PODPIS ZAUFANY
WOJCIECH
SOBIESKI
27.05.2024 11:12:29 [GMT+2]
Dokument podpisany elektronicznie
podpisem zaufanym

Prof. dr hab. inż. Wojciech Sobieski
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Wydział Nauk Technicznych
Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn
10-957 Olsztyn, ul. M. Oczapowskiego 11
e-mail: wojciech.sobieski@uwm.edu.pl
tel.: (89) 5-23-32-40 / fax: (89) 5-23-32-55

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Emad Hasani Malekshsh pt.: „Numerical and experimental research on the influence of air of the cavitation dynamics"

Podstawą prawną wykonania recenzji jest Umowa o Dzieło UMC/1707/2024.

1. Tytuł rozprawy doktorskiej stanowiącej podstawę ubiegania się w aktualnym postępowaniu o nadanie stopnia doktora.

Podstawą do ubiegania się o nadanie stopnia doktora w aktualnym postępowaniu jest rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Emad Hasani Malekshah zatytułowana „Numerical and experimental research on the influence of air on the cavitation dynamics". Rozprawa napisana jest w języku angielskim i bazuje na cyklu dziewięciu artykułów, opublikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych.

2. Ocena układu rozprawy doktorskiej, w tym informacje o jej poszczególnych częściach składowych

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Emad Hasani Malekshah zatytułowana „Numerical and experimental research on the influence of air on the cavitation dynamics" składa się dwóch części: pierwszej opisującej skrótowo osiągnięcia Kandydata oraz drugiej, zawierającej dziewięć współautorskich publikacji naukowych opublikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych. Rozprawa liczy łącznie 248 stron i oprócz treści zasadniczej i przedruków artykułów zawiera podziękowania, spis oznaczeń i symboli, listę publikacji wchodzących w skład cyklu, udział autorów publikacji przygotowany w standardzie CRediT, nomenklaturę, bibliografię oraz streszczenie w języku angielskim i polskim. Układ i objętość pracy odpowiada standardom rozpraw doktorskich i nie budzą żadnych zastrzeżeń.

Rozdział 1 (Introduction) zawiera 9 podrozdziałów i jest ogólnym wstępem do zasadniczej części pracy. W podrozdziałach 1-7 przedstawiono skrótowo wybrane informacje o zjawisku kawitacji, przy czym skupiono się wyłącznie na zagadnieniach istotnych z punktu widzenia tematyki rozprawy. Ilość materiału jest zrównoważona, a opis precyzyjny i zrozumiały. W podsumowaniu tej części Autor podkreśla niestacjonarny i niestabilny charakter zjawiska kawitacji. Podrozdział 1.8 przedstawia skrótowo obecny stan badań nad zjawiskiem kawitacji, z podziałem na badania numeryczne i eksperymentalne. Autor wymienia kilka najpopularniejszych modeli kawitacji i podkreśla, że w modelowaniu tego zagadnienia ważny jest sposób traktowania turbulencji oraz uwzględnienie wpływu

znajdujących się w przepływie gazów. Autor podkreśla znaczenie badań eksperymentalnych, przy czym Jego zainteresowanie koncentruje się na mechanizmie rozpadu struktur kawitacyjnych. Podrozdział 1.9 zawiera motywacje do zajęcia się tematyką kawitacji oraz klarownie przedstawiony podział zadań. Autor precyzuje, w których rozdziałach opisane są kolejne zadania oraz które publikacje z załączonego cyklu są z danym zadaniem związane.

W Rozdziałach od 2 do 5 Autor opisuje skrótowo swoje osiągnięcia, przy czym w tytule każdego rozdziału od razu wskazuje, których artykułów dotyczy dany rozdział. Przyporządkowanie artykułów do poszczególnych rozdziałów wskazane jest dodatkowo w sekcji „List of Publications". Zawartość poszczególnych rozdziałów jest spójna z zadaniami jednostkowymi, wymienionymi w Podrozdziale 1.9. Treść jest wyważona i daje dobre wprowadzenie do tego, co zostało opisane w artykułach.

Podczas opisywania poszczególnych wyników dobrze by było odwoływać się na bieżąco do odpowiednich miejsc w artykułach. Przykładem może być zdanie (strona 29) „To demonstrate the models' ability to predict cavity structure, contours of vapor volume fraction in one period are provided and analyzed", z którego nie wynika gdzie te rozkłady się znajdują. Innym przykładem może być fragment (strona 31): „However, the numerical model did not satisfactorily capture the evolution of cloud structures. This suggests that tracking the formation of the cloud cavity is challenging with CFD methods." Które dane z którego artykułu potwierdzają to stwierdzenie? Wydaje się też, że Autor czasami kopiował pewne fragmenty bezpośrednio z artykułu. Przykładem może być wyrażenie (strona 38) „The present paper aims ...".

Rozdział 6 przedstawia stanowisko laboratoryjne wykorzystane w badaniach eksperymentalnych. Opis tego stanowiska można znaleźć w większości publikacji wchodzących w skład cyklu, ale Autor zdecydował się na jego niezależny opis.

Bardzo dobrym zabiegiem jest umieszczenie na początku każdego rozdziału sekcji zatytułowanej „The Scope of the Investigation", zawierającej zwięzły opis bieżących działań oraz najważniejsze wyzwania, jakie pojawiły się podczas realizacji danego etapu badań. Opisy te ułatwiły śledzenie toku myślenia Autora oraz poruszanie się po cyklu publikacji.

Rozdział 7 stanowi podsumowanie całego cyklu publikacji. Autor w oddzielnych podrozdziałach odnosi się do części numerycznej i eksperymentalnej oraz formułuje pewne finalne spostrzeżenia i wnioski.

Układ rozprawy jest przejrzysty i logiczny. Pewną trudność w przyswajaniu treści stanowi fakt, że w poszczególnych artykułach z cyklu pojawiają się powtórzenia materiału. Nie zawsze daje się łatwo określić, czy dany fragment jest dokładnie tym samym, co było już prezentowane wcześniej, czy też zawiera jakieś nowości. Odnosi się to w szczególności do badań eksperymentalnych, gdyż nie jest jasne, czy na potrzeby każdej kolejnej publikacji wykonywano eksperymenty od nowa, czy też wykorzystywano dane już wcześniej zebrane. Generalnie nie ma to większego znaczenia i nie obniża jakości pracy, ale dałoby głębszą wiedzę o poczynaniach Autora.

3. Ocena zastosowanego piśmiennictwa w ramach rozprawy doktorskiej

Przedstawiony w rozprawie na stronie 67 spis bibliograficzny zawiera 36 pozycji. Liczba ta wydaje się relatywnie niska, ale Autor zamieścił tu tylko te prace, które zacytował w pierwszej części rozprawy, głównie w Rozdziale 1 (34 pozycje). Ogólna liczba źródeł bibliograficznych jest w przedstawionym do oceny cyklu dziewięciu publikacji znacznie większa i w zupełności akceptowalna, chodź trudno ją dokładnie określić ze względu na to, że style cytowań w poszczególnych artykułach są inne, a część źródeł się powtarza.

Jakość źródeł bibliograficznych nie budzi zastrzeżeń. Są to głównie artykuły naukowe oraz książki, rzadziej materiały konferencyjne. Zwraca uwagę brak powoływania się na strony internetowe. Czasopisma takie jak np. „International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow", „Journal of Fluid Mechanics", „International Journal of Multiphase Flow" czy „International Journal of Heat and Mass Transfer" stanowią bardzo dobre źródło wiedzy naukowej z zakresu tematyki rozprawy.

Styl opisu bibliograficznego jest spójny i konsekwentny, chodź zdarzają się odstępstwa. Nazwy czasopism podawane są czasem w całości, a czasem skrótami. Nietypowe i zasadniczo niepoprawne jest odwołanie się do pozycji [4] w nagłówku podrozdziału (strona 17). Poza tym jednym przypadkiem sposób cytowania jest konsekwentny i poprawny.

4. Wskazanie oraz ocena celu pracy kandydata

Cel pracy, wskazany w Podrozdziale 1.9, sformułowany jest krótko i zwięźle, a jednocześnie dość ogólnie, dając Autorowi dużą swobodę w sposobie jego osiągania. Cel badań łączy się logicznie z informacjami zamieszczonymi w podrozdziałach poprzedzających, szczególnie z Podrozdziałem 1.7 oraz 1.8. Po podaniu celu Autor definiuje 4 zadania jednostkowe:

- Zadanie 1: numeryczne i eksperymentalne badania zjawiska kawitacji w przepływie naturalnym i przepływie z napowietrzaniem;
- Zadanie 2: modyfikacja modelu numerycznego w zakresie sposobu traktowania zjawiska turbulencji oraz doboru liczby faz;
- Zadanie 3: weryfikacja zmodyfikowanego modelu w oparciu o badania eksperymentalne;
- Zadanie 4: zastosowanie zmodyfikowanego modelu do przewidywania kawitacji w przepływie naturalnym i przepływie z napowietrzaniem.

W podsumowaniu rozprawy Autor odnosi się do tych zadań i przedstawia co udało mu się osiągnąć na polu badań symulacyjnych i eksperymentalnych, a także formułuje spostrzeżenia i wnioski ogólne odnoszące się do głównego celu rozprawy. Taki układ pracy jest przejrzysty i spójny logicznie.

5. Ocena części rozprawy doktorskiej dotyczącej omówienia wyników badań

Działania opisane w Rozdziale 2 odnoszą się do badań eksperymentalnych oraz numerycznych przepływu kawitacyjnego naturalnego oraz przepływu z napowietrzaniem. Badania wykonano dla dwóch rodzajów geometrii, hydropłata Clark Y i zwężki Venturiego, oraz różnych wartości liczb kawitacyjnych, co powoduje, że charakter badań jest dość uniwersalny. Wyniki mają wysoką jakość merytoryczną i świadczą o dużych umiejętnościach Kandydata w zakresie prowadzenia badań eksperymentalnych oraz tworzenia modeli symulacyjnych. Analizy numeryczne wykonano w programie ANSYS Fluent korzystając z wbudowanych modeli kawitacji i turbulencji, co jest zgodne z zakresem zdefiniowanego wcześniej zadania jednostkowego nr 1 oraz drugą częścią zadania jednostkowego nr 2. Szczegóły badań opisywanych w Rozdziale 1 dostępne są w artykułach I, II, III oraz IV.

Page 26/27: Przedstawiona na stronie 26/27 klasyfikacja modeli jest dyskusyjna, gdyż model Singhala, w kontekście równania (2.3), również jest modelem dwufazowym, tak samo jak model opisany równaniem (2.9). Różnice wynikają ze sposobu opisu fazy drugiej.

W Rozdziale 2 Autor nie przywołuje artykułu nr II, w związku z czym nie jest wiadomo jaką rolę pełni ten artykuł w cyklu i co nowego wnosi do badań. Podczas czytania artykułu II wyjaśnia się, że Autor badał tam i porównywał trzy modele kawitacji, o których jest mowa w Rozdziale 2. Wyjaśnia się również, dlaczego w dalszych badania używany był głównie model Zwart-Gerber-Belamri (ZGB).

W Rozdziale 3 Autor zajmuje się modyfikacją modelu turbulencji RNG k-epsilon i wprowadza, oprócz modelu standardowego, trzy warianty obliczania lepkości turbulentnej (DCM, FBM oraz FBDCM). Nowe warianty implementuje w programie ANSYS Fluent za pomocą tzw. User-Defined Functions, co świadczy o dużych umiejętnościach praktycznych Autora. Uzyskane wyniki, w kontekście częstotliwości zrzucania struktur kawitacyjnych, porównuje z literaturą, a następnie wykonuje badania porównawcze na hydropłacie Clark Y i analizuje wpływ wariantu modelu turbulencji na wartość siły oporu i siły unoszenia oraz na ogólną strukturę przepływu kawitacyjnego. Autor konkluduje, że wariant DCM wydaje się być najbardziej obiecujący i na nim skupia swoją uwagę.

Materiał opisany w Rozdziale 3 pasuje do pierwszej części zadania jednostkowego nr 2 (strona 22). Szczegóły badań opisywanych w tym rozdziale dostępne są w artykułach V i VI.

W Rozdziale 4 Autor kontynuuje wątek doboru i opisu liczby faz branych pod uwagę w modelu symulacyjnym i proponuje autorską modyfikację równania Rayleigh-Plesset (RP) oraz członów źródłowych modelu ZGB. Oryginalnym elementem nowego podejścia jest bezpośrednie uwzględnienie w równaniach udziału niekondensujących gazów. Przed przystąpieniem do badań symulacyjnych Autor wykonuje analizę porównawczą standardowego i zmodyfikowano równania RP. Po implementacji zmodyfikowanych członów źródłowych modelu ZGB, Autor wykonuje badania ewolucji struktur kawitacyjnych na hydropłacie, posiłkując się Ciągłą Transformatą Falkową oraz techniką Gęstości Widma Mocy i stwierdza, że zmodyfikowany model kawitacji prowadzi do większych i stabilniejszych wnęk kawitacyjnych o mniejszej częstotliwości zrzucania struktur kawitacyjnych. Wyniki symulacji porównuje z eksperymentem i udowadnia, że model zmodyfikowany lepiej opisuje strukturę przepływu

kawitacyjnego wokół hydropłata Clark Y niż model oryginalny. W końcowej części rozdziału Autor zajmuje się mechanizmem zapadania się wnęki kawitacyjnej.

Zakres tematyczny Rozdziału 4 odpowiada zakresowi zadania jednostkowego nr 3 (strona 22). Szczegóły badań opisywanych w Rozdziale 4 dostępne są w artykule nr VII.

W Rozdziale 5 przedstawiono badania laboratoryjne z użyciem hydropłata Clark Y jako obiektu badawczego, odpowiadający mu model symulacyjny oraz plan eksperymentu. Zasadnicze symulacje numeryczne poprzedza test siatki. Następnie przedstawiono takie zagadnienia jak: badanie rozkładu ciśnień, analiza częstotliwości generowania wirów, badanie drgań, wizualizacja przepływu oraz efekt morfologiczny wtrysku powietrza. Końcowa część rozdziału zawiera dyskusję dotyczącą struktury przepływu kawitacyjnego na hydropłacie.

Zakres tematyczny Rozdziału 5 odpowiada zakresowi zadania jednostkowego nr 4 (strona 22). Szczegóły badań opisywanych w tym dostępne są w artykule nr VIII oraz IX.

Rozdział 6 stanowi uzupełnienie zasadniczej części pracy. Autor przedstawia używane w badaniach eksperymentalnych stanowisko laboratoryjne, przy czym nie zamieszcza wyników, gdyż były one prezentowane i omawiane wcześniej, ale koncentruje się na opisie elementów stanowiska, jego parametrach pracy, procedurze wykonywania badań oraz na układach pomiarowych i dokładnościach zastosowanych mierników. Autor podkreśla rolę aplikacji LabView, użytej podczas badań w trzech różnych kontekstach, w tym do opracowania wizualizacji przepływu kawitacyjnego.

Krótki opis artykułów z cyklu:

- **P2**: Artykuł dotyczy numerycznych oraz eksperymentalnych badań kawitacji na hydropłacie Clark Y. Ogólnym celem pracy była ocena różnych modeli kawitacji pod względem ich przydatności do modelowania trójfazowego, niestacjonarnego przepływu kawitacyjnego. Na podstawie badań wytypowano najbardziej obiecujący model kawitacji (ZGB), stosowany później w kolejnych badaniach.
- **P1**: Artykuł przedstawia numeryczne oraz eksperymentalne badania przepływu kawitacyjnego na hydropłacie Clark Y. Skupiono się na jednym, wcześniej wytypowanym modelu kawitacji i analizowano struktury przepływu oraz dynamikę zjawisk nieustalonej kawitacji dla różnych liczb kawitacyjnych i różnych zawartości powietrza w wodzie. Ważnym aspektem badań była analiza wahań ciśnienia wylotowego oraz drgań i poszukiwanie charakterystycznych częstotliwości przepływu kawitacyjnego.
- **P3**: Artykuł ma zbliżony charakter to pracy **P1**, ale tym razem badania wykonano w kontekście zwężki Venturiego. Badania eksperymentalne wykonano dla trzech liczb kawitacyjnych i dwóch zawartości powietrza. W badaniach numerycznych skupiono się na aspektach związanych z turbulencją. Ważnym aspektem jest modyfikacja sposobu obliczania lepkości turbulentnej. Podczas analizy danych wykorzystano techniki takie jak Szybka Transformata Fouriera, Ciągła Transformata Falkowa, Gęstość Widmowa Mocy, rozkład szarości czasowej/przestrzennej oraz rozkład średniej wartości szarości.

- **P4**: Artykuł stanowi rozszerzenie i uzupełnienie badań opisanych w artykule **P3**. Badania wykonano dla dwóch poziomów zawartości powietrza i pięciu liczb kawitacyjnych. Poszczególne wątki obejmowały: analizę FFT w celu wykrycia głównej częstotliwości zrzucania struktur kawitacyjnych, analizę fluktuacji ciśnień, analizę wibracji, wizualizację ewolucji struktur kawitacyjnych oraz analizę wpływu powietrza na tzw. strumień powrotny.
- **P5**: Artykuł dotyczy badań kawitacji na hydropłacie Clark Y i jest kontynuacją wątku dotyczącego sposobu definiowania lepkości turbulentnej. W pracy przeanalizowano trzy warianty obliczania tego parametru: standardowy, DCM i FBM. W trakcie dyskusji odniesiono się do eksperymentów, zarówno z literatury, jak i własnych.
- **P6**: Artykuł jest zbliżony do pracy **P5** i stanowi jej uzupełnienie. W artykule zaproponowano jeszcze jeden sposób obliczania lepkości turbulentnej (FBDCM). Autorzy wykazali, że zależnie od kontekstu badań, najlepsze dopasowanie między eksperymentem a modelem uzyskuje się dla wariantów FBDCM oraz CDM.
- **P7**: Artykuł przedstawia dyskusję dotyczącą podejścia do modelowania układów wielofazowych w przepływach z kawitacją. Jest to niejako powrót do tematyki rozpoczętej w pracy **P2**, ale tym razem Autorzy nie ograniczają się do testowania istniejących modeli kawitacji, ale proponują i testują własne koncepcje. Autorzy wprowadzają modyfikacje do równania RP oraz proponują nową postać członów źródłowych modelu kawitacji ZGB. Po zaimplementowaniu modelu w programie ANSYS Fluent, Autorzy wykonują symulacje numeryczne i porównują uzyskane wyniki z wynikami własnych badań eksperymentalnych. Autorzy stwierdzają, że zastosowanie nowego modelu kawitacji prowadzi do większej niż do tej pory zgodności między wynikami badań symulacyjnych i eksperymentalnych. Artykuł **P7** stanowi podsumowanie etapu związanego z rozpoznawaniem zjawiska kawitacji oraz jego modelowaniem numerycznym.
- **P8**: Praca przedstawia badania eksperymentalne dotyczące wpływu powietrza na charakter przepływu kawitacyjnego na hydropłacie Clark Y. Podczas analiz brano pod uwagę trzy liczby kawitacyjne, pięć natężeń wtrysku powietrza oraz dwa miejsca wtrysku powietrza.
- **P9**: Artykuł przedstawia eksperymentalne i numeryczne badania kawitacji na hydropłacie Clark Y w warunkach przepływu naturalnego i wentylowanego. W zakresie eksperymentu praca jest zbliżona do **P8**. W części numerycznej wykorzystywany jest model opisany w artykule **P7**. Artykuł stanowi podsumowanie całego cyklu i przedstawia przykład praktycznego zastosowania nowo opracowanego modelu kawitacji.

Artykuły wchodzące w skład cyklu stanowiącego podstawę do ubiegania się o stopień doktora są wysokiej jakości. Daje się zauważyć doświadczenie, wiedzę i umiejętności oraz profesjonalizm Autorów. Dobór technik i metod badawczych oraz poziom dyskusji są stosowne do renomy czasopism, w których prace te zostały opublikowane. Niemniej jednak należy mieć na uwadze fakt, że artykuły wchodzące w skład ocenianego cyklu publikacji są efektem pracy zespołu badawczego, a nie wyłącznie Kandydata. W związku z tym trudno precyzyjnie ocenić Jego wkład indywidualny w powstanie poszczególnych artykułów. Zamieszczony w rozprawie opis udziału autorów jest dość ogólny i nie pozwala dokładnie ustalić, które narzędzia i techniki Kandydat opanował osobiście, a które nie. W tym kontekście odczuwa się pewien niedosyt informacji.

Tytuł rozprawy dobrze pasuje do jej zawartości.

6. Informacje dotyczące praktycznego zastosowania uzyskanych wyników

Przedstawione w rozprawie badania mają charakter podstawowy, przez co ich efekty mogą mieć znaczenie w wielu różnych obszarach nauki czy inżynierii. Uzyskane przez Autora wyniki wskazują, że obecne podejście do modelowania zjawiska kawitacji, przynajmniej to stosowane w komercyjnym oprogramowaniu firmy ANSYS, nie jest wystarczające i wymaga dalszego rozwoju.

Wykorzystanie w badaniach symulacyjnych programu ANSYS Fluent, jednego z najpopularniejszych środowisk modelowania inżynierskiego na świecie, świadczy o praktycznym tle opisanych w rozprawie badań. Każdy zainteresowany czytelnik będzie mógł skorzystać z informacji, wskazówek i pomysłów zawartych w przedstawionym do oceny cyklu artykułów i na ich bazie tworzyć i dalej rozwijać kolejne, coraz doskonalsze modele kawitacji.

7. Informacje o ewentualnych nieprawidłowościach, które pojawiły się w ocenianej rozprawie doktorskiej

Przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska jest wysokiej jakości, zarówno pod względem merytorycznym jak i edytorskim. Daje się zauważyć spójność i logiczność wszystkich działań oraz przejrzystość opisów. Uwagę zwraca wysoka estetyka pracy, szczególnie rysunków.

Pod względem edytorskim, w pracy można doszukać się kilku drobnych niedoskonałości:

- wstawienie cytowania w nagłówku podrozdziału (o czym była już mowa);
- używanie dwukropka na końcu podrozdziału (strona 29, 32, 38, 44, 52); dwukropek daje się zazwyczaj na początku listy numerowanej lub punktowanej;
- występujący na początku rozprawy błędny nagłówek strony, zawierający kilka liczb rzymskich zamiast arabskie numery stron.

Pewną nieprawidłowością w dokumentacji jest brak oświadczeń współautorów publikacji numer II, IV oraz VI (w pozostałych przypadkach wkład autorów jest podany w publikacji). Autor określa co prawda swój udział, w sekcji „CRediT Authorship Contribution Statement", ale nie jest on potwierdzony przez współautorów.

8. Ocena, czy rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego

Eksperymentalne i numeryczne badania zjawiska kawitacji prowadzone są od lat w wielu ośrodkach naukowych i jako takie nie stanowią nowości. Używane przez Autora oprogramowanie czy narzędzia i techniki służące obróbce danych również są dość standardowe. Niemniej jednak, za oryginalne uważam:

- nowe, wysokiej jakości dane eksperymentalne, uzyskane na profesjonalnym (ale istniejącym wcześniej) stanowisku laboratoryjnym;
- modyfikację równania RP i badania porównawcze wersji oryginalnej i zmodyfikowanej;
- modyfikację modelu kawitacji ZGB;

- dyskusje dotyczące istotności podejścia do modelowania turbulencji w przepływie kawitacyjnym oraz badania odnoszące się do 4 wariantów wyznaczania lepkości turbulentnej;
- wyniki i dyskusje odnoszące się do ewolucji struktur kawitacyjnych powstających na hydropłacie Clark Y oraz w zwężce Venturiego, zarówno w kontekście przepływu naturalnego, jak i wentylowanego.

9. Ocena, czy rozprawa prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej

Przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska świadczy o dużej wiedzy, znacznych umiejętnościach praktycznych oraz profesjonalizmie Kandydata. Biorę tu pod uwagę:

- przejrzystość i spójność logiczną opisów, świadczącą o dobrym zrozumieniu wszystkich działań jednostkowych i relacji między nimi;
- umiejętność wyważania treści i przedstawiania ich w sposób zwięzły i zrozumiały;
- wysoką jakość merytoryczną zawartych w rozprawie dyskusji naukowych;
- umiejętność przygotowywania publikacji naukowych;
- wysoką jakość i renomę czasopism, w których publikowane były poszczególne artykuły z cyklu będącego podstawą o ubieganie się o stopień doktora;
- profesjonalizm wykonania takich elementów jak spis bibliograficzny czy opis udziałów autorów, wykonany w standardzie CrediT;
- dobrą znajomość oprogramowania ANSYS, w tym umiejętność korzystania w module Fluent z tzw. User-Defined Functions;
- swobodę w planowaniu i prowadzeniu badań eksperymentalnych;
- umiejętność obsługi różnorodnego sprzętu pomiarowego;
- dobrą znajomość środowiska LabView;
- opanowanie i stosowanie wielu różnorodnych technik badawczych oraz narzędzi służących do analizy i obróbki danych.

Bardziej szczegółową ocenę wiedzy i umiejętności Kandydata można by wykonać mając dokładniejsze informacje o Jego wkładzie w powstanie każdej publikacji, o czym była już w recenzji mowa. Niemniej jednak, biorąc pod uwagę sumaryczną liczbę autorów, deklarowany przez Autora udział procentowy w powstanie poszczególnych artykułów jest relatywnie wysoki. W przypadku 7 prac Kandydat jest pierwszym autorem. W większości prac jest również jedynym autorem korespondencyjnym.

10. Opinia końcowa

Podsumowując przedstawioną mi do recenzji rozprawę doktorską Pana mgr. inż. Emad Hasani Malekshah zatytułowana „Numerical and experimental research on the influence of air on the cavitation dynamics", stwierdzam, że w mojej opinii:

- uzyskane przez Doktoranta wyniki posiadają wartość poznawczą i wnoszą oryginalne elementy do badań eksperymentalnych oraz numerycznych zjawiska kawitacji, zarówno w kontekście przepływu naturalnego, jak i wentylowanego;
- tematyka badawcza lokuje się w zakresie dyscypliny naukowej **Inżynieria Środowiska Górnictwo i Energetyka**;
- materiał przedstawiony w rozprawie świadczy o dobrym przygotowaniu teoretycznym Kandydata, a także wskazuje na Jego duże umiejętności praktyczne, zarówno w zakresie prowadzenia badań eksperymentalnych, jak i symulacyjnych;
- Doktorant jest gotowy do prowadzenia samodzielnych badań naukowych w przyszłości.

Wobec powyższego stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Emad Hasani Malekshah zatytułowana „Numerical and experimental research on the influence of air on the cavitation dynamics" spełnia wymagania w sensie Art. 187. Ustawy z dnia 20 lipca 2018 o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z dn. 20.04.2023 r. poz. 742) i **może stanowić podstawę do przeprowadzenia publicznej obrony**.

.....

27 maja 2024