

Warszawa, dn. 29.08.2023

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. Hishama Lotfy Elgendy

“CFD modeling of dual fluid reactor (DFR) demonstrator”

Recenzja została opracowana na zlecenie Narodowego 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

Celem rozprawy jest numeryczna analiza cieplno-przepływowa reaktora Dual Fluid Reactor (DFR), który został zamodelowany jako wymiennik współ- i przeciwpłdowy w programie Ansys Fluent. Reaktor DFR należy do przyszłościowej IV generacji reaktorów a jedną z jego charakterystycznych cech jest płynne paliwo, które przepływa przez rdzeń reaktora. Na podstawie wyników z programu Ansys Fluent przedstawiono szereg rozkładów pól temperatur, prędkości i lepkości dla płynnego paliwa i chłodziwa. Wybór tematu na rozprawę doktorską należy uznać za uzasadniony, ponieważ dotyczy przyszłościowych rozwiązań dla reaktorów jądrowych, możliwości szerszego zastosowania energetyki jądrowej do generacji ciepła i energii elektrycznej oraz zawiera elementy poznawcze.

Rozprawa doktorska została napisana w języku angielskim, zawiera 125 stron i jest podzielona na sześć rozdziałów. Praca zawiera niezbędne elementy takie jak: motywację podjęcia tematu, przegląd literatury, opis przyjętej metodyki modelowania, wyniki i wnioski. W pracy znajduje się dodatkowo streszczenie po polsku i angielsku, wykaz oznaczeń, wykaz rysunków i tabel.

W rozdziale pierwszy rozprawy doktorskiej została przedstawiona motywacja i cele pracy. W rozdziale tym przedstawiono również reaktory IV generacji ze szczególnym uwzględnieniem sposobu działania i struktury Dual Fluid Reactor (DFR).

W rozdziale drugim przedstawiono DFR mini demonstrator z elementami składowymi w szczególności z opisem rdzenia reaktora i sposobem funkcjonowania reaktora. W rozdziale tym podano też dane geometryczne dla rdzenia reaktora DFR.

W trzecim rozdziale przedstawiono możliwości oprogramowania CFD do modelowania analizowanych zjawisk w rozprawie doktorskiej. W rozdziale tym omówiono równania Navier'a-Stocksa i opisano modele turbulencji.

Czwarty rozdział dotyczy walidacji modelu i wyboru odpowiedniej zależności na liczbę Prandtla i odpowiedniego modelu turbulencji.

Rozdział piąty dotyczy modelowania rdzenia reaktora DFR w programie Ansys Fluent. W rozdziale tym przedstawiono przyjętą siatkę numeryczną, warunki brzegowe, własności materiałów oraz wyniki obliczeń dla reaktora DFR modelowanego jako wymiennik współprądowy lub przeciwprądowy. W rozdziale tym przedstawiono szereg rozkładów temperatur, prędkości i lepkości dla płynnego paliwa i chłodziwa głównie w dwóch i trzech wymiarach. W rozdziale piątym przedstawiono również sposoby pomiaru temperatury i prędkości łącznie z proponowanym usytuowaniem czujników pomiarowych. Dodanie rozdziału w rozprawie doktorskiej dotyczącego pomiarów sugeruje, że Doktorant zamierza kontynuować badania nad tym typer reaktora i zbudować stanowisko eksperymentalne.

W szóstym rozdziale podsumowano otrzymane wyniki.

2. Główne walory rozprawy doktorskiej

Analiza numeryczna cieplno-przepływowa przyszłościowego reaktora IV generacji.

Aspekty poznawcze działania instalacji.

Otrzymanie wyników: rozkładu temperatur, prędkości i lepkości w 2D i 3D dla rdzenia reaktora DFR (w tym rysunki 32, 38, 48, 49).

Są to wyniki, które można wykorzystać do ulepszenia konstrukcji reaktora DFR.

3. Uwagi szczegółowe do rozprawy doktorskiej

Z analizy rozprawy doktorskiej wynikają następujące uwagi szczegółowe:

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

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

Although the fuel circulation can possibly be only by natural convection – czy Doktorant mógłby wyjaśnić to zjawisko w odniesieniu do stopionego paliwa?

W rozdziale 3.34.1. zostały przedstawione równania dla modelu turbulencji K- ω SST oraz tabela 3 ze współczynnikami. W przedstawionych zależnościach(3.3.5-3.312, strony 46, 47) nie widać np. współczynników α_1 , α_2 , β_2 , σ_{k1} , σ_{k2} . Czy to oznacza, że został przedstawiony niepełny zestaw równań?

Jak można wytłumaczyć znacznie mniejszy strumień przekazywanego ciepła w rurach 1,2,3,i 4 w stosunku do znacznie większego strumienia przekazywanego w rurach 5 i 6 (rysunek 38, strona 79)?

Chociaż rury 5, 7 i 6 są na tym samym poziomie. To w rurze 7 jest znacznie mniejszy przekazywany strumień ciepła niż w rurach 5 i 6 (rysunek 38, strona 79). Jak można to wytłumaczyć?

Czy w obliczeniach były uwzględniane spadki ciśnień od strony płynnego paliwa i chłodziwa?

Jakiego rzędu są efektywności wymiennika współprądowego i przeciwprądowego ε (rysunek 44, strona 84 i rysunek 63, strona 104).

Czy na podstawie przeprowadzonej analizy można wyciągnąć wnioski na temat długości (wysokości) rdzenia reaktora DFR, czy powinna ulec modyfikacji (rysunek 44, strona 84 i rysunek 63, strona 104)?

Jak Doktorant rozumie pojęcie heat exchanger efficiency (brak w pracy definicji), o którym jest mowa we wnioskach (strona 119 i 120)?

Jaka konfiguracja rdzenia zostanie przyjęta współprądowa, czy przeciwprądowa do dalszych badań i przy budowie stanowiska eksperymentalnego?

4. Uwagi redakcyjne

Rozprawa doktorska jest sformatowana poprawnie. Poniżej przedstawiam swoje drobne uwagi redakcyjne.

Rysunek 2 jest na stronie 28 a podpis pod rysunkiem na stronie 29

Strona 51 brak kropki na końcu zdaniamade by Kays [46]

Strona 54 brak : przy Figure 15

W opisie pod rysunkami na końcu raz jest a raz nie ma kropki, przykład rysunki 17 i 18

Strona 60 tytuł podrozdziału 5.1 Case set up. Kropka na końcu tytułu podrozdziału wydaje się niepotrzebna.

Strona 63 brak kropki na końcu zdania przed tabelą 4, podobnie na stronie 64 przed tabelą 5.i na stronie 65.

Strona 74between 837 k, powinno być 837 K

Strona 78core zone. shows the heat.....- wydaje się, że kropka jest niepotrzebna.

Strona 79 brak kropki dla ostatniego zdania na stronie.

Strona 83, może warto było dodać jednostki na rysunku 43 dla Line length, podobnie dla rysunku 55.

Strona 88 – brak kropki na końcu zdaniain each pipe.

Strona 100- rysunek 59 mógłby być większy, co zwiększyło by jego czytelność.

Strona 116 Figure 70; powinno być Figure 70:

5. Uwagi końcowe

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Hishama Lotfy Elgandy dotyczy interesującego zagadnienia jakim jest modelowanie numeryczne cieplno-przepływowe reaktora Dual Fluid Reactor (DFR), który należy do przyszłościowej IV generacji reaktorów. Cel pracy jest jasno sformułowany a metody badawcze zastosowane do realizacji celu pracy zostały dobrze dobrane i zastosowane. Rozprawa doktorska jest poprawnie podzielona na rozdziały.

Rozprawa doktorska pod tytułem „CFD modeling of dual fluid reactor (DFR) demonstrator” stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego a Pan mgr inż. Hishama Lotfy Elgandy wykazał się znaczącą wiedzą teoretyczną i umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Autor wykazał się wiedzą teoretyczną i praktyczną w zakresie modelowania zjawisk cieplno-przepływowych w programie Ansys Fluent.

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 ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne 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