

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИИ У ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ НАГРЕТОЙ ПЛАСТИНЫ

Максимов В.И., к.т.н., Ударцев Е.И., Нагорнов Д.А.

Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: elf@tpu.ru

Установление основных закономерностей процессов теплопереноса в замкнутой области в условиях естественной конвекции возможно в результате экспериментальных исследований в условиях, соответствующих реальным процессам. Такое соответствие достижимо на модельных установках при соблюдении условий физического и геометрического подобия.

Проведение экспериментов, полностью воспроизводящих реальные условия процессов теплопереноса в замкнутой области в условиях естественной конвекции в реальных условиях, практически невозможны из-за трудностей регистрации параметров процесса в замкнутых объемах.

Также является целесообразным проведение специальных экспериментальных исследований с применением методов визуализации исследуемых процессов (например, видеосъемки) с целью выделения деталей и процессов, протекающих при естественной конвекции в определенные моменты времени.

Поэтому целью работы является экспериментальное изучение теплоотдачи при естественной конвекции у горизонтальной нагретой пластины.

Диапазон параметров при которых проводились исследования: $Q = 2,3 - 22,8$ Вт; $\Delta T = 16 - 81$ °С. На рисунке 1 представлен коэффициент теплоотдачи от пластины к воздуху. Необходимо отметить, что если свойства теплоносителя меняются мало (например, для атмосферного воздуха), то температурный напор является единственной определяющей величиной. Видно, что с ростом ΔT увеличение интенсивности естественной конвекции воздуха (скорости потока w) сопровождается повышением интенсивности теплоотдачи.

Полученные экспериментальные данные о теплоотдаче для горизонтальной нагретой пластины при ламинарном режиме $Gr \cdot Pr < 2 \cdot 10^7$ обобщаются зависимостью (1) и представлены на рисунке 2:

$$Nu = 0,54 (Gr \cdot Pr)^{1/4}. \quad (1)$$

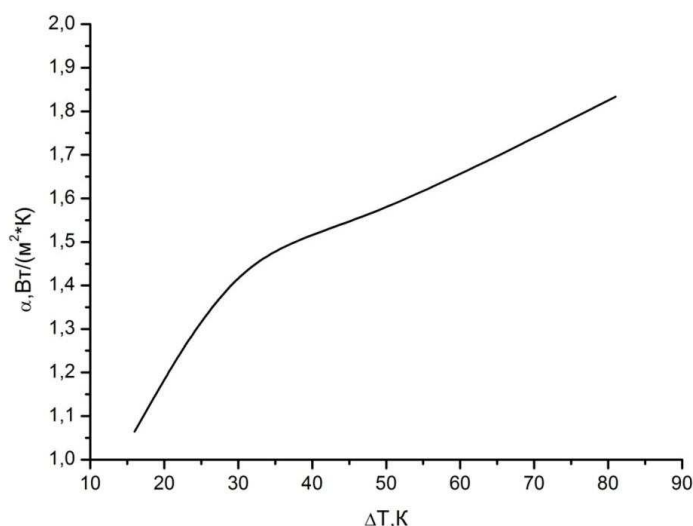


Рис. 1. Интенсивность теплоотдачи от поверхности пластины в зависимости от температурного напора

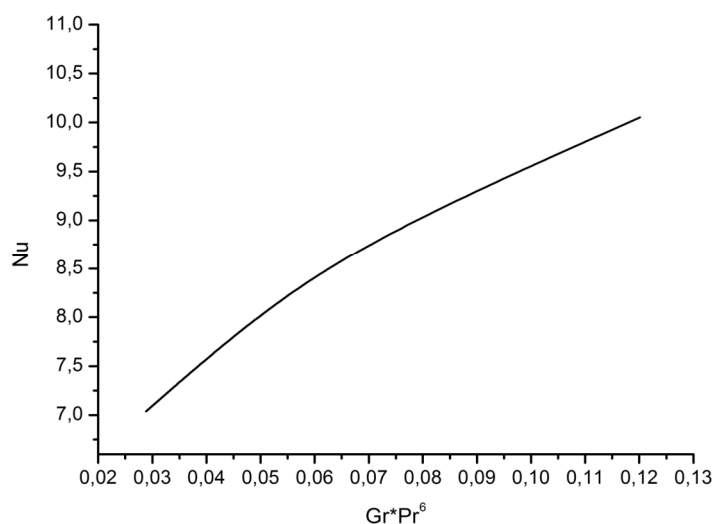


Рис. 2. Обобщение результатов по теплоотдаче при естественной конвекции у горизонтальной нагретой пластины

Поправка, учитывающая изменение свойств жидкости в пограничном слое, $(Pr_a / Pr_{ст})^{0,25}$, иногда применяемая в рассматриваемых соотношениях, здесь не используется, так как для случая с воздухом она практически равна единице. При расчете критериев подобия по средней температуре диапазон изменения их сужается, а разброс значений Nu увеличивается.

В результате проведенного экспериментального исследования свободной конвекции воздуха при ламинарном режиме у поверхности го-

ризонгальной нагретой неизотермической пластины установлено, что интенсивность теплообмена между пластиной и окружающим воздухом зависит от аэродинамики восходящего потока воздуха, в частности от соответствующей скорости при разных значениях ΔT и Gr.

Анализ полученных графических зависимостей (см. рис. 3), показывает, что при использовании двух методик расчета числа Нуссельта, более точным является вариант (б), потому как при его расчете максимально учитываются все тепловые процессы, протекающие при проведении данного эксперимента, а также коэффициенты, входящие в расчетные зависимости и геометрические размеры исследуемой области. Вариант (а), более общий и применяется для случаев, при использовании горизонтальных поверхностей нагрева различной формы.

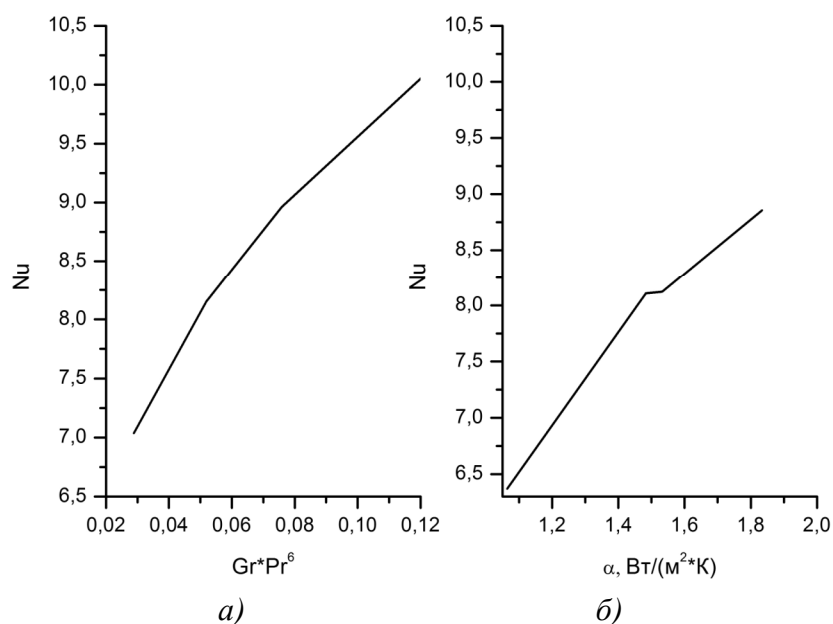


Рис. 3. Сравнение чисел Нуссельта рассчитанных по двум методикам: а – при использовании критериального уравнения; б – по формуле $Nu = \alpha l / \lambda$, через полученные коэффициенты теплоотдачи

Работа выполнена в рамках НИР Госзадания «Наука» (Шифр федеральной целевой научно-технической программы 7.3073.2011).

Список литературы:

1. Абрамов А.Г., Горячев В.Д., Смирнов Е.М. Прямое численное моделирование турбулентной свободной конвекции, развивающейся во времени у нагретой вертикальной стенки. – С-ПГПУ, ТГТУ, 2009. - С. 374-380.
2. Гебхарт Б., Джалурия И., Махаджанг С. Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен. – М.: Мир, 1991.