

Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СОРАН

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
с элементами научной школы для молодых ученых



XXXVII

СИБИРСКИЙ
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ
СЕМИНАР,

посвященный Году науки и технологий
Российской Федерации и 60-летию первого
полета человека в Космос

14 - 16 сентября 2021 г.
Новосибирск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Новосибирск, 2021

УДК 621.9

КОНВЕКТИВНО-РАДИАЦИОННЫЙ ТЕПЛОПЕРЕНОС ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ КУБИЧЕСКОЙ ПОЛОСТИ ПРИ НАЛИЧИИ ЛОКАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

Михайленко С.А., Шеремет М.А.

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

Развитие электронных и энергетических систем требует постоянного усовершенствования схем охлаждения тепловыделяющих элементов [1, 2]. В некоторых приложениях требуется исследовать транспортные процессы внутри вращающихся систем [3, 4]. Наиболее эффективным подходом для такого анализа является использование методов вычислительной теплофизики и механики жидкости и газа.

Целью представленной работы является математическое моделирование конвективного теплопереноса и теплового поверхностного излучения во вращающейся кубической полости при наличии локального изотермического источника энергии (рисунок 1). Рассматриваемый источник тепловыделения моделируется бесконечно тонким тепловым пятном, расположенным на поверхности нижней стенки. Вращение с постоянной угловой скоростью происходит вокруг оси ортогональной линии действия силы тяжести. Предполагается также, что внутренняя среда является вязкой, теплопроводной, диатермичной, ньютоновской жидкостью, удовлетворяющей приближению Буссинеска. Поверхности стенок считаются диффузно-серыми, а отраженное излучение – диффузным и равномерно распределенным по каждой поверхности замкнутой области решения [5].

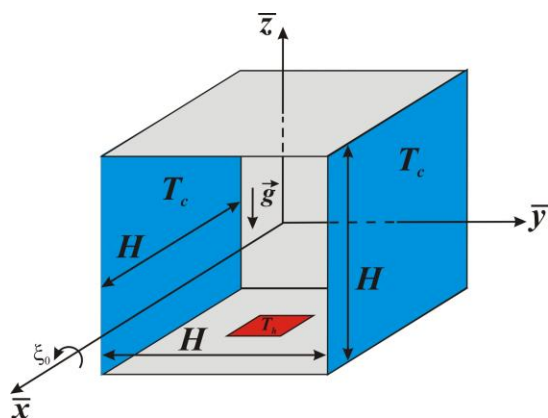


Рис. 1. Область решения.

В такой постановке процесс переноса тепла описывается системой трехмерных дифференциальных уравнений Обербека–Буссинеска в условиях поверхностного излучения в преобразованных переменных «векторный потенциал – вектор завихренности» при наличии соответствующих начальных и граничных условий [5, 6]. Сформулированная краевая задача решается численно методом конечных разностей на равномерной сетке. Анализ радиационного теплообмена проводится с использованием метода сальдо в варианте Поляка. Угловые коэффициенты вычисля-

лись по определению путем интегрирования по соответствующим элементам поверхностей [5].

Разработанный вычислительный код был протестирован на множестве сеток, а также с использованием численных и экспериментальных данных других авторов при решении некоторых модельных задач [5–7].

Численные исследования проведены в широком диапазоне изменения определяющих параметров, характеризующих режимы конвективно-радиационного теплопереноса во вращающейся полости: число Рэлея ($Ra = 10^4$ – 10^6), число Тейлора ($Ta = 10^3$ – 10^6), приведенная степень черноты ограждающих стенок ($\epsilon = 0.0$ – 1.0).

В результате моделирования получены распределения изолиний компонент векторного потенциала и вектора завихренности, а также поля скорости и температуры, отражающие внутреннюю гидродинамику и тепловое состояние объекта исследования. Отдельно рассмотрено влияние обозначенных параметров на интенсивность теплосъема с поверхности источника энергии, а также на среднюю температуру области решения.

Список литературы:

1. Ellison G.N. Thermal Computations for Electronics. Conductive, Radiative and Convective Air Cooling. CRC Press, 2020.
2. Bergman T.L., Lavine A.S., Incropera F.P., Dewitt D.P. Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 7th edition, Wiley, 2011.
3. Wu W., Amsbeck L., Buck R., Waibel N., Langner P., Pitz-Paal R. On the influence of rotation on thermal convection in a rotating cavity for solar receiver applications // Applied Thermal Engineering. – 2014. – Vol. 70. – Pp. 694–704.
4. Aly A.M., Mohamed E.M., Alsedais N. Double-diffusive convection from a rotating rectangle in a filled cavity by a nanofluid and affected by a magnetic field // International Communications in Heat and Mass Transfer. – 2021. – Vol. 126. – 105363.
5. Martyushev S.G., Sheremet M.A. Conjugate natural convection combined with surface thermal radiation in a three-dimensional enclosure with a heat source // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2014. – Vol. 73. – Pp. 340–353.
6. Mikhailenko S.A., Sheremet M.A. Convective heat transfer combined with surface radiation in a rotating square cavity with a local heater // Numerical Heat Transfer, Part A: Applications. – 2017. – Vol. 72, No. 9. – Pp. 697–707.
7. Mikhailenko S.A., Sheremet M.A., Pop I. Natural convection combined with surface radiation in a rotating cavity with an element of variable volumetric heat generation // Energy. – 2020. – Vol. 210. – 118543.

*Работа выполнена при финансовой поддержке
Российского научного фонда
(проект № 17-79-20141).*