

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОВРЕМЕННОЙ МЕХАНИКИ
СПЛОШНЫХ СРЕД**

**Всероссийская
молодёжная научная конференция**

Томск, 16–19 октября 2010 г.



ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2010

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ РЕЖИМОВ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ КАНАЛЕ

С.И. Гусев, М.А. Шеремет

Проведено математическое моделирование режимов смешанной конвекции в горизонтальном канале при наличии локального источника тепловыделения. Исследуется влияние интенсивности нагрева источника энергии на распределения линий тока и поле температуры в достаточно широком диапазоне изменения определяющих параметров.

NUMERICAL SIMULATION OF CONVECTIVE HEAT TRANSFER REGIMES IN A HORIZONTAL DUCT

S.I. Gusev, M.A. Sheremet

Mathematical simulation of mixed convection heat transfer regimes in a horizontal duct in the presence of a local heat source has been carried out. The effect of the heat intensity of the heat source on streamlines and the temperature field in a wide range of the key parameters are investigated.

Механизмы конвективного теплопереноса представляют практический интерес во многих отраслях науки и техники. Они широко встречаются как в природе (образование ветров, течений, движение литосферных плит), так и в технике (системы охлаждения, отопительные системы, системы кондиционирования). Знание законов, по которым протекает конвекция, позволяет оптимизировать технические устройства, сделать их более безопасными, эффективными и экологичными. В связи с этим исследование конвективного теплопереноса представляет большой интерес для современного научного мира. В настоящее время проведено большое количество исследований, посвященных как теоретическому [1, 2], так и экспериментальному [3, 4] анализу режимов конвективного теплопереноса в различных технологических системах. При этом наиболее оптимальным подходом при изучении режимов конвективного теплопереноса является применение численных методов, как наименее энергозатратных, более точных и простых в использовании.

Целью настоящей работы является математическое моделирование тепловых режимов смешанной конвекции в горизонтальном канале при наличии локального источника энергии на нижней стенке.

Для описания механизма смешанной конвекции применяются двумерные нестационарные уравнения конвекции в приближении Буссинеска. Сформулированная краевая задача реализуется численно на основе метода конечных разностей с использованием равномерной сетки.

В результате моделирования были установлены масштабы влияния интенсивности нагрева, а также скорости входного потока на характер течения. Показано, что для заданной интенсивности источника энергии существует предельное значение скорости входного потока, превышение которого приводит к полному ослаблению механизма естественной конвекции, вызванного наличием нагревателя. В этом случае доминирующим механизмом переноса энергии

будет вынужденная конвекция, приводящая к формированию горизонтальных линий тока (рис. 1, *a*).

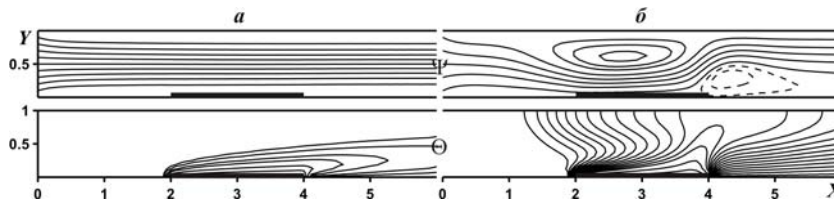


Рис. 1. Линии тока Ψ и поле температуры Θ в режиме смешанной конвекции.
 $Pr = 0.7, Gr = 10^4$: *a* – $Re = 100$; *b* – $Re = 10$

В условиях анализируемого режима теплопереноса уменьшение числа Рейнольдса в 10 раз уже приводит к образованию масштабных вихрей, что характеризует воздействие источника энергии (рис. 1, *b*). Такое изменение интенсивности входного потока также отражается и на поле температуры (рис. 1).

Проводилось сравнение полученных локальных распределений с результатами моделирования анализируемого процесса на основе пакета вычислительной гидродинамики FLUENT. Сопоставление результатов отражает достаточно хорошее согласование как линий тока, так и полей температуры.

Также было проанализировано влияние фактора нестационарности на распределение обобщенного коэффициента теплообмена $\overline{Nu} = \frac{1}{2} \int_2^4 \left| \frac{\partial \Theta}{\partial Y} \right| dX$ при различных значениях числа Рейнольдса (рис. 2).

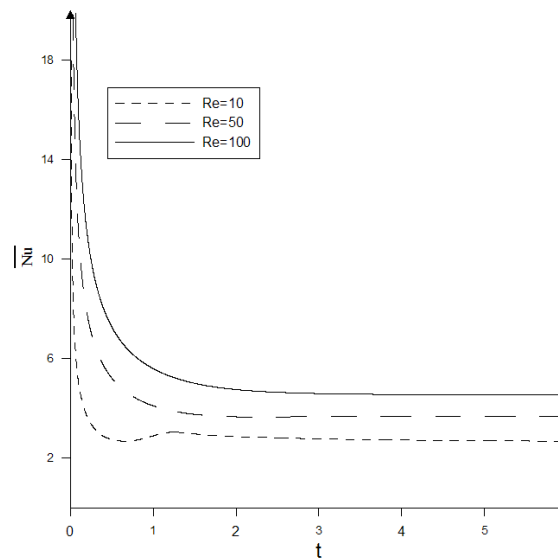


Рис. 2. Зависимость среднего числа Нуссельта от времени и числа Рейнольдса при $Pr = 0.7, Gr = 10^4$

Проведенный анализ отражает рост \overline{Nu} с увеличением числа Рейнольдса, а также характеризует достаточно быстрое установление термической составляющей анализируемого процесса. Наличие локального минимума на

рис. 2 при $Re = 10$ отражает формирование вихревых течений на начальном этапе явления.

Работа выполнена при финансовой поддержке Президента РФ (МК-396.2010.8).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ермолаев И.А., Жбанов А.И.* Смешанная конвекция в горизонтальном канале при локальном нагреве снизу // Изв. РАН. Механика жидкости и газа. 2004. № 1. С. 33–40.
2. *Sillekens J.J.M., Rindt C.C.M., Steenhoven A.A. van.* Development of laminar mixed convection in a horizontal square channel with heated side walls // International Journal of Heat and Fluid Flow. 1998. Vol. 19. P. 270–281.
3. *Lei Q.M., Trupp A.C.* Experimental study of laminar mixed convection in the entrance region of a horizontal semicircular duct // International Journal of Heat and Mass Transfer. 1991. Vol.34. P. 2361–2372.
4. *Lin W.L., Lin T.F.* Experimental study of unstable mixed convection of air in a bottom heated horizontal rectangular duct // International Journal of Heat and Mass Transfer. 1996. Vol. 39. P. 1649–1663.