

УДК 536.2

Однопоточный нестационарный метод исследования теплообмена для пластинчатых и пластинчато-ребристых поверхностей теплообмена

Егоров Кирилл Сергеевич^(*)

egorovks@bmstu.ru

Степанова Лариса Валерьевна
stepanovalv@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В области импортозамещения теплообменных поверхностей для различных приложений (транспорт, нефтехимическое производство, энергетика) требуются эффективные, надежные и быстрые методы получения теплогидравлических характеристик пластинчатых и пластинчато-ребристых поверхностей теплообмена. Одним из таких методов является однопоточный нестационарный метод, который не требует наличия второй среды (конденсирующего пара или жидкости). В работе экспериментально и теоретически проанализировано влияние «неидеальности» ступеньки температуры. Также с учетом проведенного анализа была проведена обработка эксперимента для нахождения коэффициента теплоотдачи двумя методами, которые показали близкие результаты.

Ключевые слова: пластинчатые поверхности теплообмена, пластинчато-ребристые поверхности теплообмена, однопоточный нестационарный метод, коэффициент теплоотдачи

Введение. Однопоточный нестационарный метод используется для исследования теплообмена в поверхностях, с коэффициентом компактности более $2000 \text{ м}^2/\text{м}^3$ [1]. Он также нашел применение в таких экзотических «поверхностях» теплообмена, как овощи и фрукты [2]. Теплообмен рассчитывается по изменению температуры на выходе из теплообменной поверхности при наличии на входе «ступеньки» температуры. На точность метода влияет отклонение температуры от «идеального» профиля температуры на входе. Полученная методика позволила учесть «неидеальность» ступеньки температуры. Приведены результаты нахождения коэффициента теплоотдачи с учетом проведенного исследования двумя методами — методом непосредственного наложения кривых и методом нахождения максимального наклона.

Методы и материалы; результаты. Схема экспериментального стенда представлена на рис. 1. Он представляет из себя канал (1) с нагревателем на входе (2), термометром сопротивления (3) на выходе из матрицы для измерения температуры, вентилятором (4), концевым холодильником (5) и расходомерным устройством — стандартной диафрагмой (6). Температура перед диафрагмой измеряется при помощи термопары типа ХК. Все давления измеряются с использованием дифференциальных датчиков давления фирмы Honeywell. В качестве АЦП используется плата фирмы National Instruments.

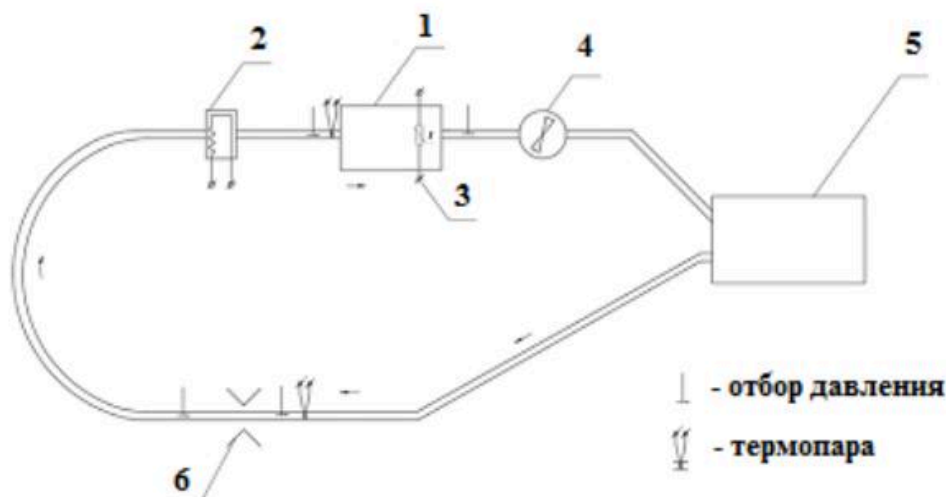


Рис. 1. Схема экспериментального стенда:

1 — экспериментальный участок, 2 — нагреватель, 3 — термометр сопротивления, 4 — вентилятор, 5 — концевой холодильник, 6 — диафрагма

Для оценки отклонения от «ступеньки» температуры проводились эксперименты без матрицы теплообмена (расход воздуха составлял при этом 0,006 кг/с). Было получено хорошее совпадение эксперимента и теоретического решения охлаждения и нагрева цилиндра [3]. Это позволило внести неидеальность «ступеньки» температуры в вычислительную программу, написанную на языке Fortran для теоретического расчета температуры на выходе из теплообменной поверхности [1].

Обработка эксперимента с учетом полученных результатов проводилась двумя методами — методом непосредственного наложения кривых и методом нахождения максимального наклона [1]. Пример обработки результатов эксперимента в виде безразмерного коэффициента теплоотдачи NTU приведен на рис. 2.

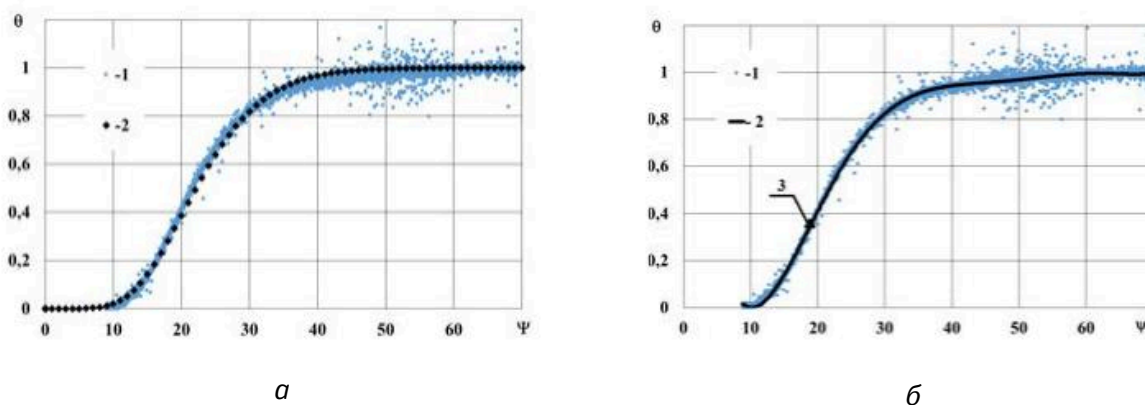


Рис. 2. Обработка результатов экспериментов:

а — метод непосредственного наложения кривых (NTU = 23,0), б — метод максимального наклона (NTU = 25,5), 1 — экспериментальные данные, 2 — теоретические кривые, 3 — точка максимума наклона

Закключение. Проведенные теоретические расчеты численного решения температуры на выходе из матрицы теплообменного аппарата показали, что разность между коэффициентом теплоотдачи, вычисленным по идеальной «ступеньке» температуры и с учетом реального изменения температуры на входе в матрицу теплообменного аппарата может достигать 15–20 %. С учетом этого были проведена обработка эксперимента двумя методами, которые показали схожие результаты.

Список источников

- [1] Егоров К.С., Крылов В.И., Степанова Л.В., Федоренко А.Э. Расчет максимальных углов наклона кривой температуры для однопоточного нестационарного метода получения тепловых характеристик поверхностей теплообмена. *Измерительная техника*, 2017, № 9, с. 40–44.
- [2] Łapiński A., Śmierciew K., Zou H., Butrymowicz D. Measurement of Heat Transfer and Flow Resistance for a Packed Bed of Horticultural Products with the Implementation of a Single Blow Technique. *Processes*, 2021, vol. 9, art. no. 2151. <https://doi.org/10.3390/pr9122151>
- [3] Лыков А.В. *Теория теплопроводности*. Москва, Высшая школа, 1967, 599 с.