



University of Pittsburgh

Swanson School of Engineering
Department of Mechanical Engineering and Materials Science

648 Benedum Hall
3700 O'Hara Street
Pittsburgh, PA 15261
412-624-9780
Fax: 412-624-4846
www.engr.pitt.edu/mems

August 20, 2020

To Whom It May Concern:

This is a review of the work contained in the thesis entitled, "High Performance 3D Simulator for Large Eddy Simulation of Turbulent Reacting Flows Using Filtered Density Function", submitted by Mr. Inkarbekov Medet. The work has been carried out under the supervision of Prof. Kaltayev Aidarkhan and myself.

In this thesis, the candidate has developed a new computational methodology for large eddy simulation (LES) of turbulent reacting flows using graphic processing units (GPUs). In the LES, the effect of chemical reactions is modelled by the means of the filtered density function (FDF) methodology. The FDF transport equation is solved numerically by a particle based Lagrangian Monte Carlo (MC) method. The base filtered transport equations are solved by a discontinuous Galerkin (DG) method. This hybrid solver is developed in a manner suitable for GPU computing. Computational performance tests show that the GPU algorithm outperforms the sequential CPU algorithm by factors of 156 and 212 times for DG and MC procedures, respectively. The overall capability of the methodology are demonstrated by simulations of 2D/3D temporally developing mixing layer, under both non-reacting and chemically reacting conditions. The consistency and realizability of the simulated results are established and the predictive capability of FDF is demonstrated via comparison with direct numerical simulation (DNS) data. The success of the GPU based DG-MC FDF simulator as demonstrated here escalates LES of turbulent flows to a new level, facilitating efficient simulation of complex turbulent reactive flows.

In summary, this thesis fulfils the requirements for a doctoral dissertation, so I strongly recommend that Mr. Medet Inkarbekov be awarded the degree of Doctor of Philosophy.

Sincerely,

A handwritten signature in blue ink that reads "Peyman Givi".

Peyman Givi, Ph.D.
Distinguished Professor in Swanson School of Engineering
James T. MacLeod Professor of Mechanical and Petroleum Engineering

Питтсбургский университет

*Инженерно-технический факультет
Кафедра машиностроения и материаловедения*

648 Бенедум Холл
3700 О'Хара-Стрит
Питтсбург, Пенсильвания 15261
412-624-9780
Факс: 412-624-4846
www.engr.pitt.edu/mems

20 августа 2020 г.

Для предъявления по месту требования:

Настоящий документ представляет собой обзор диссертации на тему «Высокопроизводительный 3D-симулятор для моделирования турбулентных реагирующих течений методом крупных вихрей с использованием фильтрованной функции плотности», представленной г-ном Медетом Инкарбековым. Работа была выполнена под руководством профессора Айдархана Калтаева, а также моим руководством.

В данной диссертации кандидат разработал новую вычислительную методологию для моделирования крупных вихрей (МКВ) турбулентных реагирующих потоков с использованием графических процессоров (ГПУ). В МКВ влияние химических реакций моделируется при помощи методологии фильтрованной функции плотности (ФФП). Уравнение переноса ФФП решается численно с использованием лагранжевого метода Монте-Карло (МК) на основе частиц. Базисные фильтрованные уравнения переноса решаются при помощи разрывного метода Галеркина (РМГ). Данный гибридный метод решения разработан способом, подходящим для вычислений на ГПУ. Тесты вычислительной производительности показывают, что алгоритм ГПУ превосходит последовательный алгоритм ЦПУ в 156 и 212 раз для процедур РМГ и МК соответственно. Общие возможности методологии демонстрируются путём моделирования 2D/3D временно развивающегося слоя смешения как в нереагирующих, так и в химически реагирующих условиях. Стабильность и осуществимость результатов моделирования установлены, а прогностические возможности ФФП продемонстрированы путём сравнения с данными прямого численного моделирования (ПЧМ). Продемонстрированные здесь положительные результаты симулятора РМГ-МК на базе ГПУ переводят МКВ турбулентных потоков на новый уровень, упрощая эффективное моделирование сложных турбулентных реактивных потоков.

Подводя итог, можно отметить, что данная работа соответствует всем требованиям к докторским диссертациям, поэтому я настоятельно рекомендую присудить г-ну Медету Инкарбекову степень доктора философии.

С уважением,

/подпись/

Пейман Гиви, доктор философии
Заслуженный профессор инженерно-технического факультета
Джеймс Т. Маклеод, профессор машиностроения и технологий нефтегазодобычи

ПРОШИТО И ПРОУМЕРОВАНО
31/10/2018
ТИЛІПЕН ЖӘНЕ НӘЖІП ЛЕНГЕЛ
НОСТОВ
ӨБТ

