

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Golczak
„Charakterystyka mieszania hydrauliczno-oscylacyjnego z wykorzystaniem metody
analizy obrazu”**

Pismem z dnia 4 lipca 2023 r. powierzono mi zrecenzowanie rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Golczak, pt. „Charakterystyka mieszania hydrauliczno-oscylacyjnego z wykorzystaniem metody analizy obrazu”. Praca doktorska została przygotowana na Wydziale Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej, pod kierunkiem dra hab. inż. Szymona Woziwodzkiego. Promotorem pomocniczym jest dr inż. Waldemar Szaferski.

Praca składa się z 186 stron. Podzielona została na 12 rozdziałów zgrupowanych w trzech częściach: Przegląd literatury (5 rozdziałów), Część eksperymentalna (2 rozdziały), oraz Analiza uzyskanych wyników (5 rozdziałów). Ponadto praca zawiera streszczenie, spis oznaczeń i skrótów, bibliografię, aneks w którym umieszczono kod programu Matlab (aneks 1) oraz rozdział poświęcony aktywności naukowej Doktorantki (aneks 2). Układ rozdziałów nie budzi moich zastrzeżeń.

Spis literatury zawiera 172 pozycje. Zdecydowana większość pozycji to prace, które ukazały się w ostatniej dekadzie. Dobór literatury wskazuje na dobrą orientację w zakresie problematyki badawczej.

Problematyka rozprawy

Praca rozpoczyna się jednostronicowym, krótkim wprowadzeniem. Część teoretyczna pracy zawierająca przegląd literatury jest ujęta w następnych czterech rozdziałach. W rozdziale 1, Doktorantka omówiła podział mieszalników, wskazując przy tym na jakich mieszalnikach będzie się skupiać przy ich opisie w pracy. Drugi rozdział, składający się z 8

podrozdziałów, zawiera opis rozwiązań konstrukcyjnych tych wybranych mieszalników. W trzecim rozdziale, zatytułowanym *Kryteria oceny procesu mieszania*, opisano cztery podstawowe parametry, za pomocą których można przeprowadzić ocenę mieszania, tj: czas mieszania, liczby kryterialne, jednostkową moc mieszania oraz współczynnik wnikania masy. W następnym 4 rozdziale, Doktorantka skupiła się na przedstawieniu komputerowej metody analizy obrazu, za pomocą której, przeprowadzała analizę procesu mieszania. W krótkim rozdziale 5, Doktorantka bardzo krótko podsumowała część literaturową oraz przedstawiła sformułowane na podstawie tej części dwie hipotezy badawcze.

Zdaniem recenzenta, przegląd literatury właściwie oddaje stan wiedzy w rozpatrywanej tematyce i pokazuje celowość prowadzenia dalszych badań.

W następnym rozdziale, Autorka zamieściła sformułowany cel pracy.

Następne dwie części pracy stanowią część praktyczną pracy doktorskiej. Pierwsza z tych części zawiera opis stanowiska badawczego (rozdział 6) oraz metodykę przeprowadzonych badań (rozdział 7). Druga zaś, analizę uzyskanych wyników. W rozdziale 8, Doktorantka przedstawiła w jaki sposób ustaliła zakres i charakter obserwowanego przepływu w mieszalniku. W rozdziale 9, prezentuje następny etap badań, polegający na zastosowaniu analizy obrazu do określenia amplitudy zmian położenia cieczy. Kolejny etap, dotyczący analizy zapotrzebowania na moc mieszania hydraulicznego opisano w rozdziale 10. W następnych zaś rozdziałach 11 i 12, przedstawiono eksperymentalne wyniki objętościowego współczynnika wnikania masy oraz czasu mieszania odpowiednio.

Pracę zakończono rozdziałem *Podsumowanie i wnioski*, w którym Doktorantka przedstawiła podsumowanie dysertacji oraz zawarła wnioski.

Ocena formalnej strony dysertacji

Przedłożona rozprawa napisana jest poprawną polszczyzną, w sposób przejrzysty i spójny. Tekst rozprawy i przedstawione w nim rozważania tworzą logiczną całość.

Praca spełnia wszystkie wymogi formalne. Pod względem językowym i edycyjnym praca jest poprawna. Zauważono jednak liczne błędy stylistyczne, interpunkcyjne, błędną pisownię wyrazów, tzw. "literówki", zwłaszcza w części pierwszej, dotyczącej analizy literatury. W dalszych częściach pracy błędów takiej błędy już nie występują. Poniżej przedstawiono niektóre z nich:

1. Strona 10 – jest „lepkość Sarpkaya”, powinno być „liczba Sarpkaya”.
2. Strona 15, linia 23 – jest „który”, powinno być „które”.
3. Strona 19, linia 17 – jest „Lemenand i in., 2005, 2003”, powinno być „Lemenand i in., 2003, 2005”.
4. Strona 20, linia 6, strona 162, linia 11 oraz podpis pod rysunkiem 5 – jest „Espinosa-solares i in., 2008”, powinno być „Espinosa-Solares i in., 2008”.
5. Strona 21, linia 5 – jest „Espinosa-solares”, powinno być „Espinosa-Solares”.
6. Strona 22, linia 3 – jest „Baldyga i in., 1995, 1994”, powinno być „Bałdyga i in., 1994, 1995”.
7. Strona 33, linia 17, strona 146, linie 9, 11 i 14 – jest „Baldyga”, powinno być „Bałdyga”.
8. Strona 35, linia 19 – jest „Kolejnym sposobem jest pomiaru czasu metoda jest metoda”, powinno być „Kolejnym sposobem pomiaru czasu jest metoda”.
9. Strona 37, linia 5 – jest „10⁵”, powinno być „10⁴”.
10. Strona 40, linie 10 i 11 – jest „turbina”, powinno być „turbinę”.
11. Strona 45, linia 9 – jest „NeRe_m”, powinno być „Ne_mRe_m”.
12. Strona 46, linia 10 – jest „OFR-SPR”, powinno być „OFR-SPC”.
13. Strona 52, ostatnia linia – jest „ wielkość (10)”, powinno być „wielkość (28)”.
14. Strona 54, os x wykresu na rysunku 33 – jest „Q_C [Ncm³/min⁻¹]”, powinno być „Q_G [Ncm³/min]”.
15. Strona 67, linia 10 – jest „Walkenbach John, 2013”, powinno być „Walkenbach, 2013”.
16. Strona 69, linia 11 – jest „optycznej”, powinno być „optyczne”.
17. Strona 70, linia 20 – jest „celi”, powinno być „celów”.
18. Strona 100, linia 14 – jest „przestawiona”, powinno być „przedstawiona”.
19. Strona 104, linia 12 – jest „wnikanie”, powinno być „wnikania”.
20. Strona 106, linia 6 – jest „ze”, powinno być „z”.
21. Strona 148, linie 10 i 11 – jest „Espinosa-solares, T., Morales-contreras, M., Robles-martínez, F., García-nazariega, M., Lobato-calleros”, powinno być „Espinosa-Solares, T., Morales-cContreras, M., Robles-Martínez, F., García-Nazariega, M., Lobato-Calleros”.
22. Strona 160, linia 17 – jest „058”, powinno być „58”.

Wartość merytoryczna pracy

Przyjęty cel rozprawy został w pełni zrealizowany. Opisane w pracy osiągnięcia wnoszą cenny wkład do zasobu wiedzy na temat analizy mieszania hydrauliczno-oscylacyjnego w mieszalnikach.

Program badań został poprawnie dobrany. Za najważniejsze osiągnięcia Doktorantki uznaję:

- opracowanie i dostosowanie metody pomiaru stopnia wymieszania w mieszalniku oraz zmiany wysokości słupa cieczy w funkcji ciśnienia wykorzystując autorski algorytm pomiarowy, oparty o język programowania Matlab, polegający na analizie zmian barw RGB i HSL w trakcie mieszania;
- przeanalizowanie wpływu parametrów procesowych i amplitudy zmian poziomu cieczy na czas mieszania płynów, hydrodynamikę mieszania oraz jednostkową moc mieszania wymaganą do przeprowadzenia procesu;
- wyznaczenie współczynnika wnikania masy dla mieszalnika hydraulicznego metodą analizy obrazu w celu porównania uzyskanych wartości do wyników dla standardowego mieszalnika mechanicznego;
- przetestowanie pracy mieszalnika hydraulicznego ze zmodyfikowanym, profilowanym dnem wykonanym za pomocą technologii wydruku 3D.

W wyniku przeprowadzonych badań, Doktorantka potwierdziła pierwszą hipotezę badawczą, stwierdzając, że metoda analizy obrazu umożliwia bezinwazyjną ocenę nieustalonego mieszania hydrauliczno-oscylacyjnego. W przypadku drugiej założonej hipotezy badawczej, dotyczącej laminarnego charakteru mieszania w tym mieszalniku, stwierdzono, że w skali lokalnej mieszalnik hydrauliczny częściowo pracował w przepływie burzliwym. Jednakże na podstawie uzyskanych danych i obserwacji wizualnych wykazano, że mieszanie hydrauliczno-oscylacyjne w mieszalniku hydraulicznym w przyjętych zakresach parametrów procesowych charakteryzowane jest przepływem laminarnym.

Poniżej przedstawiam wybrane uwagi i pytania, które nasunęły mi się podczas czytania pracy:

1. Na stronie 57, Doktorantka napisała, że: „Komputerowa analiza obrazu umożliwia przetworzenie dużej ilości danych w stosunkowo krótkim czasie, a ponadto dokonana

w ten sposób ocena jest obiektywna i wolna od błędów ludzkich.”. Czy aby na pewno ta metoda jest tak bezbłędna? Czy to zdanie nie jest za bardzo uproszczone. To może oznaczać, że ta metoda nie ma wad. Proszę o wyjaśnienie na jakiej podstawie wysnuto taki wniosek.

2. Na rysunku 45 brakuje wyjaśnienia zmiany wysokości cieczy przedstawionej linią przerywaną.
3. Jak była liczona wysokość h_{cl} dla profilowanego dna? Dlaczego Doktorantka zastosowała tę modyfikację mieszalnika tylko dla badania wnikania masy? Na stronie 94 doktorantka stwierdza, że zastosowanie tego dna nie ma dużego wpływu na hydrodynamikę. Ten wniosek przedstawiono jedynie na podstawie badań zmian poziomów cieczy w mieszalniku z dnem profilowanym z mieszalnikiem z dnem płaskim. Czy Doktorantka porównała inne parametry hydrodynamiczne?
4. W króciutkim podrozdziale 6.2, dotyczącym weryfikacji pracy urządzeń, brakuje mi wniosków wynikających z badań, których wyniki przedstawiono na rysunku 49.
5. Wzór (34) został błędnie przekształcony z równania liniowego uzyskanego z danych na rysunku 62. Stała b nie została podzielona przez stałą a . Wzór ten powinien mieć postać: $h_{out}=1,071h_z-1,4906$.
6. Proszę o wyjaśnienie dlaczego przyjęto założenie, że pole przekroju poprzecznego szczeliny A_{hcl} (równanie (39)) to powierzchnia cylindra bez dna, pomiędzy końcem wewnętrznej komory, a dnem mieszalnika hydraulicznego. Średnicę tego cylindra określono za pomocą równania (40). Na rysunku 64 obszar h_{cl} jest ograniczony średnicą zbiornika D_{in} . Nie wyjaśniono tego w tekście.
7. Zależność amplitudy A_m od ciśnienia p_1 lub p_2 opisano przebiegiem funkcji liniowej o ogólnej postaci równania $y=ax$ (równania (57) i (58)). Dlaczego nie zastosowano funkcji liniowej $y=ax+b$? Zastosowanie funkcji liniowej wymuszającej przecinanie się w początku układu współrzędnych, co jest widoczne na rysunkach 85-88, powoduje, że jest ona ważna dla zakresu od 0 do 120 hPa. A tak naprawdę korelacje powinny być ważne w zakresie takim jakim robiło się pomiary, czyli od 80 do 120 hPa. To samo dotyczy wzorów od (59) do (62). Sam współczynnik dopasowania R^2 nie wyraża nam wszystkiego o zaproponowanym modelu. Warto podać błąd średni i odchylenie standardowe. Poprawnie to przedstawiono w następnych rozdziałach, np. dla modelu zależności liczby Newtona (równanie (63)). Proszę o wyjaśnienie.
8. Wniosek 2 w rozdziale Podsumowanie i wnioski jest bardzo niejasno opisany. Nie za bardzo wiem co Autorka dysertacji chce nam przekazać: „Przepływ w komorze

zewewnętrznej i wewnętrznej ma okresowo charakter laminarny lub przejściowy lub burzliwy. Podczas mieszania hydrauliczno-oscylacyjnego zaobserwowano występowanie struktur charakterystycznych dla mieszania laminarnego, szczególnie w komorze zewnętrznej.”. Ten wniosek nie oddaje tego co napisała doktorantka w rozdziale 8, że w skali lokalnej mieszalnik hydrauliczny częściowo pracuje w przepływie burzliwym, ale całościowo w przepływie laminarnym.

Przedstawione uwagi i zastrzeżenia nie obniżają jednak istotnie wartości merytorycznej rozprawy. Uważam, że zaprezentowane wyniki badań oraz ich wnikliwa analiza potwierdziły słuszność stawianych w pracy celów i hipotez.

Wniosek końcowy

Podsumowując, praca doktorska mgr inż. Aleksandra Golczak spełnia wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim, stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego o istotnej nowości naukowej, jak również wykazuje ogólną wiedzę Doktorantki i umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Opole, 02.09.2023 r.

