

**ОБОБЩЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ
ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА
ПРИ ПАРООБРАЗОВАНИИ В БОЛЬШОМ ОБЪЕМЕ
ОЗОНОБЕЗОПАСНЫХ ХЛАДАГЕНТОВ
НА ГЛАДКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ**

Т. С. Юфанова, В. Г. Якимченко

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель А. В. Овсянник

В настоящей работе проведено обобщение экспериментальных данных, полученных при кипении озонобезопасного фреона R134a на технически гладких трубах. На данный момент R134a широко используется для замены фреона R12, обладающего высокой озоноразрушающей активностью.

На рис. 1 представлены результаты экспериментальных исследований процесса теплообмена при парообразовании R134a на технически гладких трубах.

При сравнении экспериментальных зависимостей, установленных при давлении насыщения $p_n = 0,7$ МПа, заметно значительное расхождение в результатах (рис. 2; А – по данным, полученным в рамках настоящих исследований, В – по данным Л. Вебба). Это может объясняться тем, что экспериментальные образцы, на которых проводились исследования, выполнены из различных материалов (А – дюралюминий, В – медь). К настоящему времени опубликовано достаточно большое число работ, посвященных исследованию влияния теплофизических свойств теплоотдающей поверхности на ин-

тенсивность теплообмена при пузырьковом кипении, и выяснено, что при прочих равных условиях интенсивность теплоотдачи к жидкости, кипящей на поверхностях нагрева, выполненных из разных материалов, может быть различной [3].

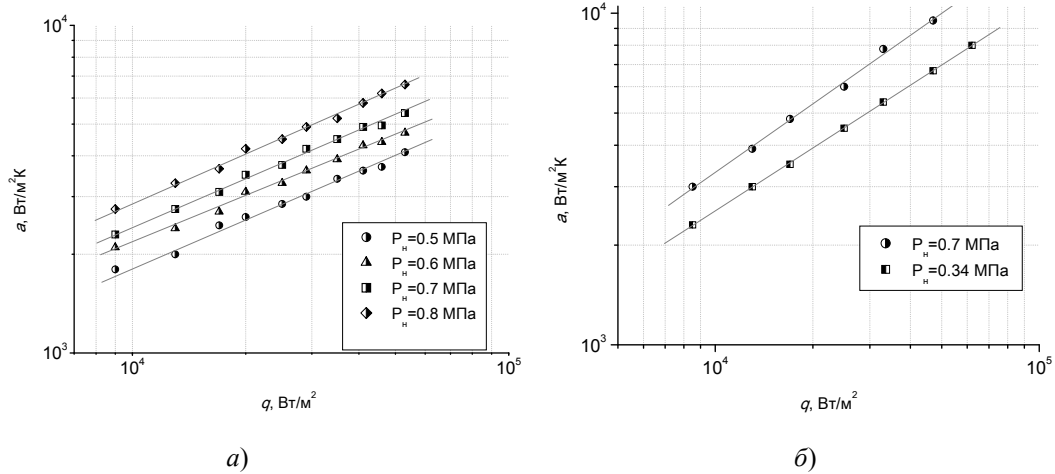


Рис. 1. Экспериментальные данные по кипению фреона R134a на технически гладких трубах: *a* – данные настоящих исследований [1]; *б* – данные Л. Вебба [2]

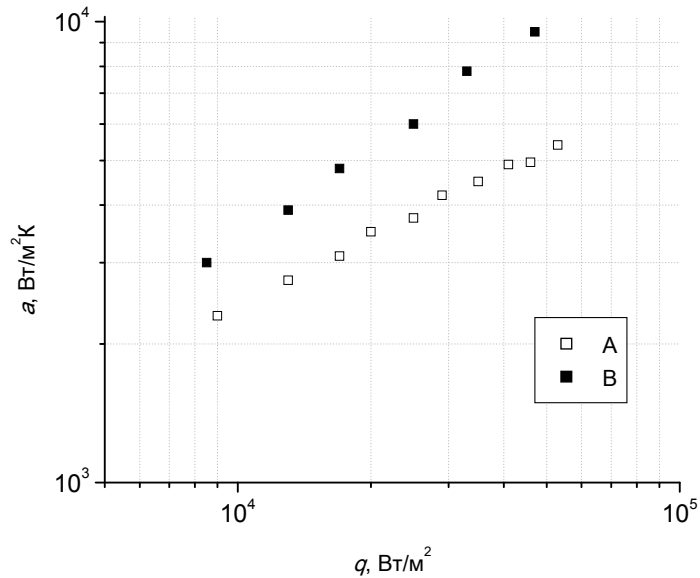


Рис. 2. Сравнение экспериментальных данных

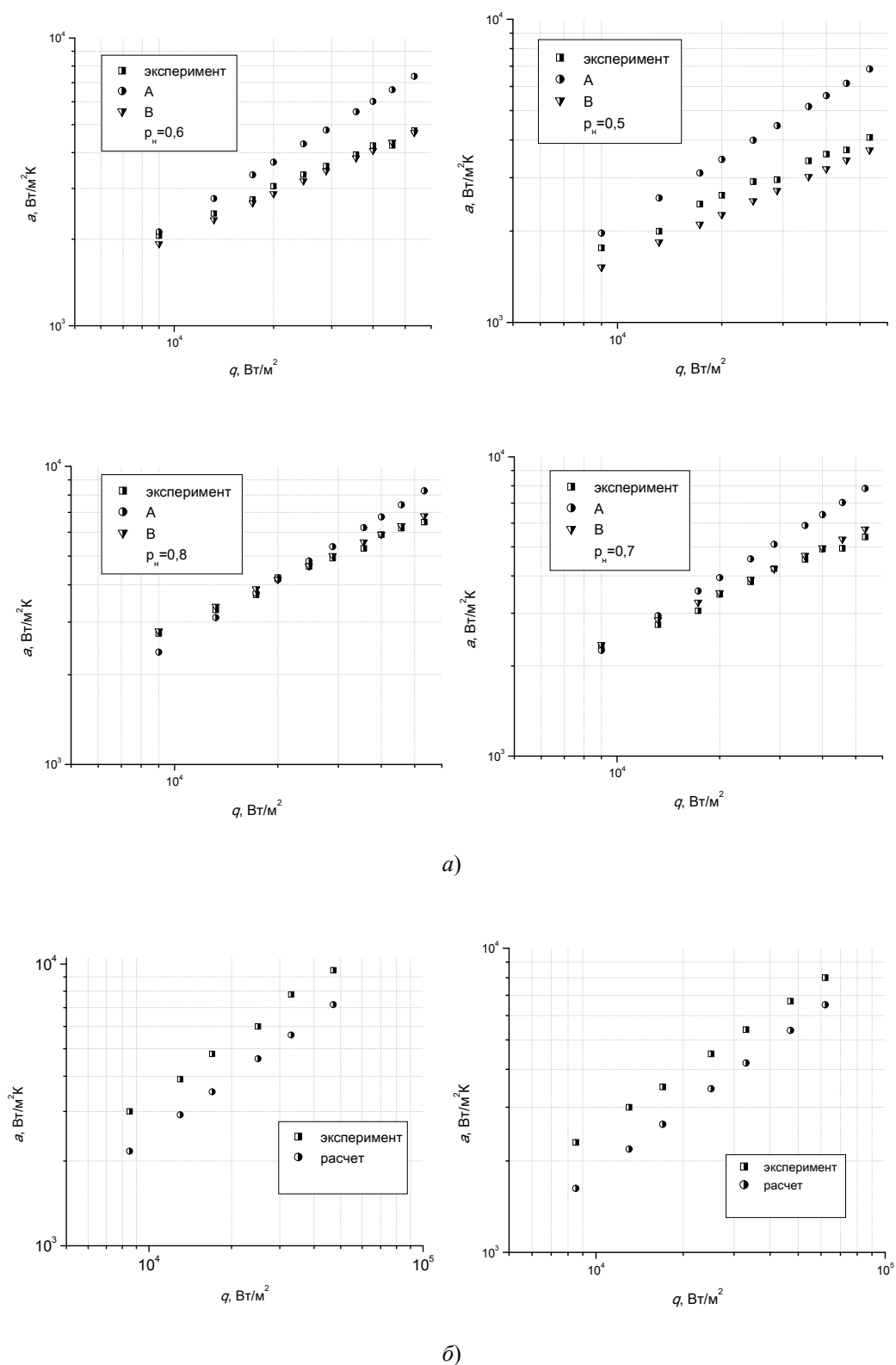


Рис. 3. Сравнение экспериментальных характеристик и данных, рассчитанных по универсальной зависимости (2) с предложенным коэффициентом $\phi = 0,75$ для фреона R134a (рис. 3, а, зависимость А, рис. 3, б), а также данных, рассчитанных по предложенной эмпирической зависимости (3) (рис. 3, а, зависимость В).

На рис. 3, а – экспериментальные данные настоящих исследований [1], на рис. 3, б – данные Л. Вебба [2]

Вопрос о закономерностях процесса и о расчетном определении интенсивности теплообмена при пузырьковом кипении жидкостей достаточно сложен. Задача заключается в нахождении обобщенного уравнения, позволяющего установить коэффициент теплоотдачи при кипении для любых заранее заданных исходных условий.

Отсутствие достаточно удовлетворительных обобщенных формул делает необходимым крайне осторожный подход к определению коэффициентов теплоотдачи для различных жидкостей. Согласно исследованиям Кутателадзе С. С. и соавторов [4] представляется целесообразным опираться в расчетах теплопередачи при пузырьковом кипении на следующие данные. В области умеренных тепловых нагрузок и давлениях от 0,02 до 0,1 МПа можно полагать

$$\alpha = C \cdot p^{0,4} \cdot q^{0,7}. \quad (1)$$

Множитель C зависит от свойств жидкости и поверхности нагрева. Для нормальных технических труб, для воды можно принять значение $C = 2,6$. Переход к другим жидкостям можно рассчитать с помощью множителя ϕ , если положить

$$\alpha = 2,6 \cdot \phi \cdot p^{0,4} \cdot q^{0,7}, \quad (2)$$

где p – абсолютное давление, кгс/см²; q – тепловой поток, ккал/м²ч.

В настоящей работе была сделана попытка применить данное соотношение, для описания экспериментальных данных, полученных при кипении фреона R134a на гладкой технически шероховатой поверхности. В результате был подобран коэффициент ϕ , наиболее удовлетворяющий экспериментальным данным: $\phi = 0,75$. Учитывая это значение ϕ по формуле (2) были рассчитаны коэффициенты теплоотдачи α при различных значениях давлений насыщения и величин теплового потока. По результатам расчета были построены графические зависимости (рис. 3) для определения отклонения расчетных значений α от экспериментальных. На графиках заметно расхождение между расчетными и опытными данными, однако отклонение составляет не более 35 %, что позволяет использовать формулу (2) с коэффициентом $\phi = 0,75$ в технических расчетах. Однако, если учесть, что на величину коэффициента теплоотдачи оказывает влияние теплофизические свойства материала образцов, то для более точных расчетов можно принять: для медных трубок $\phi = 1$, для образцов из дюралюминия $\phi = 0,62$.

Для уменьшения погрешности в расчетных значениях при определении коэффициентов теплоотдачи по зависимости (2) было установлено эмпирическое соотношение (3), описывающее опытные данные настоящих исследований с погрешностью не более 13 % (рис. 3, а):

$$\alpha = 2,6 \cdot 0,8 \cdot p^{1,3} \cdot q^{0,5}. \quad (3)$$

Литература

49. Овсянник, А. В. Обобщение экспериментальных данных при кипении фреона 134a на гладкой технически шероховатой поверхности / А. В. Овсянник, Д. А. Дробышевский, Д. А. Гуриков // Вестн. ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2006. – № 4. – С. 104–110.
50. R. L. Webb, C. Pais. Nucleate pool boiling data for five refrigerants on plain, integral-fin and enhanced tube geometries // Int. J. Heat Transfer. – 1992. – Vol. 35. – P. 1893–1903.
51. Кутепов, А. М. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании / А. М. Кутепов, Л. С. Стерман, Н. Г. Стюшин. – Москва : Высш. шк., 1977. – 351 с.
52. Кутателадзе, С. С. Теплопередача при конденсации и кипении / С. С. Кутателадзе. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : МАНГИЗ, 1952. – 221 с.