

Warszawa, dn. 04.09.2023

Dr hab. inż. Rafał Laskowski, profesor uczelni
Politechnika Warszawska
Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa
Instytut Techniki Ciepłej
ul. Nowowiejska 21/25, 00-665 Warszawa
e-mail:rafal.laskowski@pw.edu.pl

Recenzja Rozprawy Doktorskiej Mgr inż. Mateusza Nowaka

“Reactivity control by the pumping system in the Dual Fluid Reactor”

Recenzja została opracowana na podstawie zlecenia z dnia 10 lipca 2023 przez Narodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) z siedzibą w Otwocku adres: ul. Andrzeja Sołtana 7 reprezentowanego przez dr hab. Anetę Malinowską Sekretarza Naukowego.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została przygotowana pod kierunkiem Prof. dr hab. Konrada Czerskiego i promotora pomocniczego Dr inż. Michała Spirzewskiego.

1. Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Jednym z celów rozprawy doktorskiej jest przeprowadzenie analizy porównawczej (wymiarowej) pomiędzy demonstratorami mikrodemostratorem (μ DEMO) i minidemostratorem (mDEMO) tak żeby można było wykorzystać otrzymane wyniki z mikrodemostratora i zastosować je do minidemostratora poprzez skalowanie. Demonstrator jest obiektem (programem, symulatorem) służącym do analizy parametrów i osiągow reaktora jądrowego typu Dual Fluid Reactor (DFR). W pracy doktorskiej przedstawiono również wyniki z programu Catara-2 dotyczących wpływu prędkości czynnika w pętli paliowej i w pętli chłodziwa na strumień przekazywanego ciepła. Kolejnym zagadnieniem jakie było analizowane w rozprawie doktorskiej była optymalizacja geometrii pompy magnetohydrodynamicznej służącej do pompowania ciekłych metali. Optymalizacji podlegała wysokość, szerokość i długość kanału pompy. Funkcją celu była minimalizacja natężenia prądu.

Rozprawa doktorska została napisana w języku angielskim, zawiera 95 stron i jest podzielona na siedem rozdziałów. Praca zawiera niezbędne elementy takie jak: motywację podjęcia tematu, przegląd literatury, opis przyjętej metodyki modelowania, wyniki i wnioski. W pracy

Rafał Laskowski

znajduje się dodatkowo streszczenie po polsku i angielsku, wykaz oznaczeń, wykaz rysunków i tabel.

W rozdziale pierwszym przedstawiono przegląd literatury na temat Dual Fluid Reactor (DFR) oraz przedstawiono różne typy reaktorów IV generacji. W rozdziale tym przedstawiono również motywacje i cel rozprawy doktorskiej.

W drugim rozdziale została przedstawiona idea reaktora Dual Fluid Reactor (DFR) z uwzględnieniem głównych elementów układu, przedstawiono aspekty bezpieczeństwa reaktorów DFR, zaprezentowano kroki jakie należy wykonać w celu osiągnięcia końcowej konstrukcji DFR, przedstawiono równania Naviera-Stokesa oraz liczby bezwymiarowe jak: liczbę Reynoldsa, Prandtla, Nusselta, które zostały wykorzystane w analizie do skalowania pomiędzy mikrodemonstratorem i minidemonstratorem. W rozdziale tym przedstawiono również ogólną zasadę działania pomp magnetohydrodynamicznych.

W rozdziale trzecim przedstawiono równania Naviera-Stokesa dla przepływu jednofazowego oraz komercyjny program do obliczeń cieplno-przepływowych Cathare-2. W rozdziale tym przedstawiono również Equivalent Circuit Methods w celu wyznaczenia spadków ciśnienia w pętli.

Rozdział czwarty zawiera algorytmy optymalizacyjne (Simulated Annealing Algorithm, Multivariate regression) zastosowane do optymalizacji geometrii pompy magnetohydrodynamicznej.

W rozdziale piątym przedstawiona jest główna analiza, która dotyczy analizy wymiarowej i liczb podobieństwa oraz strumienia przekazywanego ciepła pomiędzy pętlą paliwową i pętlą chłodziwa w funkcji prędkości chłodziwa w DFR.

W rozdziale szóstym przedstawiono optymalizację geometrii pompy magnetohydrodynamicznej. Funkcją celu jest minimalizacja natężenia prądu a wyznaczane są optymalne kształty kanału pompy jak: wysokość, szerokość i długość. W rozdziale tym przedstawiono również zależność natężenia prądu od prędkości paliwa i chłodziwa.

W rozdziale siódmym przedstawiono konkluzje i wnioski.

2. Główne walory rozprawy doktorskiej

Przeprowadzenie analizy wymiarowej pomiędzy demonstratorami mikrodemonstratorem (μ DEMO) i minidemonstratorem (mDEMO).

Przeprowadzenie obliczeń cieplno-przepływowych w programie Cathare 2 dla pętli paliwowej i pętli chłodziwa.

Przeprowadzenie optymalizacji geometrii (wysokości, szerokości i długości kanału) pompy magnetohydrodynamicznej.

Zastosowanie kilku zaawansowanych metod obliczeniowych w tym optymalizacyjnych (Simulated Annealing Algorithm, Multivariate regression).

Rafal Lak

Prezentacja wyników, które można wykorzystać do projektu pompy magnetohydrodynamicznej.

3. Uwagi szczegółowe do rozprawy doktorskiej

Z analizy rozprawy doktorskiej wynikają następujące uwagi szczegółowe:

Jak jest wyliczany IROI factor? Co oznacza skrót IROI? (strona 22).

Jak jest definiowany Critical flow na rysunku 2.6, strona 32? Czy ten obszar nie powinien być nazwany jako przejściowy. Czym charakteryzuje się Critical flow?

Jakie jednostki mają stałe współczynniki w zależności (6.4)?

Czemu przekazywany strumień ciepła jest przedstawiany w jednostkach W/m^2 a nie np. w W ? Jakiej powierzchni dotyczą obliczenia? (rysunek 5.6, rysunek 5.10, rysunek 5.11).

Czym można wytłumaczyć odsunięcie się jednego z czerwonych punktów od krzywej aproksymacyjnej? Rysunek 6.4, strona 73.

Jaka jest funkcja Pyroprocessing Unit (PPU) (rysunek 2, strona 28)?

Jaka jest funkcja wymiennika Residual Heat Storage (rysunek 2, strona 28)?

We wnioskach jak również w tabeli 6.2 pojawia się wielkość "pump channel height reaches a value of 1 mm". Czy to są wielkości wyliczone przez Doktoranta, czy zaczerpnięte z literatury? Jak będzie wyglądać praca pompy magnetohydrodynamicznej przy wysokości kanału 1mm. Czy w ogóle będzie możliwa?

Na podstawie przeprowadzonej analizy, jakie powinny zostać przyjęte wymiary (wysokości, szerokości i długości kanału) pompy magnetohydrodynamicznej dla minidemonstratora i demonstratora?

Tytuł pracy to "Reactivity control by the pumping system in the Dual Fluid Reactor" natomiast w pracy recenzent nie zauważył żadnych rysunków przedstawiających zmiany reaktywności (Reactivity).

4. Uwagi redakcyjne

Rozprawa doktorska jest sformatowana poprawnie. Poniżej przedstawiam drobne sugestie redakcyjne.

Strona 22, Tabela 1.1, power density jednostki w tabeli W/cm^3 i W/cm dla MSR, SFR i LFR.

Strona 24, rysunek 1.6 – brak kropki na końcu opisu pod rysunkiem, podobnie strona 28, rysunek 2.3, strona 36, rysunki 2.8 i 2.9, strona 38, rysunek 2.10, strona 43, rysunek 3.1, strona 44, rysunek 3.3, strona 55, rysunek 5.1, strona 58, rysunek 5.3, rysunek 5.6, rysunek 5.7, rysunek 5.8, rysunek 5.10, rysunek 5.12.

Strona 32 mDEMOand powinna być spacja przed and.

Strona 32 L – the characteristical length – powinno być raczej characteristical dimensions, podobnie strona 57.

Robert Luk

Strona 37 i 38, na rysunku jest wall thickness oznaczona jako t_h a w opisie na stronie 37 jako d .

Strona 40 regression) – nawias wydaje się niepotrzebny.

Strona 45and The last term....- chyba the.

Strona 50 -variable. can be used for . – chyba bez kropki przed can.

Strona 58 – podpis pod rysunkiem μ DEMOand - powinna być spacja przed and.

Strona 59 – analyzing the table – chyba Analyzing.

Strona 50 – brak podpisu pod rysunkiem.

Strona 70 – w tabeli 6.1 powinny być widoczne jednostki przedstawionych wielkości, co ułatwiłoby interpretację wyników, podobnie tabela 6.2, tabela 6.4 i 6.5, tabela 6.6.

Strona 87 - Analysis Center.... – powinna być jedna kropka.

5. Uwagi końcowe

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Mateusza Nowaka dotyczy interesujących zagadnień związanych z Dual Fluid Reactor (DFR), który należy do przyszłościowej IV generacji reaktorów. Cel pracy jest jasno sformułowany w podrozdziale 1.2 a metody badawcze zastosowane do realizacji celu pracy zostały dobrze dobrane i zastosowane. Rozprawa doktorska jest poprawnie podzielona na rozdziały.

Rozprawa doktorska pod tytułem „Reactivity control by the pumping system in the Dual Fluid Reactor” stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego a Pan mgr inż. Mateusz Nowak wykazał się znaczącą wiedzą teoretyczną i umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Autor wykazał się wiedzą teoretyczną i praktyczną w zakresie ciepłno-przepływowych analiz w programie Cathare-2, analizy wymiarowej i analizy optymalizacyjnej.

Biorąc pod uwagę wszystkie aspekty przedstawione w recenzji rozprawy doktorskiej stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska spełnia wymagania, jakie Ustawa z dnia 20 lipca 2018 Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce w dziedzinie nauk inżyneryjno-technicznych w dyscyplinie Fizyka stawia rozprawie doktorskiej.

Wobec powyższego wnioskuję o jej przyjęcie jako rozprawy doktorskiej i o dopuszczenie do jej publicznej obrony.



Dr hab. inż. Rafał Laskowski, profesor uczelni