

dr hab. inż. Katarzyna Bizon, prof. PK  
Katedra Inżynierii Chemicznej i Procesowej

Kraków, 13 sierpień 2021 r.

**Recenzja rozprawy doktorskiej**

**mgr inż. Małgorzaty Markowskiej**

**pt. „Analiza procesu separacji ciało stałe-ciecz i ciecz-ciecz w zmodyfikowanych osadnikach wirowych”**

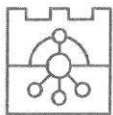
Przedstawiona do recenzji rozprawa została wykonana na Wydziale Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej, w Zakładzie Inżynierii i Aparatury Chemicznej, pod kierunkiem dr hab. inż. Marka Ochowiaka, prof. PP oraz dr hab. inż. Izabeli Kruszelnickiej, prof. PP.

Podstawę formalną sporządzenia niniejszej recenzji stanowi pismo Pani prof. dr hab. inż. Ewy Kaczorek, Dziekan Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej z dnia 12 lipca 2021 r. oraz uchwała Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne z dnia 6 lipca 2021 r.

**Charakterystyka i ogólna ocena merytoryczna rozprawy**

Przedmiotem recenzowanej rozprawy doktorskiej mgr inż. Małgorzaty Markowskiej jest analiza procesu separacji dla układów ciało stałe-ciecz i ciecz-ciecz w zmodyfikowanych osadnikach wirowych. Już na wstępie można zatem stwierdzić, że tematyka podjętych przez Doktorantkę badań jest bardzo ważna, przede wszystkim ze względu na konieczność rozwoju nowych technik magazynowania i oczyszczania wody, które mogą zapobiec globalnemu deficytowi zasobów wodnych.

Rozprawa liczy 156 stron, zawiera 76 rysunków, 23 tabel oraz 129 pozycji literaturowych. Układ recenzowanej rozprawy jest typowy dla tego typu opracowań – składa się ona z pięciu zasadniczych części: wprowadzenia i celu pracy, części literaturowej, eksperymentalnej, analizy uzyskanych wyników i podsumowania z wnioskami. Uzupełnienie rozprawy stanowi zamieszczona w finalnej części szczegółowa charakterystyka dorobku naukowego Doktorantki, na którą składa się m.in. 17 publikacji naukowych, w tym 7 prac opublikowanych w czasopiśmie z listy JCR. Należy podkreślić, że sumaryczna wartość IF tych prac wynosi ponad 20.

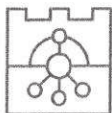


W zwięzłym wprowadzeniu Doktorantka nakreśliła zasadność wyboru tematyki badawczej odnosząc się do problematyki zrównoważonego gospodarowania wodą opadową i konieczności rozwijania rozwiązań technicznych adekwatnych do zastosowania na terenie zurbanizowanym oraz przedstawiła w sposób syntetyczny cel przeprowadzonych badań.

Zasadniczą część rozprawy stanowi przegląd literatury, na który składają się dwa rozdziały. W pierwszym z nich zatytułowanym *'Podstawy teoretyczne zagadnienia'* Doktorantka omówiła aktualny stan wiedzy na temat zanieczyszczeń wód opadowych, jak również scharakteryzowała procesy wstępnego oczyszczania wód opadowych oraz wybrane rodzaje urządzeń separujących ciała stała i ciecze. Rozdział ten został napisany w sposób przejrzysty i bez wątplenia stanowi cenny materiał przeglądowy oraz potwierdza szeroką wiedzę Doktorantki, jednak w mojej opinii jest nazbyt obszerny (stanowi ponad 40% rozprawy). W kolejnym rozdziale części literaturowej Doktorantka omówiła krótko zasady doboru osadników.

W części eksperymentalnej rozprawy Doktorantka opisała stanowisko badawcze, przedstawiła charakterystykę zastosowanych w badaniach substancji stałych i ciekłych oraz omówiła analizowane konstrukcje osadników wirowych. W tym miejscu należy zaznaczyć dużą liczbę zaprojektowanych i przeanalizowanych rozwiązań konstrukcyjnych osadników wirowych, co wskazuje na bardzo duży nakład pracy i zaangażowanie w prowadzenie badań. Uzupełnienie badań w skali laboratoryjnej, które Doktorantka przeprowadziła na 27 osadnikach wirowych charakteryzujących się różną geometrią, stanowiły badania w skali technicznej wykonane dzięki współpracy z firmą Haba RL w Grodzisku Wielkopolskim.

Wyniki przeprowadzonych badań eksperymentalnych zostały szczegółowo omówione w rozdziale piątym rozprawy. W oparciu o uzyskane wyniki Doktorantka wyciągnęła szereg istotnych wniosków o charakterze aplikacyjnym. Ponadto podjęła próbę opracowania autorskiej korelacji dla procesu separacji ciała stałego w wodzie. Uzupełnienie części doświadczalnej stanowią przedstawione w rozdziale 5.2.7 wyniki symulacji CFD osadników wirowych przeprowadzonych we współpracy z Wydziałem Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej. Potwierdzają one, że symulacje numeryczne mogą stanowić doskonałą alternatywę dla koszt- i czasochłonnych badań eksperymentalnych. Jednocześnie, ze względu na ograniczenie symulacji do najprostszego przypadku, tj. separacji ciała o dużej gęstości w wodzie, przedstawione przez Doktorantkę w tym rozdziale wyniki budzą pewien niedosyt. W podsumowaniu rozprawy Doktorantka przedstawiła zestawienie głównych

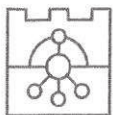


osiągnięć i wniosków płynących z przeprowadzonych badań. Do najważniejszych z nich należą: wykazanie możliwości zwiększenia sprawności standardowego separatora wirowego poprzez zastosowanie stosunkowo prostych, pod względem konstrukcyjnym, modyfikacji; opracowanie autorskiej korelacji umożliwiającej oszacowanie sprawności separacji osadnika wirowego i porównanie jej z równaniem agencji EPA; określenie wpływu właściwości fizycznych mediów (gęstość fazy stałej i lepkość fazy ciągłej dla układów ciało stałe-ciecz; lepkość dla układów ciecz-ciecz) na sprawność procesu separacji; wykazanie dużej zgodności wyników symulacji CFD z wynikami eksperymentalnymi.

### Uwagi merytoryczne

Mimo rzetelnego przygotowania rozprawy doktorskiej Doktorantka nie ustrzegła się pewnych uchybień. Poniżej przytaczam moje główne uwagi krytyczne i pytania do dyskusji:

1. W mojej opinii cel pracy (str. 12) został sformułowany zbyt ogólnie. Zawiera się on w zasadzie w jednym stwierdzeniu *'Celem pracy była analiza procesu separacji dla układów dwufazowych ciał stałe-ciecz i ciecz-ciecz w zależności od stopnia i sposobu modyfikacji osadników wirowych'*. To samo dotyczy wniosków wynikających z przeprowadzonych badań (str. 133-134) – o ile Doktorantka w dosyć przejrzysty sposób podsumowała główne wyniki badań i płynące z nich wnioski, brakuje w tym zestawieniu bezpośredniego odniesienia do aktualnego stanu nauki i techniki.
2. Na str. 90-92 opisane zostały zastosowane w badaniach eksperymentalnych substancje stałe, a mianowicie mieszanina kwarcu i skaleni, granulatu polietylenu, pyłu węglowy i antracyt. W przypadku kwarcu, polietylenu i antracytu podane zostały wartości gęstości natomiast dla pyłu węglowego wyznaczono gęstość nasypową. Jednocześnie Doktorantka stwierdza, że *'według własnej obserwacji i analizy jest to materiał o gęstości większej niż gęstość wody i ulega procesowi sedymentacji'*. Czy Doktorantka podjęła próbę wyznaczenia gęstości rzeczywistej pyłu węglowego? Ponadto, w kontekście powyżej cytowanego stwierdzenia, uważam za błędną reprezentację graficzną wyników na rys. 72 na str. 129, gdzie Autorka zestawiła na jednym wykresie wartości sprawności separacji ciał stałych w zależności od obciążenia hydraulicznego i gęstości ciał stałych, zamieszczając na tej samej osi wartości gęstości rzeczywistej i nasypowej.
3. W rozdziale 5.1 Doktorantka przedstawiła wyniki dotyczące miejscowych strat energii podczas przepływu cieczy przez osadnik. Przytoczone na str. 108 prawo Stokesa opisuje współczynnik

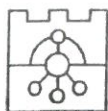


oporu ośrodka w przypadku opadania w cieczy newtonowskiej cząstki kulistej w zakresie przepływu pełzającego. W jaki sposób zostały ostatecznie wyznaczone wartości współczynnika oporu dla roztworów gliceryny przedstawione na rys. 49, tj. z równania (124) czy z innej zależności?

#### **Pozostałe drobne uwagi**

Poza uwagami natury dyskusyjnej poniżej przytaczam kilka drobnych uwag redakcyjnych:

- Str. 5: podano błędną jednostkę dla gęstości masy strumienia ciała stałego,  $G$ .
- Str. 46: w stwierdzeniu: *‘W celu matematycznego opisu procesu sedymentacji należy skupić się na najważniejszym parametrze, którym jest jej prędkość. Jest to składowa prędkości poruszania się cząstki...’* zastosowanie pojęcia *‘składowa prędkość’* jest tutaj w mojej opinii niewłaściwe.
- Wielokrotnie w opisie wyników badań innych autorów, teorii lub modeli Doktorantka nie odnosi się do źródeł literaturowych, np. str. 52: *‘udział w opracowaniu teorii opływu kuli ma również C.W. Ossen’*; str. 59: *‘W 1982 roku Batechelor opisał teorię opadania...’*; str. 61: *‘model podany przez Iwasakiego’*.
- Str. 57: równanie (50) jest równaniem bilansu masy dla sedymentacji okresowej, a nie jak pisze Doktorantka *‘korelacja’*.
- Str. 75: *‘Rozwinięcie równania (68)...’* – nieprawidłowy numer równania.
- Str. 94, tab. 15: wyjaśnienie części symboli zamieszczonych w tabeli jest przedstawione na rys. 34, jednak brak jest w tekście jak i na rysunkach informacji o znaczeniu symboli  $h_b$  i  $l_b$ . Oznaczenia te można było zamieścić np. na rys. 37.
- Str. 104: skąd wniosek, iż *‘Osadnik ZMP-011 wykazuje mniejszy rozrzut i bardziej zbliżone wartości teoretyczne do wartości doświadczalnych w porównaniu do osadnika ZMP-4’*? Z rysunku wynika, że wyniki uzyskane dla obu osadników są porównywalne pod względem dokładności.
- Str. 129: na początku rozdziału 5.2.7 Doktorantka stwierdziła, że *‘Do obliczeń przyjęto, że cząstki stałe charakteryzowały się średnimi średnicami 125, 175 oraz 250  $\mu\text{m}$ ’*, ostatecznie w rozdziale zaprezentowane zostały jednak jedynie wyniki uzyskane dla cząstek o średnicy 175  $\mu\text{m}$ .



- Błędy edytorskie w równaniach: brak  $g$  w liczniku równaniu (23); w równaniach (26) oraz (27) (lewa strona równania (27)) powinien być operator dywergencji a nie gradientu, ponadto w równaniu (26) Doktorantka zastosowała ten sam symbol  $u$  do oznaczenia wektora prędkości i jego składowej wzdłuż osi  $x$ .
- Literówki oraz niedociągnięcia gramatyczne i stylistyczne: str. 16: powinno być 'natężenie' a nie 'natężanie'; str. 18: 'są wynikiem' zamiast 'w wyniku'; str. 29: powinno być 'rzeka San, charakteryzowana jako jedna'; str. 33: brak 'od' w 'zależy możliwości analitycznych'; str. 45: 'zwaną funkcją usztywnienia' a nie 'zwaną funkcją usztywnienia'; str. 63: powinno być 'W odróżnieniu od aparatów' a nie 'do aparatów'.

#### **Podsumowanie i wniosek końcowy**

Pomimo pewnych uchybień przedstawioną do recenzji rozprawę oceniam bardzo wysoko. Materiał przedstawiony w rozprawie wskazuje na wysoki poziom wiedzy teoretycznej i praktycznej Pani mgr inż. Małgorzaty Markowskiej. Wyniki badań potwierdzają jej duże doświadczenie i potencjał w roli eksperymentatora, a sama rozprawa bez wątpienia zawiera elementy nowości naukowej. Na szczególną uwagę zasługuje również planowane wdrożenie udoskonalonego rozwiązania osadnika wirowego, potwierdzające nie tylko poznawczy, ale również użyteczny charakter wyników przeprowadzonych badań.

Stwierdzam, że rozprawa Pani mgr inż. Małgorzaty Markowskiej pt. „Analiza procesu separacji ciała stałe-ciecz i ciecz-ciecz w zmodyfikowanych osadnikach wirowych” spełnia wymogi Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. Nr 65, poz. 595 późniejszymi zmianami) i wnoszę do Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Poznańskiej o dopuszczenie Pani mgr inż. Małgorzaty Markowskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ponadto, biorąc pod uwagę złożoność przeprowadzonych prac eksperymentalnych oraz znaczny dorobek publikacyjny Pani mgr inż. Małgorzaty Markowskiej rekomenduję wyróżnienie niniejszej rozprawy doktorskiej.