



Wydział Mechaniczny

Koszalin, 25.11.2021

dr hab. inż. Marek Jakubowski, prof. uczelni

Politechnika Koszalińska

Wydział Mechaniczny

Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgra inż. Pawła Tomtasa

pt. „Pompa wirowa odpieniająca (z separatorem piany)

do pompowania cieczy o właściwościach wysokodispersyjnych”

Podstawą formalną poniższej recenzji jest Uchwała Nr 65/2021 Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej z dnia 6 lipca 2012 roku oraz pismo Dziekana Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności Pani Profesor Anny Diowkszej, z dnia 5 października 2021 r.

Recenzowana rozprawa doktorska mgra inż. Pawła Tomtasa została zrealizowana w ramach I edycji programu „Doktorat wdrożeniowy” finansowanego przez MNiSW (obecnie MNiE). Dysertacja została napisana pod kierunkiem Pana Promotora dra hab. inż. Tomasza P. Olejnika, profesora Politechniki Łódzkiej oraz opiekuna naukowego z firmy Mysak Group Sp. z o. o. Spółka komandytowa Pana mgra inż. Mieczysława Mysakowskiego.

Praca dotyczy analiz symulacyjnych oraz opracowania projektu i wdrożenia układu pompowego wyposażonego w zespół dwóch wirników, które w założeniu mają oddzielać pianę od pompowanego układu dwufazowego (wirnik pierwszy) oraz mają stanowić układ do destrukcji mechanicznej piany (wirnik drugi). Ponadto Doktorant zaproponował rozwiązanie w postaci dodatkowego etapu rozbijania piany



poprzez zastosowanie elementu konstrukcyjnego w postaci przegrody oddzielającej komorę pompy i wirnika. Opracowane zestawy w postaci trzech wariantów konstrukcyjnych przegród i dwóch wirników stały się podstawą do przygotowania modeli symulacyjnych przepływu dwufazowego z wykorzystaniem podejścia opartego na numerycznej mechanice płynów (z ang. *Computational Fluid Dynamics – CFD*). Wyniki symulacji komputerowych pozwoliły na określenie najkorzystniejszego rozwiązania, które stało się przedmiotem badań o charakterze eksperymentalnym.

Za ciecz modelową do badań eksperymentalnych Doktorant przyjął sok z buraka ćwikłowego. Bazą do prac eksperymentalnych były wyniki obliczeń symulacyjnych dla zaproponowanych wariantów rozwiązań konstrukcyjnych elementów roboczych agregatu pompowego i układu wspomagającego destrukcję piany. Na podstawie przeprowadzonych analiz symulacyjnych i badań eksperymentalnych Autor opracowania wytypował najkorzystniejsze rozwiązania redukujące powstawanie układów pianowych i rozbijających już istniejące. Opracowania, zgodnie z deklaracją Doktoranta, mogą z powodzeniem stać się elementami układów oferowanych przez firmę Mysak Group Sp. z o. o., Spółka komandytowa.

Praca wymagała szerokiego podejścia do zagadnienia, szczególnie w odniesieniu do kwestii podatności pompowanych cieczy na formowanie się układów pianowych. Jest to charakterystyczne dla surowców i produktów pochodzenia organicznego zawierających materiał biologiczny. Z takimi cieczami mamy najczęściej do czynienia w przetwórstwie żywności. Dlatego też praca prezentuje analizy wielu aspektów związanych z właściwościami materiałowymi, technologią transportu cieczy w połączeniu z analizą oddziaływań mechanicznych występujących w przepływie. Nie bez znaczenia pozostawały także uwzględnione w pracy elementy powiązane z zagadnieniami o charakterze inżynierskim i konstrukcyjnym skorelowane bezpośrednio z technologicznymi aspektami przetwarzania żywności i transportu międzyoperacyjnego półproduktów.

Zasadność podjęcia tematyki

Powstawanie układów pianowych w wielu procesach i operacjach technologicznych przetwórstwa żywności jest powszechnie występującym zjawiskiem. Sam mechanizm tworzenia pian także jest bardzo dobrze poznany. Praktyka technologiczna wypracowała wiele metod redukcji tego, często niekorzystnego zjawiska. Jedną z nich jest bez wątpienia (poza metodami opartymi na oddziaływaniach fizycznych) dodatek do przetwarzanego surowca płynnego

środków chemicznych o charakterze powierzchniowo czynnym, których zadaniem jest obniżenie intensywności powstawania piany lub redukcja już istniejącego układu pianowego. Nie pozostaje to jednak bez znaczenia w kontekście składu chemicznego półproduktu i dalszych działań w zakresie jego przetwarzania. Dlatego też wzrasta zainteresowanie metodami redukcji układów pianowych w sposób neutralny dla przetwarzanej żywności. Takimi metodami są metody fizyczne oparte o oddziaływanie o charakterze mechanicznym. Takie właśnie podejście stanowi podstawę zaproponowanych w rozprawie rozwiązań, które wpisują się doskonale w ten nurt działań. W tym kontekście tematyka pracy bez wątpienia wpisuje się w ostatnio bardzo popularny i aktualny trend związany z redukcją dodatków chemicznych do żywności. Świadomość konsumentów w tym zakresie jest coraz większa, co przekłada się bezpośrednio na ich oczekiwania w zakresie spożycia produktów o prostym składzie, wolnym od środków chemicznych. Ma to niebagatelne znaczenie nie tylko dla bezpieczeństwa wyrobów, lecz i dla kształtowania rynku produktów spożywczych. Dotyczy to nie tylko produkcji „zdrowej żywności” o charakterze tradycyjnym, rzemieślniczym, ale przede wszystkim produkcji w pełnej skali przemysłowej, realizowanej przez koncerny o zasięgu globalnym.

Uważam, że podjęta przez Doktoranta tematyka rozprawy doktorskiej jest aktualna i istotna z punktu widzenia poprawy warunków transportu płynnych surowców i produktów spożywczych, szczególnie takich, które są podatne na formowanie się w ich objętości układów pianowych. Praca jest ciekawą propozycją podejścia do zagadnienia ograniczenia formowania się pian i eliminacji przepienienia surowców i produktów spożywczych transportowanych z wykorzystaniem agregatów pompowych. Wynik prac symulacyjnych zaprezentowanych w rozprawie można jednak potraktować szerzej, nie tylko jako koncepcja rozwiązania problemów związanych z formowaniem się układów pianowych, lecz także jako przydatne narzędzie do wspomagania projektowania układów dynamicznych transportu cieczy z zastosowaniem wymuszenia wirowego.

Charakterystyka i struktura rozprawy oraz jej ocena

Recenzowana praca obejmuje 116 stron zasadniczej rozprawy uwzględniając streszczenia w języku polskim i angielskim, spis oznaczeń (niestety z pominięciem jednostek), spis bibliograficzny oraz rysunków i tabel, a także spis załączników stanowiących integralną część projektową opracowania, zawierającą: rysunki konstrukcyjne opracowanego przedmiotowego układu pompowego i stanowiska

pomiarowego (w tym rysunek złożeniowy prototypu, rysunki elementów konstrukcyjnych i detali wraz z wymiarowaniem oraz rysunki złożeniowe stanowiska do badań przepływowych i badań destrukcji piany) – 25 sztuk. Zasadnicza część rozprawy zawiera numerowany spis bibliograficzny liczący 58 pozycji (w tym 1 pozycja „ślepa”, która nie występuje w tekście), 85 rysunków (w tym zdjęcia prezentujące stanowiska badawcze o charakterze eksperymentalnym) oraz 7 tabel.

Recenzowana praca została podzielona na dwie części, tj. teoretyczną i badawczą. W ramach takiego układu wydzielono łącznie aż 13 podstawowych poziomów organizacji (wypunktowania) tekstu.

Część teoretyczna zawiera rozpoznanie literaturowe w zakresie klasyfikacji układów pianowych, ich powstawania i ogólnej charakterystyki, a także oddziaływania tego typu układów na skuteczność realizacji wybranych procesów technologicznych występujących w przetwórstwie żywności oraz technicznych sposobów realizacji mechanicznej destrukcji pian.

Część badawcza przedstawia zagadnienia z zakresu opracowanego planu badań, opisu zaproponowanego rozwiązania technicznego oraz założeń do budowy prototypu, stanowisk badawczych do pomiarów w zakresie przepływu i destrukcji pian, analiz symulacyjnych z zakresu numerycznej mechaniki płynów oraz pomiarów eksperymentalnych. Ta część pracy została przez Doktoranta podsumowana wnioskami o charakterze ogólnym i szczegółowym.

Część teoretyczną rozpoczyna wprowadzenie (**Rozdział 1**) o charakterze ogólnym. W ramach tego rozdziału Doktorant przedstawił zagadnienie powstawania piany w operacjach przetwórczych, ze szczególnym uwzględnieniem przetwórstwa żywności, nakreślił problemy technologiczne towarzyszące temu zjawisku oraz ogólnie zaprezentował sposoby „niszczenia pian”. Z kolei **Rozdział 2** prezentuje cel pracy. Doktorant postawił sobie zadanie w postaci zaprojektowania, budowy oraz eksperymentalnej weryfikacji parametrów pracy elementu układu pompowego likwidującego pianę w sposób mechaniczny. Agregat pompowy z układem odpieniającym, w założeniu Autora, powinien posiadać możliwości przepompowywania dwufazowych mieszanin płynów o udziale fazy gazowej do kilkudziesięciu procent (Autor nie deklaruje czy mowa o udziale objętościowym, czy masowym) z jednoczesnym rozdziałem faz i dalszą eliminacją fazy gazowej. Opracowany, przetestowany prototyp takiego rozwiązania miałby stać się elementem składowym oferty handlowej firmy Mysak Group Sp. z o. o., Spółka komandytowa. W ramach tego rozdziału Autor nie określa jednoznacznie i szczegółowo, w jaki

sposób chce osiągnąć założony cel, przy czym, jak wynika ze streszczenia będą to prace badawcze o charakterze numerycznym i eksperymentalnym.

Umieszczenie na początku dysertacji celu pracy jest dopuszczalne, przy czym, ze względu na złożoność metod symulacyjnych, bardziej przejrzystym (szczególnie dla czytelników niezaznajomionych z zagadnieniami analiz numerycznych i podstaw teoretycznych z zakresu mechaniki płynów) wydaje się prezentacja celu pracy po części rozpoznawczej, z której ten cel ma wynikać.

W ramach właściwej zawartości części teoretycznej ocenianej rozprawy Doktorant wydzielił 3 rozdziały dotyczące pian oraz rozdział, który w założeniu miał posłużyć prezentacji sformułowanej tezy badawczej. **Rozdział 3** wprowadza czytelnika w zagadnienia dotyczące tworzenia i charakterystyki układów pianowych. Następnie w **Rozdziale 4** Doktorant przedstawia zagadnienia dotyczące negatywnego oddziaływania układów pianowych na realizację procesów technologicznych w przetwórstwie żywności. Prezentuje także wpływ podstawowych parametrów fizykochemicznych pompowanych cieczy i układów wielofazowych na ich podatność w kierunku tworzenia układów pianowych.

W **Rozdziale 5** Autor podjął się sformułowania tezy badawczej, która oparła się o założenie, iż opracowane rozwiązanie, po wnikliwej analizie wyników badań symulacyjnych i analizie wyników eksperymentalnych, skutecznie ograniczy lub całkowicie wyeliminuje tworzenie się pęcherzyków gazu w przepompowywanej cieczy. Jednocześnie zaprojektowany układ pompowy umożliwi realizację transportu mieszaniny ciecz – gaz, dla której faza gazowa nie będzie stanowiła skutecznej przeszkody w realizacji operacji. Dodatkowo opracowane rozwiązanie umożliwi aktywne działanie mechaniczne ukierunkowane na skuteczną eliminację wytworzonej piany.

Cześć teoretyczna pracy została przez Doktoranta zakończona **Rozdziałem 6**, w którym zaprezentował on przegląd mechanicznych metod eliminacji pian. W ramach tego rozdziału Autor powołał wyniki analiz innych autorów dotyczące zagadnień formowania oraz ograniczenia oddziaływania elementów mechanicznych przeznaczonych do realizacji procesu mieszania i transportu cieczy na redukcję powstawania pian.

Doktorant dokonując przeglądu literatury w zakresie mechanicznych metod eliminacji pian nie uwzględnił innych prac, a zaprezentowane rozważania sprzed 20 lat nie stanowią aktualnego stanu wiedzy i techniki w tym zakresie. W obszarze zagadnień związanych z procesem mieszania powszechne są rozwiązania

konstrukcyjne elementów ruchomych łapowych, montowanych w górnej części zbiornika (z ang. *foam breaker*), co w połączeniu z przegrodami (z ang. *baffles*) w zbiorniku ma skutecznie eliminować nadmiar piany formującej się w pobliżu swobodnej powierzchni. Dotyczy to także reaktorów i kolumn z napowietrzaniem. Generalna zasada w przypadku mieszania jest jednak taka, żeby nie dopuszczać do tworzenia się układów pianowych.

Uważam, że rozdziały dotyczące pian powinny stanowić jeden (podzielony na podrozdziały), gdyż tematycznie są ze sobą powiązane. Natomiast rozdział, w którym Doktorant podejmuje próbę sformułowania tezy badawczej powinien zostać przedstawiony jako ostatni w tej części. Należy także zwrócić uwagę, iż teza badawcza nie została zaprezentowana w sposób jawny, jako przypuszczenie. Ostatni akapit w tym rozdziale jest próbą takiego jej określenia, przy czym brakuje w nim jasno sformułowanego założenia.

W mojej opinii część teoretyczna powinna także zawierać zagadnienia z zakresu opisu formalnego układów wielofazowych oraz elementy teorii modelowania i symulacji Metodą Objętości Skończonych (z ang. *Finite Volume Method*), którą Doktorant wykorzystuje, a o której nie wspomina w rozprawie nawet słowem.

Część badawcza recenzowanej rozprawy rozpoczyna się od prezentacji planu badawczego przedstawionego w **Rozdziale 7**. Zawiera on ogólny opis kolejnych prac o charakterze projektowym i badawczym oraz szczegółowe diagramy sposobów postępowania. W ramach tego rozdziału zostały określone konfiguracje trzech zestawów elementów roboczych układów pompowych (oznaczonych dalej jako zestaw I, II i III), opracowanych na bazie zaproponowanych przegród (3 warianty) i wirników (2 warianty). Zestawy te były przedmiotem dalszych rozważań na podstawie analiz symulacyjnych CFD i badań o charakterze eksperymentalnym. Następnie Doktorant opisał (w **Rozdziale 8**) koncepcję zasady działania projektowanego urządzenia oraz budowę prototypu pompy (**Rozdział 9**), w tym założenia projektowe ze szczególnym uwzględnieniem podzespołów wykonawczych. Następnie Autor zaprezentował, w **Rozdziale 10**, projekt i wykonanie dwóch stanowisk badawczych, służących do badań przepływowych i skuteczności destrukcji piany. Rozdziały opisane powyżej zostały zapisane łącznie na 16 stronach i są ze sobą ściśle powiązane tematycznie. Dlatego uważam, że Doktorant powinien je opracować jako jeden rozdział z odpowiednio rozbudowanym układem organizacji tekstu. Omawiając tę część opracowania zwracam uwagę Doktoranta na dość niefortunny zapis znajdujący się w **Rozdziale 10**. Na stronie 55 Doktorant prezentuje dane dotyczące przetwornika ciśnienia (nazwanego w pracy czujnikiem) typu PMP21,

o zakresie pomiarowym ujemnym od „-1 bar”. Czy zatem nastąpił jakiś przełom w fizyce próżni? Przy okazji – bar jest jednostką spoza układu SI, i pomimo iż jest powszechnie stosowaną w technice, wcale nie oznacza, że jest powszechnie akceptowana w nauce. Do tego producent, w kartach katalogowych zaproponowanych przetworników ciśnienia, przedstawia dokładniejsze ich zakresy pomiarowe.

W **Rozdziale 11** Autor przedstawia zagadnienia związane z podstawami analiz symulacyjnych z wykorzystaniem numerycznej mechaniki płynów (CFD). W ramach tego rozdziału Doktorant prezentuje ogólne informacje dotyczące sposobu rozwiązywania zagadnień przepływowych z wykorzystaniem CFD, prezentuje ogólną postać modelu matematycznego, wybranego półempirycznego modelu turbulencji, będącego wariantem powszechnie znanego, najprostszego modelu $k-\epsilon$ oraz prezentuje podstawowe dane dotyczące siatki dyskretyzacyjnej. Do tego rozdziału mam najwięcej zastrzeżeń. Część z nich zawarłem w formie uwag krytycznych w dalszej części recenzji. Pomijając na tym etapie kwestie testowania jakości siatki dyskretyzacyjnej (o czym będzie mowa w dalszej części recenzji) zwracam uwagę Doktorantowi, iż przedstawiony opis formalny stanowi jedynie jeden z elementów układu równań bilansowych, które należało przedstawić w pracy w całości (nawet w postaci ogólnej). Zaprezentowany w pracy opis matematyczny modelu turbulencji jest jedynie układem dwóch równań domykających w układzie równań bilansowych. Szczególnie, gdy mamy do czynienia z opisem matematycznym bilansu równań dotyczących przepływu dwufazowego. Jakby tego było mało – zaprezentowane (na str. 59) wartości współczynników dla układu równań ewolucji energii i dyssypacji turbulencji nie są wartościami „zwykle wynoszącymi” tyle, ile zostało przyjęte do opracowanego modelu. Jak Doktorant słusznie zauważył mają one charakter „wyznaczanych empirycznie”, a więc ich wartości domyślne (ustawione domyślnie w programie) wcale nie muszą być adekwatne do analizowanego problemu. Do tego dochodzi dość daleko idące uproszczenie (Doktorant określa w pracy mianem „założenia”) dotyczące nieściśliwości fazy gazowej, o które to będę szczegółowo pytał w dalszej części recenzji. Uzasadnienie przedstawione w pracy jest niewystarczające (str. 60, akapit 2), szczególnie że ściśliwość fazy gazowej ma swoje konsekwencje w zakresie eksploatacyjnym. Podsumowując, jest to najslabiej merytorycznie opracowany element pracy.

W **Rozdziale 12** Doktorant przedstawił analizę wyników prac o charakterze symulacyjnym i eksperymentalnym. Zawiera on kompleksową analizę badań przepływowych wirnika pompy oraz całego zespołu pompowego rozpatrywanego

dla trzech wariantów rozwiązań konstrukcyjnych (zestaw I, II i III). W zakresie badań eksperymentalnych wybrane rozwiązanie (zestaw II) zostało przez Doktoranta poddane dalszym pracom w zakresie powstawania wtórnego przepienienia cieczy modelowej. Następnie Autor przeprowadził drugi etap kompleksowych badań eksperymentalnych w zakresie skuteczności zaproponowanych wariantów rozwiązań konstrukcyjnych (zestaw I, II i III) w odniesieniu do problemu destrukcji już powstałej piany. Jest to najobszerniejszy i najlepiej opracowany rozdział w pracy. Z uwag pozytywnych należy podkreślić, iż jest to bardzo kompleksowe podejście do zagadnienia, zawierające wiele ciekawych spostrzeżeń i wyników, które nie są wcale oczywiste z punktu widzenia omawianych zagadnień. Z drugiej strony mam pewne zastrzeżenia co do prezentacji udziału frakcji (z ang. *Volume of Fraction*). Dla tego typu prezentacji wyników należy przedstawiać dane dla poziomu testowego 0,5, który obrazuje adekwatny udział fazy (np. powietrza) w elementach obliczeniowych siatki. Z resztą zwracałem już kiedyś na to Doktorantowi uwagę przy okazji jego prezentacji na konferencji kilka lat temu. Z uwag pozamerytorycznych chciałbym zauważyć, że pierwszy raz spotykam się z pracą posiadającą aż piąty poziom organizacji tekstu. Jest to nieuzasadnione z punktu widzenia zawartości, szczególnie, że tytuły poszczególnych podrozdziałów brzmią tak samo.

Podsumowaniem części badawczej pracy jest **Rozdział 13** zawierający wnioski o charakterze ogólnym i szczegółowym. Są one w większości sformułowane dość poprawnie, przy czym niektóre wnioski szczegółowe stanowią raczej prezentację wyników ilościowych, niż refleksje z nimi związane, czy też pewne stwierdzenia formułowane na ich podstawie.

Podsumowując tę część recenzji stwierdzam, iż przedłożona do oceny rozprawa doktorska w całości charakteryzuje się zasadniczo poprawną strukturą logiczną. Jedynie wspomniane mniej objętościowe (**Rozdział 7,8,9 i 10**) oraz piąty poziom organizacji tekstu w **Rozdziale 12** budzą moje wątpliwości. W zakresie redakcyjnym prac jest dość starannie przygotowana. Uwydatnia się dość znaczący nakład pracy związany z jej przygotowaniem. Doktorant nie ustrzegł się jednak pewnych drobnych błędów i niedociągnięć edytorskich. Najbardziej rzuca się w oczy błąd formatowania w postaci braku kontroli tzw. „sierot”, czyli pozostawianie spójników na ostatnim miejscu w wersie. Występują także w pracy pewne kolokwializmy i niejasne sformułowania (np. „zaburzenia temperatury”, „momentów” w odniesieniu do zagadnienia upływu czasu lub kroku czasowego, „prędkość pompy” i inne). Doktorant nie ustrzegł się też przed literówkami, przy czym jest ich relatywnie niewiele. Autor dość konsekwentnie i poprawnie stosuje system cytowania

vancouver. Podsumowując stwierdzam, iż pomimo pewnych braków, praca posiada znaczące walory naukowe i utylitarne. Jest napisana w sposób czytelny i dość precyzyjny.

Wartość naukowa i aplikacyjna rozprawy

Oceniając całość rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Pawła Tomtasa stwierdzam co następuje:

1. Temat rozprawy jest jasno określony, a jego wybór w pełni zasadny;
2. Dobór literatury nie budzi zastrzeżeń i jest właściwy w odniesieniu do postawionego w rozprawie zadania, jej tematu i zakresu;
3. Rozprawa ma poprawną strukturę, zachowaną właściwą kolejność rozdziałów, kompletność celu i jego elementów składowych oraz uzasadnione wnioski;
4. Część badawcza pracy (w tym metodyka) jest przedstawiona poprawnie, choć powinna zostać rozszerzona o kilka elementów, w tym opis formalny całego układu równań bilansowych oraz podstawy teorii modelowania z wykorzystaniem Metody Objętości Skończonych;
5. Praca ma charakter badawczy i aplikacyjny, co pozwala na zastosowanie praktyczne wyników analiz (w tym analiz symulacyjnych) jako wspomaganie projektowania układów przepływowych;
6. Wartość aplikacyjna pracy potwierdzona została przygotowanym projektem konstrukcyjnym rozwiązania gotowego do wdrożenia układu pompowego z elementami ograniczającymi formowanie się piany i redukcją już powstałych układów pianowych;
7. Osiągnięte w pracy wyniki i rezultaty, potwierdzone zostały publikacjami, w tym w uznanym krajowym czasopiśmie branżowym „Przemysł Spożywczy” oraz dwóch czasopismach indeksowanych z naliczonym współczynnikiem wpływu. Wyniki cząstkowe były także przedmiotem prezentacji na konferencjach krajowych, w tym na ogólnopolskiej konferencji z zakresu budowy i eksploatacji maszyn przemysłu spożywczego BEMS 2018, którą organizowałem wraz z Zespołem z Katedry, a na której Doktorant otrzymał wyróżnienie za referat.

Uwagi krytyczne i polemiczne

Analiza treści prezentowanej w rozprawie dostarczyła mi podstaw do sformułowania pewnych wątpliwości i oczekiwań. Niektóre z nich które zostały już zaakcentowane powyżej. Dla porządku zestawiam poniżej uwagi i wątpliwości, które wymagają rozwinięcia i uzasadnienia:

1. Proszę zaprezentować **pełny układ równań bilansowych** dla rozpatrywanego zagadnienia przepływu dwufazowego. Jest to element podstawowy w zakresie podejścia teoretycznego omawianego problemu. Układ równań może mieć charakter ogólny.
2. Proszę zaprezentować **podstawy teoretyczne zastosowanej metody symulacji**. Jest to element podstawowy w zakresie metodologicznym oraz podejścia teoretycznego do omawianego problemu.
3. Proszę uzasadnić wprowadzone do modelu **uproszczenie w zakresie nieściśliwości fazy gazowej**. Uzasadnienie dotyczące stabilności obliczeń jest niewystarczające.
4. Proszę przedstawić analizę dotyczącą sposobów **testowania jakości siatki** dyskteryzacyjnej przyjętej w pracy. Wybór arbitralny w oparciu o konieczny czas na wykonanie obliczeń nie jest wystarczający i w pełni uzasadniony. Dochodzi tu także kwestia wyboru siatki niestrukturalnej. Zastosowanie elementów polihedralnych (technologia Mosaic® opatentowana przez Ansysa) także nie zwalnia z pewnych refleksji w tym zakresie. Zaproponowana analiza zróżnicowania wartości ciśnienia nie jest do końca adekwatna, w kontekście ostatecznego wyboru.
5. Każda analiza symulacyjna wymaga przedstawienia jej **założeń i uproszczeń**. Proszę w sposób uporządkowany i jednoznaczny przedstawić te aspekty oraz je uzasadnić w odniesieniu do tematu i celu swojej pracy kwalifikacyjnej.
6. Proszę przedstawić dane dotyczące **zbieżności modelu symulacyjnego** w odniesieniu do przeprowadzonych obliczeń.
7. Doktorant w pracy dość dowolnie i zamiennie posługuje się pojęciami **własności i właściwości** w odniesieniu np. do parametrów charakteryzujących ciecze (str. 21). W celu usystematyzowania wiedzy proszę o przedstawienie stosownych definicji i ewentualnych różnic pomiędzy tymi dwoma pojęciami. Przy okazji zwracam uwagę Doktorantowi, iż poprawne pojęcia dotyczące

lepkości to: kinematyczny współczynnik lepkości i dynamiczny współczynnik lepkości.

8. Recenzowana praca doktorska ma cel wdrożeniowy. Proszę przedstawić informacje na temat **konkretnego zastosowania przemysłowego** lub zainteresowania przetwórców opracowanym rozwiązaniem układu pompowego o specyficznej funkcjonalności. Mam tu między innymi na myśli działania w zakresie wprowadzenia rozwiązania, jako elementu oferty firmy Mysak Group Sp. z o. o. Spółka komandytowa.

Moje uwagi mają na celu pewne uprządkowanie pracy, która jest bardzo rozwinięta w części symulacyjnej i eksperymentalnej. Mają także sprowokować Doktoranta do bardziej krytycznego podejścia do zagadnienia zastosowania symulacji komputerowej, szczególnie w obszarze numerycznej mechaniki płynów. Należy mieć na względzie, iż każda symulacja jest tylko pewnym przybliżeniem do rzeczywistości, a Autor prezentujący takie wyniki ma obowiązek odpowiedzieć na kluczowe pytanie – w jakim oddaleniu od rzeczywistości owe dane się znajdują? Rozprawa doktorska to praca kwalifikacyjna, która ma potwierdzić kompetencje w zakresie umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Analiza i własne krytyczne spojrzenie na wyniki warunkują potwierdzenie nabycia takich kompetencji. Przedstawione w recenzji uwagi i wątpliwości nie umniejszają jednak zdecydowanie pozytywnego odbioru tej pracy, która niewątpliwie cechuje się wysokimi wartościami naukowymi, a także wartościami aplikacyjnymi.

Podsumowanie

Praca stanowi oryginalne i ciekawe rozwiązanie problemu naukowego i aplikacyjnego. Realizując pracę Doktorant dowiódł umiejętności samodzielnego prowadzenia prac badawczych, a na podstawie ich wyników prac koncepcyjnych i projektowych. W świetle powyższego stwierdzam, że przedstawiona do oceny rozprawa doktorska o charakterze wdrożeniowym opracowana przez mgra inż. Pawła Tomtasa, przygotowana pod opieką merytoryczną Promotora, Pana dra hab. inż. Tomasza P. Olejnika, prof. uczelni oraz opiekuna naukowego reprezentującego firmę Mysak Group Sp. z o. o. Spółka komandytowa, Pana mgra inż. Mieczysława Mysakowskiego spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim. Wnoszę zatem o **dopuszczenie Pana mgra inż. Pawła Tomtasa do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia naukowego doktora.**

Z uwagi na wartość naukową i oryginalność opracowania oraz kompleksowe podejście do rozpatrywanego problemu badawczego, szczególnie w obszarze analiz symulacyjnych, proponuję Radzie ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej wyróżnienie ocenianej pracy doktorskiej Pana mgra inż. Pawła Tomtasa, co dodatkowo potwierdzam w osobnym wniosku stanowiącym załącznik do niniejszej recenzji.


dr hab. inż. Marek Jakubowski, prof. PK



Wydział Mechaniczny

Koszalin, 25.11.2021

dr hab. inż. Marek Jakubowski, prof. uczelni

Politechnika Koszalińska

Wydział Mechaniczny

Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego

Wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej

mgra inż. Pawła Tomtasa

pt. „Pompa wirowa odpieniąca (z separatorem piany)

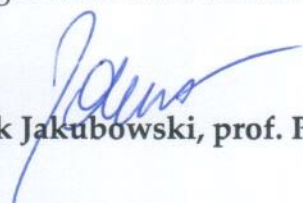
do pompowania cieczy o właściwościach wysokodyspersyjnych”

**zrealizowanej w ramach I edycji programu „Doktorat wdrożeniowy”
finansowanego przez MNiSW (obecnie MNiE), napisanej pod kierunkiem Pana
Promotora dra hab. inż. Tomasza P. Olejnika, profesora Politechniki Łódzkiej oraz
opiekuna naukowego z firmy Mysak Group Sp. z o. o. Spółka komandytowa Pana
mgra inż. Mieczysława Mysakowskiego**

Wniosek stanowi integralną część mojej recenzji powyższej rozprawy doktorskiej.

Recenzowana praca posiada niewątpliwie wysoką wartość naukową i cechuje się oryginalnością opracowania. Zawiera kompleksowe podejście do rozpatrywanego problemu badawczego, szczególnie w obszarze analiz symulacyjnych. Potwierdzają to dodatkowo osiągnięcia Autora.

W związku z powyższym proponuję Radzie ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej wyróżnienie ocenianej pracy doktorskiej Pana mgra inż. Pawła Tomtasa.


dr hab. inż. Marek Jakubowski, prof. PK

