

**ОБОБЩЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ КИПЕНИИ
АЦЕТОНА И ЭТАНОЛА НА ОРЕБРЁННОЙ ПОВЕРХНОСТИ****И.И. Мацко***Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Новиков М.Н.

Особенностью условий теплообмена при кипении на оребренной поверхности является её неизотермичность. Из-за конечной теплопроводности ребра на его поверхности устанавливается температурное поле, характеризующееся снижением температуры от основания ребра к его вершине. Вследствие этого на ребре могут существовать различные режимы кипения. Поскольку методов, позволяющих надёжно рассчитать интенсивность теплообмена при смешанном кипении на неизотермической поверхности, нет, ряд авторов в качестве первого приближения использовали для определения коэффициентов теплоотдачи по высоте ребра зависимости, полученные для изотермических условий [1]:

$$Nu = f(Pe, Fo, Pr, l^*, X), \quad (1)$$

где l^* – характерный линейный размер; X – параметр, учитывающий геометрию поверхности.

При анализе и решении задачи об интенсивности теплообмена при кипении жидкостей на оребренных поверхностях необходимо решить вопросы, касающиеся выбора независимых переменных, влияющих на теплообмен, и установить степень их влияния.

Процесс теплообмена при кипении отличается от конвективного теплообмена существованием двухфазного пристенного слоя. В этом случае необходимо учитывать действие поверхностных сил с помощью капиллярной постоянной жидкости:

$$l_0 = \sqrt{\frac{\sigma}{g(\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{п}})}}. \quad (2)$$

Тогда определяемый критерий Нуссельта для теплоотдающей поверхности будет:

$$Nu = \frac{\alpha l_0}{\lambda_{\text{ж}}}. \quad (3)$$

Из величин, стоящих под знаком функции, наибольшее влияние на интенсивность теплообмена (при постоянном давлении) оказывают плотность теплового потока, теплофизические свойства жидкости и геометрические параметры ребра. В то же время, одним из основных вопросов, возникающих при определении критериев подобия, является вопрос о выборе характерного линейного размера. Таким размером не может быть линейный размер поверхности нагрева, поскольку обычно рассматривается задача кипения на поверхности больших размеров, значительно превышающей размер паровых пузырей. Отсутствие существенного влияния высоты слоя жидкости на интенсивность теплообмена при кипении также доказана в ряде экспериментальных работ. Критический радиус зародыша $R_{\text{кр}}$ зависит от температурного напора (или от плотности теплового потока) и тоже, следовательно, не может быть принят как характерный линейный размер. Возможно единственной вели-

чиной, на которую практически не влияет плотность теплового потока, по мнению авторов [2, 3], является среднее значение отрывного диаметра пузыря d_0 . В результате критериальное уравнение в общем виде может быть записано в виде

$$Nu = f(K, Pr, X), \quad (4)$$

где

$$K = Pe \cdot Fo = \frac{q}{r\rho_n d_0 f} = \frac{q}{r\rho_n \omega''}, \quad (5)$$

здесь d_0 – отрывной диаметр пузыря; f – частота отрыва паровых пузырей; ω'' – скорость роста паровых пузырей, характеризующая среднюю скорость роста последних в данной точке и паропроизводительность одного центра парообразования.

Принципиальное отличие этого критерия состоит в том, что он составлен из внутренних характеристик процесса пузырькового кипения, отражающих специфические особенности данного процесса. Усредненные значения внутренних характеристик d_0, f , а в большей степени ω'' , как показано в работах [2, 3], можно считать практически не зависящими от плотности теплового потока q в широком диапазоне изменения последнего.

В качестве параметра, учитывающего форму и размеры ребра, предлагается использовать функцию профиля ребра, отнесенную к высоте ребра [4]:

$$X = \frac{f_p}{h_p}, \quad (6)$$

где $f_p = \frac{\delta_0}{2} \left(\frac{x}{h_p} \right)^{(1-2n)/(1-n)}$, x – текущая координата.

Тогда формулу (4) перепишем в виде

$$Nu_p = CX^b K_p^m Pr^n. \quad (7)$$

При расчете теплоотдачи с оребренной поверхности обычно определяется приведенный коэффициент теплоотдачи.

$$\alpha_{\text{прив}} = \alpha_p \cdot E \cdot \frac{F_p}{F_{\text{мп}} + F_p} + \alpha_{\text{мп}} \cdot \frac{F_{\text{мп}}}{F_{\text{мп}} + F_p}. \quad (8)$$

Полагая изотермичность (в первом приближении) основной поверхности образца, можно записать уравнение теплового баланса

$$Q = Q_{\text{мп}} + Q_p. \quad (9)$$

Соответственно плотности теплового потока на ребре и межреберной поверхности будут:

$$q_p = \frac{Q_p}{F_p}, \quad q_{\text{мп}} = \frac{Q_{\text{мп}}}{F_{\text{мп}}}. \quad (10)$$

В результате обобщения экспериментальных данных по теплоотдаче на ребре [5-6] по формуле (4) было получено следующее уравнение:

$$Nu_p = 21 \cdot X^{-0.1} K_p^{0.3} Pr^{-0.2}. \quad (11)$$

Результаты опытов описываются полученной зависимостью с погрешностью $\pm 15\%$ (рис. 1), что подтверждает корректность выбранного метода. Кроме того, следует отметить интересный факт, что данная зависимость справедлива как для продольного, так и для поперечного оребрения.

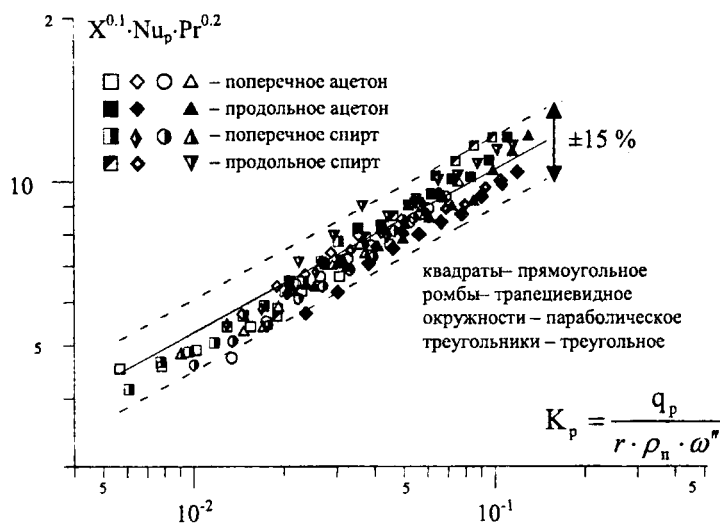


Рис. 1. Обобщение экспериментальных данных по интенсивности теплоотдачи на ребре

При обобщении экспериментальных значений коэффициентов теплоотдачи на межреберной поверхности также было использовано уравнение (4) и были получены следующие зависимости:

– для поперечного типа оребрения

$$Nu_{mp} = 115 \cdot K_{mp}^{0.4} Pr^{-0.2}; \quad (12)$$

– для продольного типа оребрения

$$Nu_{mp} = 85 \cdot K_{mp}^{0.4} Pr^{-0.2}. \quad (13)$$

Отличие в значениях константы C можно объяснить ухудшением условий отвода паровой фазы с нижней поверхности образцов вследствие запаривания поверхности из-за продольного расположения ребер. Погрешность определения α_{mp} не превышает $\pm 15\%$. Погрешность определения приведенного коэффициента теплоотдачи при использовании полученных критериальных уравнений также не превысила $\pm 15\%$.

В результате были получены критериальные уравнения, описывающие теплообмен при кипении на оребренных поверхностях с погрешностью $\pm 15\%$, и установлено, что профиль ребра практически не влияет на средний по ребру коэффициент теплоотдачи.

Л и т е р а т у р а

1. Толубинский В.И. Теплообмен при кипении. – Киев: Наукова думка, 1980. – 316 с.
2. Толубинский В.И. Скорость роста паровых пузырей при кипении жидкостей //Изв. вузов. Энергетика. – 1963. – № 10. – С. 76-83.
3. Перкинс А., Уэстуотер Дж. Вопросы физики кипения. – М.: Мир, 1964. – С. 258-281.
4. Керн Д., Краус А. Развитые поверхности теплообмена /Пер. с англ. – М.: Энергия, 1977. – 464 с.
5. Овсянник А.В., Вальченко Н.А., Дробышевский Д.А., Новиков М.Н., Коршунов Е.А. Кипение ацетона на горизонтальных трубах с поперечным оребрением в кольцевом канале //Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2002. – № 2, С. 31 -37.
6. Овсянник А.В., Вальченко Н.А., Дробышевский Д.А., Новиков М.Н., Коршунов Е.А. Кипение ацетона на горизонтальных трубах с продольным оребрением в кольцевом канале //Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2002. – № 3.

КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

С.В. Никитин, Ю.Л. Маханов, Д.А. Петрошенко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Бычкова Л.Г.

Задача анализа электрических цепей заключается в определении токов отдельных ветвей или напряжений между двумя любыми узлами цепи. При этом задаются конфигурации цепей, параметры ветвей и источники питания. Методы расчета цепей базируются на законах Кирхгофа. Очевидно, что разветвленная цепь, содержащая большое количество узлов и контуров, требует для расчета большого количества уравнений и, соответственно, большого объема вычислений. Понятно, что решение таких «большеразмерных» задач нужно возлагать на ЭВМ. Стремительное развитие вычислительной техники, в свою очередь, оказывает влияние и на все дисциплины, в которых излагаются различные методы технических расчетов, в том числе и на курс «Теоретические основы электротехники». Применяемые в этом курсе методы анализа цепей получили новое развитие в результате использования матрично-топологических способов записи уравнений. Эти формы записи отличаются простотой составления матриц, а однотипность и формализованность математических операций над матрицами позволяют использовать для решения этих уравнений электронные вычислительные машины.

В работе представлен блок программ, выполненных в диалоговом режиме и позволяющих рассчитывать установившиеся режимы в линейных цепях при постоянных и синусоидальных источниках питания, переходные режимы при воздействии постоянных во времени, синусоидальных и периодических несинусоидальных сигналах, выполнять разложение в ряд Фурье сигналов трапециидальной и произвольной формы; выполнять аппроксимацию нелинейных характеристик. Блок программ используется при расчете курсовых и расчетно-графических работ, а также при подготовке и обработке лабораторных работ на кафедре ТОЭ ГГТУ им. П.О. Сухого.

Для программирования была использована среда объектного программирования Delphi 6. При выборе данной среды программирования мы руководствовались следующими пунктами: