Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
с элементами научной школы для молодых ученых

XXXVI СИБИРСКИЙ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ СЕМИНАР,

посвящённый 70-летию академика
Алексеенко Сергея Владимировича

5–7 октября 2020 г.
Новосибирск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Новосибирск 2020

УДК 532:533:534:535:536:537

Сборник содержит доклады Всероссийской конференции с элементами научной школы для молодых учёных XXXVI «Сибирский теплофизический семинар», посвящённой70-летию академика Алексеенко Сергея Владимировича, которая проводилась 5–7 октября 2020 года в Новосибирске. В сборнике представлены доклады по направлениям: турбулентные течения в однофазных средах, интенсификация теплообмена, процессы переноса при физико-химических превращениях, включая горение, гидродинамика, тепломассообмен и волновые процессы в многофазных средах, тепломассообмен при фазовых переходах, теплофизические проблемы энергетики, энергоэффективность и энергосбережение, теплофизика микро- и наносистем, процессы в разреженных газах и плазме, теплофизические свойства веществ и лучистый теплообмен, теплообмен и гидродинамика в технологических процессах, фундаментальные основы расчета и принципов построения энергетических систем, основанных на эффекте сверхпроводимости.

Мероприятие проведено при финансовой поддержке НИ НГУ.

Председатель
Маркович Д.М., академик РАН

Заместители
Куйбин П.А., д.ф.-м.н.
Наумов И.В., д.т.н., проф. РАН

Учёные секретари
Мулляджанов Р.И., д.ф.-м.н.
Литвинов И.В., к.ф.-м.н.
Чеверда В.В., к.ф.-м.н.

Председатель технического комитета
Бутаков Е.Б., к.т.н.

Организационный комитет
Бердников В.С., д.ф.-м.н.
Дулин В.М., д.ф.-м.н.
Елистратов С.Л., д.т.н.
Кабов О.А., д.ф.-м.н.
Кашинский О.Н., д.ф.-м.н.
Кузнецов В.В., д.ф.-м.н.
Лукашов В.В., к.т.н.
Макаров М.С., к.ф.-м.н.
Марчук И.В., д.ф.-м.н., проф. РАН
Низовцев М.И., д.т.н.
Новопашин С.А., д.ф.-м.н.
Окулов В.Л., д.ф.-м.н.
Павленко А.Н., чл.-корр. РАН
Пахомов М.А., д.ф.-м.н., проф. РАН
Предтеченский М.Р., академик РАН
Прибатурин Н.А., чл.-корр. РАН
Станкус С.В., д.ф.-м.н.
Терехов В.В., д.ф.-м.н., проф. РАН
Терехов В.И., д.т.н.
Федорук М.П., академик РАН
Чернов А.А., д.ф.-м.н., проф. РАН
Чиннов Е.А., д.ф.-м.н.
Шарыпов О.В., д.ф.-м.н.
Шторк С.И., д.ф.-м.н.
Яворский Н.И., д.ф.-м.н.
Ярыгин В.Н., д.т.н.

Программный комитет

Сопредседатели
Алексеенко С.В., академик РАН
Леонтьев А.И., академик РАН
Павленко А.Н., чл.-корр. РАН

Алифанов О.М., академик РАН
Байдаков В.Г., д.ф.-м.н.
Батаев А.А., д.т.н.
Большов Л.А., академик РАН
Бурдуков А.П., д.т.н.
Вараксин А.Ю., член-корр. РАН
Воропай Н.И., член-корр. РАН
Гешев П.И., д.ф.-м.н.
Гогонин И.И., д.т.н.
Горячева И.Г., академик РАН
Дедов А.В., член-корр. РАН
Драгунов Ю.Г., член-корр. РАН
Ерманюк Е.В., д.ф.-м.н.
Исаев С.А., д.ф.-м.н.
Кедринский В.К., д.ф.-м.н.
Клименко А.В., академик РАН
Козлов В.В., д.ф.-м.н.
Коротеев А.А., академик РАН
Левин В.А., академик РАН
Мессерле В.Е., д.т.н.
Мильман О.О., д.т.н.
Нигматулин Р.И., академик РАН
Пенязьков О.Г., академик НАНБ
Петреня Ю.К., член-корр. РАН
Покусаев Б.Г., член-корр. РАН
Пухначев В.В., член-корр. РАН
Ребров А.К., академик РАН
Рогалёв Н.Д., д.т.н.
Рудяк В.Я., д.ф.-м.н.
Саломатов В.В., д.т.н.
Сапожников С.З., д.т.н.
Смирнов Е.М., д.ф.-м.н.
Сон Э.Е., академик РАН
Стенников В.А., член-корр. РАН
Фаворский О.Н., академик РАН
Филиппов С.П., академик РАН
Фомин В.М., академик РАН
Фортов В.Е., академик РАН
Хомич В.Ю., академик РАН
Шиплюк А.Н., член-корр. РАН
Шмотин Ю.Н., д.т.н.
Jiang P.-X., Ph.D.
Markides C.N., Ph.D.
Sazhin S.S., Ph.D.
Travnicek Z., Ph.D.
Wang Q., Ph.D.
Wood D.H., Ph.D.

Издание сборника докладов производилось с авторских листов участников конференции.
За ошибки и опечатки авторов издательство ответственности не несёт.

ISBN 978-5-89017-066-8
© Институт теплофизики СО РАН, 2020

УДК 532.5:536

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕШЕТОЧНОГО МЕТОДА БОЛЬЦМАНА В ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЗАДАЧАХ ЕСТЕСТВЕННО-КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА В ЗАМКНУТЫХ ОБЛАСТЯХ С ЛОКАЛЬНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ

Гибанов Н.С., Шеремет М.А.

Национальный исследовательский Томский государственный университет
634050, Россия, Томск, пр. Ленина, 36

Необходимость в проведении численных исследований естественной конвекции в замкнутых областях обусловлена множеством проблем и задач, возникающих в различных инженерных областях. Результаты подобных исследований могут быть интересны, например, для разработчиков электронного оборудования. Следует отметить, что для обеспечения эффективной и качественной работы электронных приборов необходимо учитывать множество параметров и следить за тепловым состоянием отдельных электронных компонентов. Причем желательно проводить численные исследования в пространственных постановках для обеспечения более достоверных результатов.

В настоящий период времени довольно активно развиваются вычислительные подходы, применяемые для решения различных физических задач. Существует множество вычислительных методик способных разрешить практически любые задачи. Одним из перспективных и активно развивающихся вычислительных методов является решеточный метод Больцмана. Данный метод позволяет проводить моделирование самых разнообразных процессов вне зависимости от их сложности и имеет ряд очевидных преимуществ по сравнению с уже ставшими классическими методами конечных разностей и контрольного объема [1]. Однако, как пишут авторы, данный метод имеет и ряд ограничений [2], хотя уже есть предложения, разрешающие имеющиеся трудности [3].

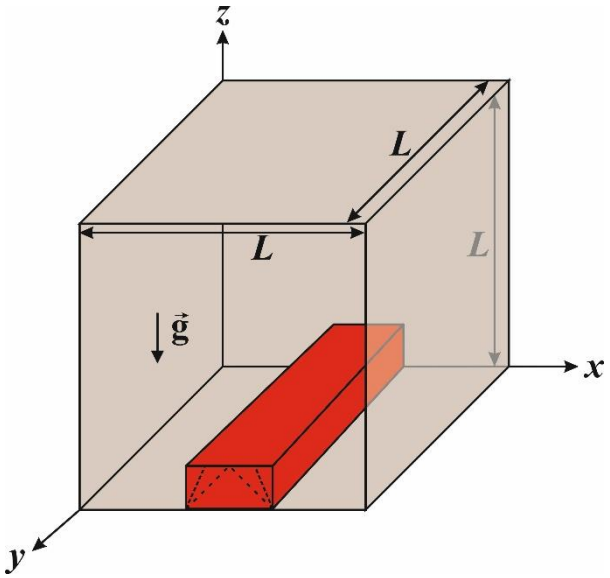

Рис. 1. Область исследования.

В данной работе было проведено численное исследование пространственной нестационарной естественной конвекции в замкнутом кубическом контуре, представленном на рисунке 1, с локальными источниками квадратного, треугольного и трапециевидного сечения методами конечных разностей и решеточным методом Больцмана. Внутри полости располагается ньютоновская несжимаемая жидкость, удовлетворяющая приближению Буссинеска. Теплофизические свойства рассматриваемой среды считаются постоянными и не зависят от температуры.

Тепломассообмен в представленной полости в случае использования метода конечных разностей описывается системой нестационарных пространственных уравнений Обербека-Буссинеска в безразмерных преобразованных переменных «векторный потенциал – вектор завихренности» [4], в случае использования решеточного метода Больцмана уравнения принимали следующий вид:

$$f_i\left(x+c_{xi}\Delta t, y+c_{yi}\Delta t, z+c_{zi}\Delta t, t+\Delta t\right)-f_i\left(x,y,z,t\right)=$$
$$-\frac{\Delta t}{\tau_v}\left[f_i\left(x,y,z,t\right)-f_i^{eq}\left(x,y,z,t\right)\right]+\Delta t F_i c_{zi}$$
$$g_i\left(x+c_{xi}\Delta t, y+c_{yi}\Delta t, z+c_{zi}\Delta t, t+\Delta t\right)-g_i\left(x,y,z,t\right)=$$
$$-\frac{\Delta t}{\tau_a}\left[g_i\left(x,y,z,t\right)-g_i^{eq}\left(x,y,z,t\right)\right]$$

Здесь функции f и g – функции распределения, с помощью которых можно получить макроскопические скорости и температуру, соответственно.

В процессе расчетов была проведена оценка влияния числа Рэлея в диапазоне 10^4–10^6. Полученные интегральные и локальные характеристики теплопереноса двумя численными методами были сравнены между собой, а также с 2D приближением.

Список литературы:

1. Kruger T., Kusumaatmaja H., Kuzmin A., Shardt O., Silva G. Viggen E.M. The Lattice Boltzmann Method. Springer International Publishing Switzerland 2017.
2. Mohamad A. A. Lattice Boltzmann Method: Springer-Verlag London Ltd., part of Springer Nature 2019.
3. Qiu R., You Y., Zhu C., Chen R. Кузнецов Г.В., Шеремет М.А. Lattice Boltzmann simulation for high-speed compressible viscous flows with a boundary layer // Applied Mathematical Modelling. – 2017. – Vol. 48. – P. 567–583.
4. Gibanov N.S., Sheremet M.A. Effect of trapezoidal heater on natural convection heat transfer and fluid flow inside a cubical cavity. – 2019. – Vol. 29(4). – P. 1232–1248.

Работа выполнена в рамках реализации проекта Российского научного фонда (соглашение № 17-79-20141).

Богатко Т.В., Терехов В.И. Влияние степени расширения трубы на теплообмен в отрывной области 29
Скрыпник А.Н., Попов И.А. К применению искусственных нейронных сетей для прогнозирования теплогидравлических характеристик труб с внутренним спиральным оребрением 30
Палкин Е.В., Хребтов М.Ю., Мулляджанов Р.И. Численное моделирование динамики закрученного потока за гидротурбиной Фрэнсиса 31
Бобров М.С. Численное исследование влияния изгиба реки на динамику атмосферного пограничного слоя 32
Миронов А.А., Скрыпник А.Н., Попов И.А. Моделирование интенсификации теплоотдачи с использованием вихревых генераторов 33
Терехов В.В., Терехов В.И. Численное моделирование бистабильного режима кольцевой импактной струи 34
Мешкова В.Д., Дектерев А.А., Филимонов С.А., Литвинцев К.Ю., Гаврилов А.А. Расчетное исследование ветровых потоков в зонах жилой застройки и оценка их влияния на пешеходную комфортность 35
Павленко А.М., Каприлевская В.С., Козлов В.В. Изучение влияния трехмерного элемента шероховатости на течение на трапециевидном летающем крыле 36
Плотников Л.В., Жилкин Б.П., Бродов Ю.М. Особенности термомеханики пульсирующих потоков газа во впускных системах с канавками применительно к двигателям с турбонаддувом 37
Тихвинский Д.В., Куянова Ю.О., Паршин Д.В., Орлов К.Ю. Численное моделирование и факторы эндотелизации поток-перенаправляющих устройств в гемодинамике церебральных аневризм 38
Бойко А.В., Демьянко К.В., Кириловский С.В., Нечепуренко Ю.М., Поплавская Т.В. К проблеме определения положения перехода к турбулентности в пограничных слоях тел в трансзвуковом потоке 39
Лебедев А.С., Добросельский К.Г., Лобасов А.С. Влияние материала поверхности обтекаемого круглого цилиндра на параметры ближнего следа 40
Гибанов Н.С., Шеремет М.А. Использование решеточного метода Больцмана в пространственных задачах естественно-конвективного теплообмена в замкнутых областях с локальными источниками энергии различных форм 41
Бердников В.С., Винокуров В.А., Винокуров В.В., Гришков В.А. Ламинарно-турбулентные переходы при свободной конвекции в кольцевых вертикальных слоях жидкости 42
Abed A. H., Shcheklein C.E. Unsteady forced convection heat transfer of a stationary and rotating sphere: experimental investigation 43
Яцких А.А., Косинов А.Д., Семенов Н.В., Ермолаев Ю.Г., Панина А.В., Кочарин В.Л., Афанасьев Л.В. Развитие возмущений массового расхода и температуры торможения в пограничных слоях плоской пластины и скользящего крыла при числах Маха 2 и 2,5 44
Окулов В.Л., Фукумото Я. О движении винтовых вихрей с разным распределением завихренности в ядре 45
Французов М.С., Королева А.П., Александров В.Ю., Ильченко М.А. Исследование эффективности акустического способа интенсификации теплообмена 46
Леманов В., Матюнин В., Травничек З. Теплообмен в точке растекания импактной ламинарной струи 47
Леманов В.В., Терехов В.И., Шаров К.А., Шумейко А.А. Турбулентные пульсации в ламинарной осесимметричной струе 48
Дауэнгауэр Е.И., Мулляджанов Р.И.Численное моделирование динамики струйного осциллятора 49
Иващенко В.А., Мулляджанов Р.И. Уравнение Кармана – Ховарта – Монина для турбулентных струй переменной плотности: прямое численное моделирование 50
Барсуков А.В., Терехов В.В., Терехов В.И. Влияние степени расширения канала на теплообмен при турбулентном обтекании системы ребро – уступ 51
Волов В.Т., Ляскин А.С. Исследование каскадного механизма энергообмена в закрученных потоках газа на основе эффекта вторичной закрутки 52
Михайленко К.И. Построение конечно-разностной сетки вихревой трубы и выбор модели турбулентности для вычислительного эксперимента в среде Openfoam 53
Евдокименко И.А., Куликов Д.В., Лобанов П.Д., Прибатурин Н.А. Распределение скорости жидкости в плоском канале с внезапным расширением 54
Пухначев В.В., Фроловская О.А., Петрова А.Г. Точные и асимптотические решения уравнений релаксирующей жидкости 55
Перепелица Б.В. Исследование течения жидкости в структурированной упаковке 56
Терехов В.В., Терехов В.И. Проблемы интенсификации теплообмена при свободной конвекции 57

Секция 2.
Процессы переноса при физико-химических превращениях, включая горение

Замураев В.П., Калинина А.П. Моделирование горения углеводородных топлив в сверхзвуковом потоке, инициируемое поперечной воздушной струей 59