

**КОНВЕКТИВНО-РАДИАЦИОННЫЙ ТЕПЛОПЕРЕНОС
В ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПОЛОСТИ С ТЕПЛОПРОВОДНЫМИ СТЕНКАМИ
ПРИ НАЛИЧИИ ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ**

И.И. Носонов

Научный руководитель: доцент, д.ф.-м.н. М.А. Шеремет

Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: nosonov_94@mail.ru

**CONVECTIVE-RADIATIVE HEAT TRANSFER IN A RECTANGULAR CAVITY WITH HEAT-
CONDUCTING SOLID WALLS AND LOCAL HEATER**

I.I. Nosonov

Scientific Supervisor: Dr. M.A. Sheremet

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: nosonov_94@mail.ru

***Abstract.** Conjugate mixed convective flow and heat transfer in a rectangular cavity with inlet and outlet sections under the effect of thermal surface radiation is studied numerically. The considered region includes heat conducting solid walls and a local heater. Mathematical model has been formulated in terms of dimensionless stream function, vorticity and temperature. Partial differential equations with corresponding initial and boundary conditions have been solved by finite difference method. The effects of key parameters on fluid flow patterns and temperature fields have been analyzed.*

Интерес к конвективно-радиационному теплообмену обусловлен тем, что эти механизмы переноса энергии встречаются во многих областях науки и техники, особенно ярко эти транспортные процессы проявляются в технических системах, содержащих тепловыделяющие элементы [1–4]. Для моделирования поведения систем охлаждения необходимо детальное исследование нестационарных режимов тепломассопереноса внутри анализируемого объекта с учетом всего спектра определяющих транспортных механизмов теплообмена [1, 2].

В настоящей работе исследуется теплоперенос в прямоугольной полости с теплопроводными стенками конечной толщины при наличии входного и выходного отверстий, а также изотермического участка (рисунок 1). Анализируются нестационарные режимы теплопереноса за счет механизмов смешанной конвекции и теплового поверхностного излучения в заполняемой несжимаемой жидкостью области с учетом теплопроводности внутри твердых стенок. Предполагается, что во входном сечении задается расход охлаждающей ньютоновской жидкости, удовлетворяющей приближению Буссинеска. Температура изотермического участка во все время процесса постоянна. Теплофизические характеристики рабочей среды и материала твердых стенок являются постоянными, режим течения – ламинарный. Поверхности стенок считаются диффузно-серыми. Относительно отраженного излучения используются два предположения [2–4]: 1) отраженное излучение является диффузным, т.е. интенсивность отраженного излучения в любой точке границы поверхности равномерно распределена по

всем направлениям, и 2) отраженное излучение равномерно распределено по каждой поверхности замкнутой области решения.

Для математического описания моделируемого процесса используются двумерные нестационарные уравнения Обербека–Буссинеска, сформулированные в безразмерных переменных «функция тока – завихренность – температура», с соответствующими начальными и граничными условиями [3, 4]. Краевая задача решается численно методом конечных разностей [3–5]. Для определения безразмерной плотности радиационного потока применялся метод решения с использованием плотности потока эффективного излучения [2–4], который основан на реализации двух разностных уравнений с использованием метода последовательной верхней релаксации. Для вычисления угловых коэффициентов применялся метод Хоттеля [2–4].

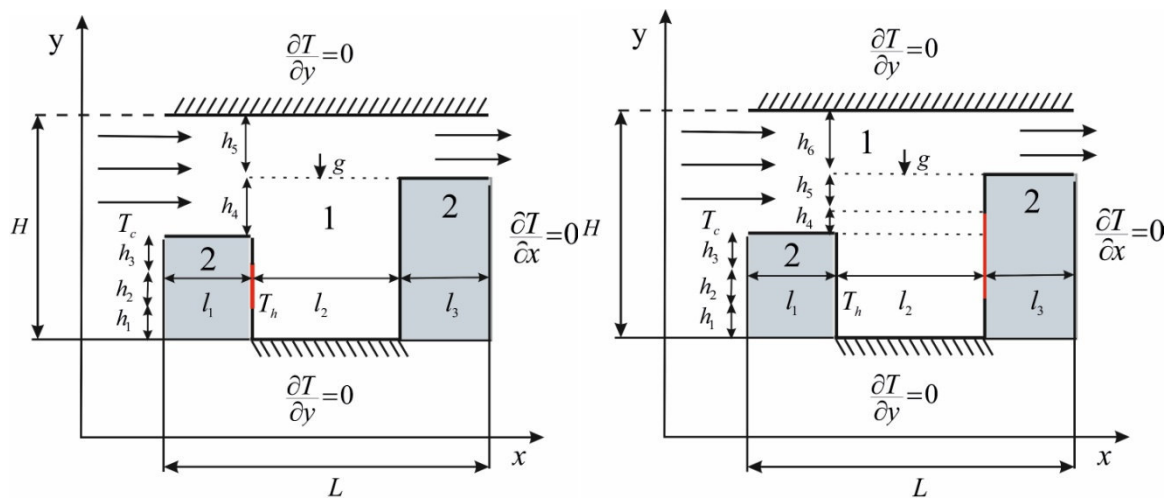


Рис. 1. Область решения задачи

На рис. 2 представлены результаты влияния размерности разностной сетки на профили температуры, отражающие несущественное изменение анализируемого параметра. Для дальнейших расчетов была использована сетка размерностью 100×100 элементов.

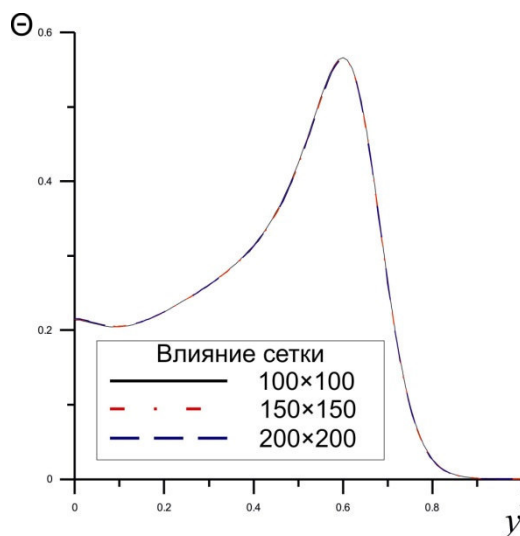


Рис. 2. Профили температуры в зависимости от сеточных параметров

Численное моделирование было проведено в широком диапазоне изменения определяющих параметров. Варьирование теплофизических характеристик ограждающих стенок незначительно влияет на распределения скорости и температуры внутри полости при высоких значениях числа Ричардсона.

На рис. 3 изображены линии тока, изотермы и среднее число Нуссельта при различном размещении источника энергии. В зависимости от расположения тепловыделяющего элемента внутри каверны формируется конвективная ячейка, препятствующая проникновению внешнего вынужденного потока и не позволяющая интенсифицировать теплоотвод от источника, или же внешний поток проникает в каверну и интенсифицирует теплоотвод от нагревательного элемента. Профили среднего числа Нуссельта отражают рост интенсивности теплоотвода при расположении тепловыделяющего элемента на правой стенке каверны.

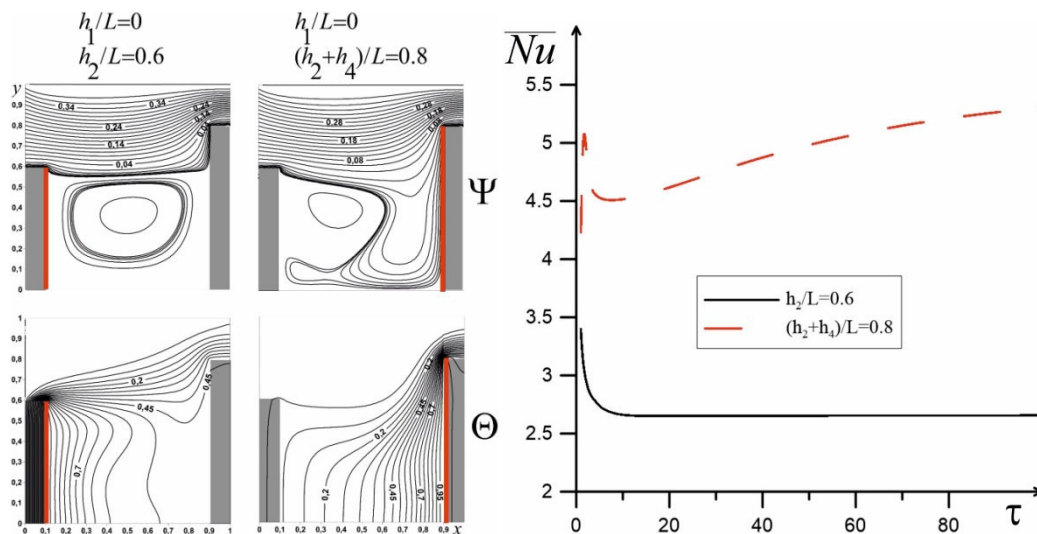


Рис.3. Влияние расположения источника энергии на линии тока Ψ , изотермы Θ и среднее число Нуссельта

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ для молодых российских ученых (грант МД-2819.2017.8).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jaluria Y. Design and Optimization of Thermal Systems. – New York: McGraw-Hill, 1998. – 626 p.
2. Зигель Р., Хауэлл Дж. Теплообмен излучением. – М.: Мир, 1975. – 935 с.
3. Мартюшев С.Г., Шермет М.А. Влияние поверхностного излучения на режимы сопряженной естественной конвекции в замкнутой полости с локальным источником энергии // Теплофизика и аэромеханика. – 2013. – Т. 20, № 4. – С. 427–438.
4. Мартюшев С.Г., Мирошниченко И.В., Шермет М.А. Численный анализ пространственных нестационарных режимов сопряженного конвективно-радиационного теплопереноса в замкнутом объеме с источником энергии // Инженерно-физический журнал. – 2014. – Т. 87, № 1. – С. 119–128.
5. Носонов И.И. Сопряженные режимы смешанной конвекции в прямоугольной полости с теплопроводными стенками при наличии изотермического участка // Перспективы развития фундаментальных наук: Труды XIII международной конференции. – Томск, 2016. – Т. 3. – С. 84–86.