

ВЛИЯНИЕ ДИАМЕТРА НАГРЕВАТЕЛЯ НА КРИТИЧЕСКИЙ ТЕПЛОВОЙ ПОТОК ПРИ КИПЕНИИ

Ш. А. Гайдаров, Л. Н. Григорьев, А. Г. Усманов

(Казань)

Изучение закономерностей кризиса кипения имеет большое теоретическое и практическое значение. Между тем, некоторые стороны кризиса кипения мало исследованы. В частности, нет полной ясности по вопросу о влиянии геометрических размеров нагревателя на критический поток q_* , несмотря на то, что наличие такого влияния уже установлено в ряде экспериментальных работ.

В работах [1-4] приведены результаты измерений критических тепловых потоков q_* при кипении воды на нагревателях разных размеров. Однако по их данным нельзя четко установить характер зависимости критического потока от диаметра нагревателя d .

Более систематическое рассмотрение вопроса при кипении чистых жидкостей было проведено в работе [5]. В этой работе исследовано влияние диаметра нагревателя на q_* для воды и этилового спирта при горизонтальном и вертикальном расположении нагревателя. При этом диаметр изменялся в пределах от 0.1 до 6 мм. В литературе нет данных по кризису на нагревателях $p < 0.1$ мм и мало сведений о влиянии размеров нагревателя на q_* при кипении смесей. Впервые этот вопрос был исследован в работе [6] для водных растворов бутилового и этилового спиртов на проволоках $d = 0.5$ мм и пластинках шириной 6 мм из нихрома. В данном сообщении приведены результаты измерений q_* на нагревателях различных диаметров при кипении некоторых чистых жидкостей и бинарных смесей. Величины q_* определялись на горизонтальных цилиндрах диаметром от 0.02 до 6 мм.

Нагреватели диаметром от 0.5 до 6 мм были изготовлены из нержавеющей стали 1х18Н9Т, от 0.5 до 0.05 мм — из нихрома, 0.02 мм — из меди.

Нержавеющая сталь указанной марки и нихром близки по составу. Поэтому можно считать, что материал почти всех нагревателей был одним и тем же.

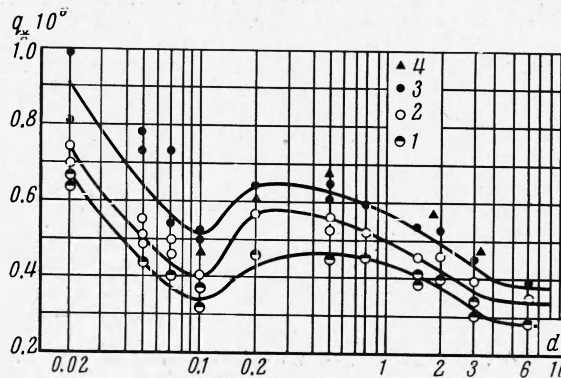
Перед опытом нагреватели, защищенные микронной наждачной бумагой и обезжиренные ацетоном, подвергались стабилизации.

Исследования проводились при кипении в большом объеме при атмосферном давлении.

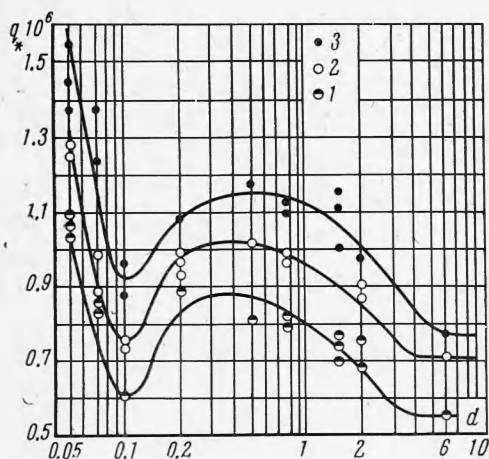
Кризис определялся визуально: на диаметрах от 0.2 мм — по местному покраснению, а на диаметрах ниже 0.2 мм — по появлению на участке поверхности «гребешковидной» паровой пленки, которая при дальнейшем увеличении нагрузки распространялась на всю поверхность нагрева.

На фиг. 1 показана зависимость критической плотности теплового потока q_* от диаметра цилиндрического нагревателя d по опытам с бензолом (кривая и точки 1), ацетоном (кривая и точки 2) и этиловым спиртом (кривая и точки 3). Здесь же на кривой 3 нанесены данные по этиловому спирту (точки 4), взятые из работы [5]. Полученные данные согласуются с данными работы [5] при $d \geq 0.1$ мм.

Как видно из фигуры, существует область, в которой существенно проявляется влияние диаметра нагревателя и наблюдаются экстремальные значения q_* , причем для $d < 0.1$ мм наблюдается резкое возрастание q_* .



Фиг. 1



Фиг. 2

На фиг. 2 показана зависимость q_* от d при кипении бинарной смеси ацетон — вода для объемных концентраций 10, 20 и 30% воды (кривые и точки 1, 2, 3 соответственно). Характер зависимости q_* от диаметра для этих смесей сохраняет тот же вид, что и для чистых жидкостей.

Попытки обобщения полученных экспериментальных данных по предложенной в работе [5] методике не привели к положительным результатам.

Проведенные исследования показывают, что влияние диаметра нагревателя на критический поток при кипении сложнее, чем было установлено ранее [5].

Поступила 14 XII 1965

ЛИТЕРАТУРА

1. Farber E. A., Scoria R. L. Heat Transfer to Water Under Pressure. Trans ASME, 1948, vol. 70.
2. Sauer E. T., Cooper H. B. H., Akin G. A., Mc Adams W. H. Heat Transfer to Boiling Liquids. Mech. Engng, 1938, vol. 60, p. 669.
3. Van Wijk W. R., Vos A. S., Van Stralen S. J. D. Heat Transfer to Boiling Binary Liquid Mixtures. Chem. Engng Sci., 1956, vol. 5, p. 68.
4. Mc Adams W. H., Kennel W. E., Minden C. S., Picornell P. M., Dew J. E. Heat Transfer and High Rates to Water With Surface Boiling. Industr. and Engng Chem., 1949, vol. 41, p. 1945.
5. Бобровиц Г. И., Гогонин И. И., Кутателадзе С. С. Влияние размера поверхности нагрева на критический тепловой поток при кипении в большом объеме жидкости. ПМТФ, 1964, № 4.
6. Бобровиц Г. И., Гогонин И. И., Кутателадзе С. С., Москвичева В. Н. Критические тепловые потоки при кипении бинарных смесей. ПМТФ, 1962, № 4.

РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ЛАМИНАРНОМ ТЕЧЕНИИ В ТРУБАХ ЖИДКОСТЕЙ СО СТРУКТУРНОЙ ВЯЗКОСТЬЮ

В. И. Попов, Е. М. Хабазашева

(Новосибирск)

Получены выражения для безразмерных критериев теплоотдачи структурно-вязких жидкостей для условий $t_w = \text{const}$ и $q_w = \text{const}$ в случае ламинарного квазиизотермического течения.

Рассмотрим случай квазиизотермического течения жидкостей со структурной вязкостью, т. е. предположим, что перепады температур по радиусу трубы таковы, что теплопроводность, теплоемкость и плотность жидкости можно считать постоянными по сечению, а вязкость — зависящей только от касательного напряжения сдвига τ .

Уравнение энергии в установившемся осесимметричном прямолинейном ламинарном потоке для значений числа Пекле ($P > 10$) в цилиндрических координатах можно записать в виде

$$W \frac{\partial t}{\partial x} = \frac{a}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial t}{\partial r} \right) \quad (1)$$

Здесь W — скорость потока, t — температура потока, a — коэффициент температуропроводности.

Общий вид зависимости текучести от напряжения сдвига $\Phi(\tau)$ для структурно-вязкой жидкости, реологические характеристики которой не зависят от времени, был предложен в работе [1]. Для жидкостей с линейным, квадратичным и т. д. законом текучести уравнение для градиента скорости при $\tau_1 \approx 0$ можно записать в виде

$$\frac{dW}{dr_1} = -\Phi_0 \left[1 + \sum_{n=1}^m \frac{\theta^n}{\Phi_0} \tau^n \right] \tau \quad (2)$$

Здесь Φ_0 — нулевая текучесть (текучесть при $\tau \rightarrow 0$), θ — коэффициент структурной устойчивости, τ — касательное напряжение сдвига. На участке стабилизированного течения распределение касательных напряжений по сечению трубы имеет вид

$$\tau = \tau_w \xi \quad (\xi = r/R) \quad (3)$$

Здесь τ_w — касательное напряжение сдвига на стенке. Подставляя (3) в (2) и интегрируя при условии $W=0$ при $\xi=1$, получаем распределение скоростей

$$W = \frac{R\Phi_0\tau_w}{2} \left[1 - \xi^2 + \sum_{n=1}^m \frac{2}{n+2} \frac{\theta^n}{\Phi_0} \tau_w^n (1 - \xi^{n+2}) \right] \quad (4)$$