-cząstki stałe ciężkie, gliceryna-cząstki stałe lekkie, woda-substancje ropopochodne, ciecz-ciało stałe w osadnikach wirowych w skali technicznej oraz symulacje CFD osadników wirowych.

Wykazano, że zastosowanie zmodyfikowanych elementów konstrukcji osadnika wirowego wpływa na zwiększenie jego sprawności w porównaniu z osadnikami standardowymi. Zastosowanie przegrody wzdłużnej w osadnikach wirowych powoduje, w przypadku materiałów stałych ciężkich, pogorszenie sprawności oczyszczania o 7-30% ale jest uzasadnione w przypadku separacji substancji ciekłych. Wraz ze wzrostem lepkości fazy ciągłej sprawność osadnika również maleje. Wykazano ponadto, że sprawność separacji układów ciecz-ciecz spada wraz ze spadkiem lepkości frakcji olejowej. Natomiast modyfikacja separatora wirowego w skali technicznej zwiększyła jego sprawność o 15% dla drobnej frakcji ciężkiego ciała stałego i o 11% dla lekkiego ciała stałego.

Zaproponowane w tej części pracy równanie korelacyjne sprawności separacji cząstek stałych ciężkich w wodzie, zależy od liczby Reynoldsa cieczy zanieczyszczonej oraz liczby

Reynoldsa dla opadania. Doktorantka określiła również występujący w nim współczynnik konstrukcyjny dla każdego badanego osadnika.

Na podstawie uzyskanych wyników Autorka osiągnęła cel pracy jakim była analiza procesu separacji ciało stałe-ciecz i ciecz-ciecz w zmodyfikowanych osadnikach wirowych.

Rozdział szósty zawiera podsumowanie i wnioski kończące merytoryczną część rozprawy. Dokonano w nim syntetycznej rekapitulacji osiągniętych wyników.

Uwagi dyskusyjne dotyczące pracy:

- 1) Cel rozprawy doktorskiej sformułowano bardzo ogólnie „Celem pracy była analiza procesu separacji dla układów dwufazowych ciał stałe-ciecz i ciecz-ciecz w zależności od stopnia i sposobu modyfikacji osadników wirowych”. Powinien być on uszczegółowiony np. poprzez podanie zakresu pracy.
- 2) Jakiej klasy dokładności były rotametry wykorzystywane w badaniach?
- 3) W opisie badanych substancji stałych podano wartości gęstości natomiast dla pyłu węglowego wyznaczono gęstość nasypową. Czy można to wytłumaczyć?
- 4) Na str. 110 na rys. 51 i 52 podaje Pani zakres zmian obciążenia hydraulicznego w zakresie $15-70 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$, natomiast na prezentowanych w dalszej części pracy przykładowych histogramach (rys. 54, 56, 58) przedstawiono wartość tego obciążenia w zakresie $25-65 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$. Czy mógłbym prosić o komentarz?
- 5) Jak kształtowały się wyniki przedstawione na rys. 50, 53, 55 i 57 dla pozostałych średnic średnic cząstek stałych ciężkich stosowanych w badaniach?
- 6) Wyniki symulacji numerycznych na rys. 73-75 odnoszą się do średnicy cząstki $175 \mu\text{m}$. Jak kształtowały się wyniki dla średnicy $125 \mu\text{m}$?

Uwagi redakcyjne:

- 1) Str. 12 akapit pierwszy „...powierzchnią zabudowy w planie, ...”. Błąd stylistyczny. Z treści nie wynika w jakim planie.
- 2) Str. 41 wiersz czwarty od góry strony „... jest odpowiednio mała...”. Błąd redakcyjny. Niepotrzebne złamanie tekstu.
- 3) Str. 38. Tytuł podrozdziału 2.2 nadmiernie rozbudowany. Z lokalizacji w strukturze pracy wynika, że są w nim opisane informacje wynikające z przeglądu literatury.
- 4) Str. 110-115, rys. 51-58 – analiza danych przedstawionych na rysunkach byłaby pełniejsza gdyby zastosowano jednakową skalę na rysunkach.

5) Str. 110-115, rys. 51-58 – analiza danych przedstawionych na rysunkach byłaby pełniejsza gdyby przedstawiono wyniki dla innych przebadanych średnic cząstek.

Powyższe uwagi mają charakter dyskusyjny lub są drobnymi niedociągnięciami. Nie obniżają mojej zdecydowanie pozytywnej oceny recenzowanej pracy.

Podsumowanie i wniosek końcowy:

Uwzględniając aktualność podjętej tematyki rozprawy, trafność zdefiniowanego celu, użycie oryginalnego aparatu badawczego oraz poprawność wnioskowania, pozytywnie oceniam rozprawę doktorską pt. „Analiza procesu separacji ciało stałe-ciecz i ciecz-ciecz w zmodyfikowanych osadnikach wirowych”. Potwierdzają one, że mgr inż. Małgorzata Markowska posiada wiedzę teoretyczną i praktyczną niezbędną do prowadzenia badań eksperymentalnych oraz ich analizy.

Stwierdzam, że opiniowana praca doktorska pt. „Analiza procesu separacji ciało stałe-ciecz i ciecz-ciecz w zmodyfikowanych osadnikach wirowych”, której autorką jest mgr inż. Małgorzata Markowska spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim w rozumieniu Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. z późn. zm. i na tej podstawie rekomenduję Radzie Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Poznańskiej dopuszczenie jej do publicznej obrony w dziedzinie nauk ścisłych w dyscyplinie chemia.

Chciałbym również podkreślić imponujący dorobek naukowy Autorki, który znacznie wykracza poza przeciętne osiągnięcia prezentowane przez młodych naukowców. W dorobku naukowym znajdują się recenzowane artykuły naukowe, w tym publikacje notowane w bazie Thomson Reuters Journal Citation Reports. Autorka brała również czynny udział w konferencjach o zasięgu krajowym i międzynarodowym. Biorąc pod uwagę aktualność problematyki badawczej, jej duży zakres, wysoką jakość prezentowanych wyników oraz ich istotny wkład w istniejący stan wiedzy, a także ponadprzeciętną aktywność naukową Autorki rekomenduję Radzie Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Poznańskiej **wyróżnienie rozprawy doktorskiej** Pani mgr inż. Małgorzaty Markowskiej.

Krystian Czernek

