

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИХРЕВОЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА В ПРИСТЕНОЧНЫХ ТЕЧЕНИЯХ НЕОДНОРОДНЫХ СРЕД УДЛИНЕННЫМИ ОВАЛЬНЫМИ ЛУНКАМИ

Исаев С.А.^{1,3}, Леонтьев А.И.²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации,
196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, 38

² Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
105005, Россия, Москва, 2-я Бауманская ул., Стр. 1

³ Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н. Туполева –
КАИ, 420111, Татарстан Республика, г. Казань, ул. Карла Маркса, 10

На основе численного решения осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, замкнутых с помощью модифицированной с учетом влияния кривизны линий тока модели переноса сдвиговых напряжений (MSST) [1], проанализирована перестройка отрывного обтекания наклоненной под 45° овальной лунки на стенке плоскопараллельного узкого канала при ее уширении с сохранением неизменными ее глубины и площади пятна. Конвективный теплообмен рассматривается в узком канале шириной 2.5 и высотой 0.33. Число Рейнольдса, построенное по диаметру D пятна эквивалентной сферической лунки, равно 10^4 . Масштабы обезразмеривания – среднемассовая скорость течения в канале и размер D . Лунки располагаются на расстоянии $3D$ от входа в канала, где задается профиль полностью развитого турбулентного течения. Радиус скругления кромок принимается равным $0.025D$. На выходе из канала длиной порядка $7D$ задаются мягкие граничные условия. Полуширина овальной лунки Δ варьируется от 0.17 до 0.5. При уменьшении полуширины лунки Δ при сохранении площади пятна растет ее относительное удлинение (от 1 до примерно 6), а значит увеличивается степень воздействия лунки на течение в ближнем следе [2]. Гидравлические потери определяются, как описано в [3]. Компьютерная визуализация вихревых структур [2] демонстрирует перестройку отрывного обтекания овальной лунки с ростом ее удлинения и растущую эффективность, как генератора спиралевидных вихрей. С уменьшением Δ кардинально интенсифицируется вторичное течение в ареале овальной лунки, определяемое величиной поперечной составляющей скорости, достигающей 0.82 от среднемассовой скорости течения в канале. Интенсификация течения несжимаемой вязкой жидкости в генерируемых спиралевидных вихрях сопровождается на максимальное значение гидравлических потерь, а затем происходит их падение ниже уровня потерь в канале со сферической лункой. Тепловая эффективность при этом монотонно возрастает.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (код проекта 14-19-00003) и при частичной государственной поддержке научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских вузах (ведущий ученый – С.Исаев, КНИТУ-КАИ, г.Казань) по гранту Правительства России №14.Z50.31.0003.

Список литературы:

1. Isaev S.A., Leontiev A.I., Kornev N.V., Hassel E., and Chudnovskii Ja.P. Heat transfer intensification for laminar and turbulent flows in a narrow channel with one-row oval dimples // High Temperature. 2015. Vol.53. No.3 P. 375-386.
2. Isaev S.A., Leontiev A.I., Gul'tsova M.E., and Popov I.A. Transformation and intensification of tornado-like flow in a narrow channel during elongation of an oval dimple with constant area // Technical Letters. 2015. Vol. 41. No.6. P.606-609.
3. Isaev S.A., Kornev N.V., Leontiev A.I., Hassel E. Influence of the Reynolds number and the spherical dimple depth on the turbulent heat transfer and hydraulic loss in a narrow channel // Int. J. Heat Mass Transfer. 2010. Vol.53. Issues 1-3. P.178-197.