

dr hab. inż. Marian Kordas, prof. ZUT

Szczecin, 04.09.2023 r.

e-mail: mkordas@zut.edu.pl

tel. 91 449-43-32

RECENZJA

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

Promotor pracy: dr hab. inż. Szymon Woziwodzki

Promotor pomocniczy: dr inż. Waldemar Szaferski

Podstawą formalną sporządzenia niniejszej recenzji jest uchwała z dnia 4 lipca 2023r. RD-15/5/2023 w której Rada Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Poznańskiej wyznaczyła moją osobę do opracowania recenzji rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Aleksandry Golczak nt. „Charakterystyka mieszania hydrauliczno-oscylacyjnego z wykorzystaniem metody analizy obrazu”. Wymogi formalne recenzji zawarte są w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

1. Informacje o dostarczonej dokumentacji w tym dorobku naukowym kandydatki ubiegającej się o nadanie stopnia doktora

Rozprawa doktorska Pani mgr. inż. Aleksandry Golczak na temat: „Charakterystyka mieszania hydrauliczno-oscylacyjnego z wykorzystaniem metody analizy obrazu” została dostarczona w formie wydrukowanej monografii na końcu której zamieszczono informacje o dorobku naukowym.

Dorobek naukowy kandydatki składa się z: 1 artykułu z bazy JCR, 1 rozdziału w książce, 4 recenzowanych materiałów konferencyjnych oraz 3 posterów.

2. Wybór tematu badawczego i celu rozprawy doktorskiej

Powszechnie stosowaną metodą intensyfikacji procesów transportu masy, pędu i energii w procesach chemicznych i fizycznych jest zastosowanie operacji mieszania. W przemyśle chemicznym i przemysłach pokrewnych proces mieszania najczęściej realizowany jest w mieszalnikach mechanicznych zwykle zaopatrzonych w mieszadła obrotowe. W inżynierii chemicznej i procesowej oprócz rozwijania klasycznych rozwiązań mieszalników mechanicznych poszukuje się nadal alternatywnych metod prowadzenia tego procesu.

Opracowanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych mieszalników wynika między innymi z konieczności zapewnienia bezpieczeństwa podczas mieszania substancji łatwopalnych, wybuchowych, toksycznych, lub ograniczenia występowania naprężeń ścinających. Naturalnie konieczność modyfikacji geometrycznych układów mieszających lub procesowych związana jest również z poprawą jakości otrzymanego produktu oraz zmniejszeniem kosztu prowadzenia procesu. Obecnie nie ma opracowanej jednej uniwersalnej konstrukcji mieszadła lub mieszalnika, która umożliwi prowadzenie procesu mieszania dla dowolnego medium lub układu czego dowodem jest wciąż rosnące zainteresowanie opracowywaniem zgłoszeń patentowych.

Głównym celem pracy było wyznaczenie charakterystyk związanych z prowadzeniem procesu mieszania w niestandardowym mieszalniku hydrauliczno-oscylacyjnym z wykorzystaniem metody analizy obrazu.

Tematyka rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Aleksandry Golczak jest aktualna i dotyczy istotnego problemu jakim jest poszerzenie dostępności nowych rozwiązań konstrukcyjnych aparatów mieszających oraz opracowanie metodyki pomiarowej analizy kolorymetrycznej obrazu.

3. Charakterystyka układu rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa Pani mgr. inż. Aleksandry Golczak nt: „Charakterystyka mieszania hydrauliczno-oscylacyjnego z wykorzystaniem metody analizy obrazu” ma formę pisemnego manuskryptu, który obejmuje łącznie 186 stron. Praca zawiera: spis treści, wykaz stosowanych oznaczeń, wprowadzenie, przegląd literatury, cel i zakres pracy, część eksperymentalną, analizę uzyskanych wyników, podsumowanie, bibliografia, spis rysunków, spis tabel, streszczenie, aneks 1 z kodem programu Matlab, aneks 2 z dorobkiem naukowym kandydatki. Rozprawa doktorska zawiera 27 tabel, 112 rysunków oraz 172 odnośników literaturowych.

Treść i układ rozprawy doktorskiej ma klasyczny układ, kolejność rozdziałów oraz ilość stron poszczególnych części są zgodne z ogólnie przyjętymi zasadami redagowania. Zastosowane piśmiennictwo nie budzi zastrzeżeń.

Poniżej omówiono skrótowo zawartość istotnych części pracy doktorskiej.

Rozdział 1 znajduje się w części literaturowej i jest wprowadzeniem do stosowanych kryteriów podziału mieszalników z uwagi na: siłę napędową procesu oraz ze względu na występowanie mieszania ustalonego i nieustalonego.

W rozdziale 2 opisano rozwiązania jakie są stosowane w mieszalnikach: statycznych, pneumatycznych, strumieniowych, pulsacyjnych strumieniowych, oscylacyjnych, posuwisto-zwrotnych, hydraulicznych oraz z nieustalonym ruchem mieszadła.

Rozdział 3 poświęcony jest opisaniu wybranych kryteriów oceny procesu mieszania takich jak: liczba Reynoldsa, czas mieszania, moc mieszania, współczynnik wnikania masy, według których testuje się klasyczne oraz nowo opracowane rozwiązania konstrukcyjne mieszalników.

Rozdział 4 dotyczy zagadnień związanych z komputerową analizą obrazu. Informacje zawarte w tym rozdziale skupiają się na dwóch obszarach: odwzorowaniu barw, analizie barw, analizie zmiany barw oraz na analizie zmiany położenia.

Rozdział 5 jest podsumowaniem części literaturowej gdzie wykazano, że istnieje luka informacyjna dotycząca mieszalników hydraulicznych oraz sformułowano hipotezy badawcze.

Cel i zakres pracy zawiera informacje dotyczące powodu wyboru tematyki związanej z badaniami procesu mieszania nieustalonego w mieszalniku hydrauliczno-oscylacyjnym oraz celowości opracowania algorytmu przeznaczonego do analizy kolorymetrycznej obrazu.

Rozdział 6 rozpoczyna część eksperymentalną gdzie opisano budowę mieszalnika hydraulicznego, wyjaśniono sposób działania mieszalnika hydrauliczno-oscylacyjnego oraz pokazano układ pomiarowy.

Rozdział 7 dotyczy omówienia opracowanej metodyki badań opartej na analizie obrazu z wykorzystaniem komputerowej kolorymetrycznej analizy obrazu. Przedstawiona metodyka pozwoliła na przeprowadzenie: analizy zmiany barwy, stopnia wymieszania, zmiany poziomu cieczy, wymiany masy, wyznaczenia burzliwości układu oraz wyznaczenia liczby mocy.

Rozdział 8 rozpoczyna analizę uzyskanych wyników i jest związany z wyznaczeniem charakteru przepływu mieszanej cieczy. W rozdziale tym została wyznaczona lokalna liczba Reynoldsa oraz prędkości przepływu dla obszaru komory zewnętrznej, komory wewnętrznej oraz szczeliny dla zakresu parametrów procesowych podanych w tab. 9 str. 90.

Rozdział 9 dotyczy określenia zmian poziomu cieczy w oparciu o analizę obrazu. Dzięki temu uzyskano bezinwazyjny odczyt zmian poziomu cieczy w zewnętrznej i wewnętrznej

komorze mieszalnika co pozwoliło na wyznaczenie wartości amplitudy minimalnej, maksymalnej i uśrednionej.

Rozdział 10 poświęcony jest obliczeniom i analizie zapotrzebowania na moc mieszania hydraulicznego, którą odniesiono do oscylacyjnej liczby Reynoldsa dla komory wewnętrznej oraz komory zewnętrznej mieszalnika.

Rozdział 11 jest związany z wyznaczeniem współczynnika wnikania masy w mieszalniku hydraulicznym przeprowadzonym w oparciu o analizę zmiany barwy podczas reakcji utleniania siarczynu sodu w obecności błękitu bromotymolowego. Uzyskane wartości współczynników wnikania masy dla mieszalnika hydraulicznego porównano z mieszalnikami: pulsacyjnym, strumieniowym, airlift oraz mechanicznym pracującym w trybie mieszania nieustalonego.

Rozdział 12 dotyczy opracowania zagadnienia związanego z czasem mieszania w mieszalniku hydrauliczno-oscylacyjnych przy wykorzystaniu analizy obrazu (zmiana barwy). Czas mieszania opracowano dla zakresu wartościach amplitudy i ciśnienia podanego w punkcie 7.2, tabela 9, które odnoszą się do parametrów operacyjnych pracy komory zewnętrznej i wewnętrznej mieszalnika.

Ostatni rozdział zawiera podsumowanie i końcowe wnioski wynikające z przedstawionego zakresu prac sporządzone na podstawie uzyskanych wyników.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska jest wykonana w formie pisemnego manuskryptu, który wykazał, że doktorantka koncentruje się głównie na tematyce prowadzenia procesu mieszania w trybie nieustalonym.

Głównym celem rozprawy doktorskiej jest opracowanie metodyki pomiarowej i algorytmu analizy kolorymetrycznej obrazu dla procesu mieszania hydrauliczno-oscylacyjnego, w oparciu o którą została wyznaczona: zmiana poziomu cieczy w wewnętrznej i zewnętrznej komorze mieszalnika, objętościowy współczynnik wnikania masy, stopień zmieszania, moc mieszania oraz czas mieszania. Moim zdaniem cel jaki został wskazany przez autorkę rozprawy doktorskiej został osiągnięty. Rozprawa doktorska niestety zawiera drobne błędy oraz uwagi, których część wymaga wyjaśnienia podczas obrony pracy a które zostały wymienione w kolejnym punkcie. Niemniej wymienione uwagi krytyczne nie wpływają znacząco na jakość recenzowanej rozprawy doktorskiej, którą oceniam pozytywnie.

Informacje zawarte w recenzowanej pracy doktorskiej wykazały, że doktorantka umiejętnie posługuje się przyrządami pomiarowymi oraz potrafi stosować nowoczesne metody obliczeniowe w rozwiązywaniu zagadnień inżynierskich. W pracy zastosowano nowoczesne metody badawcze i metody analizy obrazów z wykorzystaniem pakietu Matlab.

5. Uwagi krytyczne

W tekście pracy występują błędy i niejasności, które nie wpływają zasadniczo na jakość recenzowanej rozprawy doktorskiej oraz bardziej istotne na które w dalszej części proszę o udzielenie wyjaśnień:

- wykaz stosowanych oznaczeń zawiera powtórzenie symbolu średnicy zastępczej str. 5, brak w spisie symboli odpowiadających za analizę barwy i analizę wysokości,
- niski stopień wypełnienia strony tekstem str. 12 (dwa wiersze),
- jedną z metod oceny mieszania nazywa się stopniem zmieszania w pracy użyto „stopień wymieszania” str. 13, 18, 39, 70, 89, 90, 134, 135, 143.
- w pracy nie ustrzeżono się przed błędami i potocznymi sformułowaniami np. „pełnego wymieszania” zamiast „mieszania idealnego” str. 6, „pełnej analizy” powinno być „analizy” str. 13, „...pozbawionych elementów ruchomych są mieszalniki statyczne, które zawierają nieruchome elementy konstrukcyjne...” str. 17, „...jest rurą lub kanałem o określonej geometrii.” str. 18, „...dyszę o odpowiedniej konstrukcji” str. 20,22, jest „...utleniania wody...” powinno być „uzdatniania wody” str. 21, jest „...wyeliminowanie naprężeń ścinających...” powinno być ograniczenie naprężeń ścinających...” str. 29, „...obserwator może zobaczyć...” str. 35, jest „...ułożonych współśrodkowo.” powinno być „...ułożonych współosiowo.” str. 71, jest „...zbiorniku zewnętrznym oraz zewnętrznym” powinno być „...zbiorniku zewnętrznym oraz wewnętrznym” str. 74, jest „Rejestrowane filmy trwały nawet 2 godziny ” powinno być „Proces mieszania prowadzono przez okres dwóch godzin” str. 83, jest „... ustawienia pracy mieszalnika ...” powinno być „ parametry procesowe pracy mieszalnika...” str. 134, „... potrzeba było...” str. 138,
- niektóre rysunki pobrane z literatury należało poddać korekcie i wymazać zbędne oznaczenia przykładowo Rys. 5, 8a), 17, str. 20, 23, 32,
- części rysunków powstałych z mniejszych grafik pozbawione są odnośników (typu a), b)) lub nie są one wyjaśnione w podpisie przykładowo Rys. 4, 8, 13, 24, 27, 35, 40, 49, 55, 56,

- niezrozumiałe sformułowanie lub zdanie np. „...następuje cofanie się fazy wodnej poprzez organiczną.” str. 27, „Kolejnym sposobem jest pomiaru czasu metoda jest metoda stosowana w mieszalnikach...” str. 35, jest „Identyfikacja kluczowych miejsc ...” powinno być „Identyfikacja położenia” str. 78,
- niska jakość rysunków: 22, 39,
- w rozdziale 2, który dotyczy opisu rozwiązań konstrukcyjnych moim zdaniem zabrakło najpowszechniej stosowanego rozwiązania jakim są mieszalniki obrotowe. Szczególnie dlatego, że rozwiązania te umożliwiają realizację zarówno procesu mieszania ustalonego jak i nieustalonego.
- w podrozdziale 2.2. dotyczącym mieszalników pneumatycznych opisano obrotowy mieszalnik z dystrybutorem gazu pod mieszadłem rys. 6. str. 21.
- wyjaśnienie działania programu zamieszczone na stronie 81 nie zawiera informacji, że odnoszą się do kodu programu Matlab, który dołączono do pracy jako aneks 1 na stronie 176.
- część wymiarów geometrycznych w pracy podano w cm zamiast w mm lub metrach np. str. 80, 81, 82,
- w pracy można natrafić na fragmenty tekstu które niewiele wnoszą np.:
 - str. 78 „Działanie programu opiera się na wierszu poleceń, co pozwala na przyspieszenie procesu i skrócenie czasu trwania z ponad 30 minut do około 5 minut na standardowym komputerze ...”,
 - str. 83 „Z każdego filmu wyodrębniano wszystkie klatki, ..., co daje nawet ponad 400 tysięcy klatek dla jednego eksperymentu. Ręczna analiza takiej ilości danych trwałaby wiele dni, a przy zastosowaniu autorskiego algorytmu w programie Matlab poza wymaganym przygotowaniem klatek, czas analizy jest skrócony do 180 minut”,
 - str. 84 „Oświetlenie było regulowane za pomocą ściemniacza podłączonego do układu poprzez źródło zasilania panelu LED.”
 - str. 92 „...za pomocą statywu sufitowego została ustawiona kamera podczas pomiaru”
 - str. 102 „W ramach opracowywania metodyki badań przeprowadzono pomiary zużycia mocy przez sprężarkę za pomocą watomierza. Stwierdzono, że uzyskane wyniki są niemiarodajne ze względu na specyfikę działania urządzenia.”, „Otrzymano wartości

w zakresie $0,035 \div 0,037$ kWh (rys. 71), jednak nie można się nimi posłużyć w dalszych obliczeniach ...”

- podpis rysunku 56 str. 86 nie podaje informacji jakie objętości barwnika wprowadzono do mieszalnika i w jakim stężeniu.
- podpis pod rysunkiem 58 str. 89 nie informuje do którego barwnika odnoszą się prezentowane dane.
- opis tabeli 27 str. 136 nie zawiera precyzyjnych informacji,
- rysunek 104 nie zaopatrzone w legendę przez co utrudniono odczyt zamieszczonych informacji,
- nieprecyzyjne informacje w podpisach rysunków 107-112 jest „...stężenia od cyklu...”.

Proszę o udzielenie odpowiedzi przez Doktorantkę na następujące pytania i uwagi:

- 1) W części eksperymentalnej nie podano informacji, czy analizowana konstrukcja badanego mieszalnika jest projektem autorskim czy kontynuacją opartą na koncepcji innego autora?
- 2) Proszę o udzielenie informacji (rozdział 6.1. opis stanowiska badawczego) na jakiej podstawie dobrano średnice komory wewnętrznej względem komory zewnętrznej?
- 3) W tekście pracy na stronie 91 udzielono informacji wskazującej, że cieczą wewnątrz mieszalnika jest woda. Czy oprócz wody mieszalnik był testowany na innej cieczy?
- 4) Proszę wyjaśnić czy opis działania mieszalnika, który został poniżej zacytowany jest poprawny:
 - str. 71 „Praca mieszalnika hydraulicznego polegała na cyklicznych zmianach ciśnienia w obu częściach urządzenia w wyniku dopływu sprężonego powietrza tylko do jednej komory, przy braku odpływu powietrza z drugiej komory.”,
 - str. 72 „Na rysunku 44 oznaczono różnymi kolorami ciśnienie p_1 wywierane naprzemiennie w komorze zewnętrznej z ciśnieniem p_2 w komorze wewnętrznej, powodujące naprzemiennie generowanie przepływu...” (przepływu jakiego medium?) „...pomiędzy komorami, co zostało schematycznie przedstawione za pomocą odpowiednich kolorowych strzałek.”

str. 75 „W kolejnym etapie następuje dopływ powietrza pod określonym ciśnieniem do komory zewnętrznej i wewnętrznej.”,

- 5) Proszę o informację czy analizowana konstrukcja modyfikacji dna mieszalnika str. 75 jest projektem autorskim czy kontynuacją opartą na koncepcji innego autora?
- 6) Proszę o informację w jakiej cieczy rozpuszczano barwnik?
 - str. 83 „Przygotowano roztwory o stężeniu uzyskanym przy 90% rozpuszczalności barwnika.”
 - str. 83, tabela 6 „rozpuszczalność [g/dm³], „stężenie przy 90% rozpuszczalności”
- 7) Proszę wyjaśnić z jakiego powodu w pracy na str. 85-87 zamieszczono informacje związane z odrzuconymi barwnikami (rodamina B, zieleń malachitowa) skoro na str. 84 i 87 zamieszczono informacje że te barwniki zostały odrzucone?
- 8) W pracy wykazano pozytywny wpływ zmodyfikowanego dna na dynamikę zmian poziomu cieczy str. 93, rys 63, jednak konstrukcja ta została odrzucona. Proszę o informację czy rozważano jeszcze inne modyfikacje dna?

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Praca nie budzi zastrzeżeń zarówno pod względem formalnym, jak i merytorycznym. Podjęta tematyka rozprawy, sformułowany cel pracy oraz sposób jego realizacji uważam za poprawny z tego powodu rozprawę doktorską Pani mgr inż. Aleksandry Golczak nt. „Charakterystyka mieszania hydrauliczno-oscylacyjnego z wykorzystaniem metody analizy obrazu” **oceniłam pozytywnie.**

Uważam, że recenzowana rozprawa doktorska Pani mgr inż. Aleksandry Golczak stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Rozprawa wykazuje cechy nowości naukowej a jej przygotowanie wykazało posiadanie przez kandydatkę zarówno wiedzy teoretycznej jak i praktycznej oraz umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska spełnia obecne zwyczajowe i ustawowe kryteria stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie Pani mgr inż. Aleksandry Golczak do dalszych etapów postępowania doktorskiego.