



Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Techniki Ciepłej

Prof. dr hab. inż.
Wojciech Adamczyk

Gliwice, 9.09.2024 r.

Recenzja

Podstawą do opracowania recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Leny Caban, zatytułowanej „Development of an approximate deconvolution method for modelling non-reactive and reactive turbulent flows” było pismo Dziekan Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Informatyki prof. dr hab. inż. Małgorzaty Klimek. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Artur Tyliszczak, natomiast promotorem pomocniczym jest dr inż. Agnieszka Wawrzak.

Ocena celowości podjętej tematyki

Treść pracy doktorskiej jest zgodna z tytułem i obejmuje badania modelowe (numeryczne) odnoszące się do procesu spalania turbulentnego z wykorzystaniem podejścia łączącego metodę dużych wirów (ang. Large-Eddy Simulation - LES) oraz metody przybliżonej dekonwolucji (ang. approximate deconvolution method - ADM). Celem naukowym niniejszej pracy jest opracowanie i weryfikacja podejścia LES - ADM służącego do rekonstrukcji małych skal niereaktywnych i reaktywnych przepływów turbulentnych przy użyciu metod numerycznych wyższego rzędu.

W pracy opracowana została metodologia pozwalająca na odtworzenie małych skal przepływu w pobliżu tak zwanej częstotliwości odcięcia, które są tłumione z wykorzystaniem filtrów jawnych oraz indukowanych. Zadanie to nie było zadaniem trywialnym, głównie pod względem matematycznym i programistycznym. Wymagało to od Kandydatki ugruntowania obszernej wiedzy z zakresu modelowania turbulencji, nie tylko w ujęciu modelowania propagacji wirów ale również oddziaływania przepływu turbulentnego na intensyfikację procesu spalania.

Dokładność opracowanego podejścia hybrydowego łączącego metodę LES oraz technikę ADM została przeanalizowana w oparciu o wyniki symulacji obejmujące model niereaktywnej jednorodnej turbulencji izotropowej i przepływu Taylora-Greena. Ponadto działanie procedury ADM przeanalizowano wykorzystując zjawisko niestabilnego spalania (samozapłonu oraz rozprzestrzeniania się płomienia) w wymuszonym jednorodnym izotropowym przepływie turbulentnym i ewoluującej turbulentnej strudze. Ważnym elementem poruszonym przez Kandydatkę była także analiza interpretacji fizycznej implementowanego podejścia do otwartego kodu

Politechnika Śląska

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Techniki Ciepłej

ul. Konarskiego 22, pok. 212, 44-100 Gliwice
+48 32 237 23 78 Wojciech.Adamczyk@polsl.pl



Politechnika
Śląska



Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Techniki Ciepłej

Prof. dr hab. inż.
Wojciech Adamczyk

SAILOR. W pracy analizowano czy zastosowana metodologia nie narusza fizyki przepływu, poprzez odtwarzanie brakujących informacji na podstawie aproksymacji z wykorzystaniem rozwinięcia analizowanych wielkości skalarnych w szereg potęgowy wcześniej założonego filtru.

Wyniki uzyskane poprzez wdrożenie kombinowanego podejścia LES oraz ADM porównane zostały z wynikami uzyskanymi przy wykorzystaniu znanych modeli podsiatkowych LES (modele lepkości wirowej i podobieństwa) oraz złożonego modelu spalania (Eulerian stochastic fields). Należy tutaj wspomnieć że wyniki uzyskanych symulacji zestawiono także w rezultatami uzyskanymi przy zastosowaniu podejścia direct numerical simulation (DNS).

Nowość wykonanych badań polegała na:

1. rozwoju schematów różnic kompaktowych wyższego rzędu, które osiągają nie tylko rozdzielczość widmową, dla której te schematy są znane, ale także szybkość zbieżności widmowej błędu dyskretyzacji;
2. kompleksowej analizie metody ADM, wspartej wyrafinowanymi przypadkami testowymi;
3. przeprowadzaniu symulacji silnie niestacjonarnych zjawisk w przepływach turbulentnych, od przejścia laminarno-turbulentnego w izotermicznych przepływach nieściśliwych do zjawisk samozapłonu i rozprzestrzeniania się płomienia w przepływach reaktywnych.

Biorąc pod uwagę powyższe uważam, że tematyka rozprawy doktorskiej została wybrana prawidłowo, a całość podjętej pracy uwarunkowana była nie tylko potrzebami naukowo-badawczymi, ale przede wszystkim jej potencjalnymi efektami praktycznymi.

Ocena rozprawy

Praca doktorska została podzielona na 8 głównych rozdziałów. W recenzji skoncentruję się na omówieniu metodologii podjętej przez Autorkę, w celu osiągnięcia zdefiniowanego celu pracy. Uważam, iż zaproponowany przez Autorkę podział dysertacji jest poprawny, choć rozdział 4 powinien być zorganizowany troszkę inaczej, o czym wspominałem w dalszej części recenzji.

Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Techniki Ciepłej

ul. Konarskiego 22, pok. 212, 44-100 Gliwice
+48 32 237 23 78 Wojciech.Adamczyk@polsl.pl

W rozdziale drugim oraz trzecim, główna uwaga Kandydatki skierowana była na przybliżenie podstawowych zagadnień matematycznych oraz stosowanych w pracy podejść. Uważam, że Pani Caban w pełni wyczerpała tematykę, a dzięki temu zebrane informacje stanowią cenne kompendium wiedzy w zakresie modelowania przepływów turbulentnych.

W rozdziale 4 Autorka opisuje poszczególne własności metody ADM. Rozdział ten jest dość rozbudowany, dlatego wydaje mi się zasadne aby na wstępie pojawiał się krótki przewodnik o kolejnych elementach tego rozdziału, co ułatwiłoby jego lekturę. Rozdział ten obejmuje rozbudowany opis aparatu matematycznego wraz z przykładami pozwalającymi na wizualizację działania poszczególnych filtrów lub funkcji. Ze względu na strukturę rozdziału oraz liczbę symboli warto by było przy tych ważniejszych równaniach wprowadzić opis symboli. Bardzo wartościowym elementem pracy jest wprowadzenie podsumowania po zakończeniu krytycznych elementów prezentowanej metody.

Wydaje mi się że zasadne byłoby wydzielenie z rozdziału 4 podsekcji 4.1.3, która to jest kluczowa pod względem wykorzystania metody ADM w ujęciu LES. Oczywiście w takiej sytuacji należało by rozważyć rozbudowanie tej części lub jej zespolenie z przykładami prezentowanymi w kolejnych rozdziałach. Analizując treść pracy uważam, że Załącznik B wraz z sekcją 4.1.3 powinien stanowić jeden spójny rozdział.

Rozdziały 5 i 6 odnoszą się do analizy możliwości wykorzystania zastosowanej metodologii do modelowania zjawisk turbulentnych w ujęciu 2D oraz 3D. W przypadku podejścia 2D wyniki uzyskane dla jednorodnego izotropowego przepływu turbulentnego zostały porównane z wynikami uzyskanymi podejściem DNS, a także z rozwiązaniami uzyskanymi przy użyciu modelu Smagorinsky'ego i podejścia uproszczonego.

Rolą metody ADM było odtworzenie skal podfiltrów i wykorzystanie odtworzonych zmiennych do wyrażenia podsiatkowego tensora naprężeń płynu.

Autorka pracy wskazuje, iż zastosowanie filtra pozwalającego na jednoczesną dyskretyzację wszystkich członów równań Naviera-Stokesa, nie może być zdefiniowane w sposób jawny. W związku z tym nie można jednoznacznie wskazać, który filtr należy zastosować w przypadku konkretnego algorytmu rozwiązania. Pojawia się tutaj pytanie,

w jaki sposób należy wybrać dane podejść oraz jakimi wskazówkami należy się kierować przy wyborze właściwego filtru.

W kolejnym rozdziale Autorka przedstawia wykorzystanie wcześniej wspomnianego podejść do modelowania przepływu trójwymiarowego. Na podstawie przeprowadzonych analiz, porównując wyniki uzyskane z wykorzystaniem autorskiego kodu SAILOR rozbudowanego o dodatkowe metody, w tym ADM z danymi literaturowymi oraz wynikami DNS stwierdzono, że modelując izotropowy przepływ turbulentny (ang. homogeneous isotropic turbulence – HIT) prawie wszystkie modele SGS pozwalają na uzyskanie porównywalnych wyników. Dodatkowo wykazano, że w przypadku przewidywania niektórych wielkości, jak np. skośność czy kurtozę prędkości z wykorzystaniem algorytmu ADM przy użyciu filtrów wyższego rzędu użykuje się porównywalne wyniki do tych uzyskiwanych innymi modelami.

Na podstawie przeprowadzonych analiz wykazano, że metoda interpolacji nie ma aż tak dużego wpływu na dokładność rozwiązania, jak w przypadku modelowania przejścia laminarno-turbulentnego, rozważanego w poprzedniej sekcji. **Moim zadaniem, tutaj przydała by się szersza dyskusja nad tym dlaczego tak właśnie jest, co wpływa na takie zachowanie modelu.**

W ramach wykonanych obliczeń sprawdzono dokładność procedury ADM w przypadku modelowania procesu spalania w przepływie turbulentnym. Wyniki wykonanych testów potwierdziły, że w przypadku złego wyboru funkcji filtrującej w podejściu ADM może prowadzić do dużych niestabilności w rozwiązaniu. **Pojawia się tutaj pytanie jakim zasadami należy się kierować przy dobrze funkcji oraz określeniu ilości iteracji wykorzystywanych przez odwrotną procedurę całkowania funkcji otrzymanej jako iloczyn dwóch funkcji.**

Oryginalność i główne walory rozprawy

Zwartych w tekście recenzji uwagi nie należy odczytywać jako zarzutów. Analizując pracę chciałbym zwrócić uwagę na fakt dużej wartości badawczej prezentowanych wyników. Praca stanowi przemyślaną całość odnosząc się w poszczególnych rozdziałach do wskazanego celu badawczego. Recenzowana praca wnosi wiele elementów nowości naukowej w części obliczeniowej dla podjętego tematu badawczego.

Analiza uzyskanych przez Doktorantkę wyników wnosi wiele wartościowych informacji, zarówno możliwych do dalszego wykorzystania w pracach naukowych. Zakres



Politechnika
Śląska



UCZELNIA
BADAWCZA
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Techniki Ciepłej

Prof. dr hab. inż.
Wojciech Adamczyk

zrealizowanej pracy stanowi oryginalny dorobek Doktorantki, który bez wątpienia jest wartościowy pod względem naukowym i praktycznym.

Uzyskany w trakcie realizacji pracy materiał jest bardzo interesujący i z pewnością wart jest dalszej popularyzacji poprzez publikacje oraz konferencje naukowe. **Należy tutaj podkreślić, że Doktorantka jest już współautorką kilku publikacji naukowych w wysoko punktowanych czasopismach z listy JCR, co jest niewątpliwym sukcesem.**

Wniosek końcowy

Na podstawie przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej, biorąc pod uwagę przedstawione wcześniej uwagi i spostrzeżenia **stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska przez Panią mgr inż. Lenę Caban pt. „Development of an approximate deconvolution method for modelling non-reactive and reactive turbulent flows” spełnia w całości określone wytyczne z Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.**

Rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, pokazuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki w dyscyplinie naukowej, w której prowadzone jest postępowanie doktorskie, dowodzi także jej umiejętność samodzielnego planowania i prowadzenia badań naukowych.

Wobec powyższych faktów wnoszę do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Częstochowskiej o dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów postępowania doktorskiego.

Ponadto wnoszę do Rady Dyscypliny Naukowej o wyróżnienie przedstawionej do recenzji Rozprawy Doktorskiej Pani mgr inż. Leny Caban. Doktorantka w swojej pracy rozwiązała niezwykle złożony i skomplikowany problem z zakresu modelowania komputerowego. Ponadto jest autorką i współautorką publikacji naukowych z wysokim IF.

Z wyrazami szacunku
Prof. dr hab. inż. Wojciech Adamczyk

Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Techniki Ciepłej

ul. Konarskiego 22, pok. 212, 44-100 Gliwice
+48 32 237 23 78 Wojciech.Adamczyk@polsl.pl



Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Techniki Ciepłej

Prof. dr hab. inż.
Wojciech Adamczyk

Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Techniki Ciepłej
ul. Konarskiego 22, pok. 212, 44-100 Gliwice
+48 32 237 23 78 Wojciech.Adamczyk@polsl.pl