

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КИПЕНИИ ЖИДКОСТИ НА РЕБРЕ

А.В. Овсянник

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого
Ovsyannik@tyt.by

Для обеспечения оптимального режима работы многих теплообменных установок, отводящих тепловые потоки высокой плотности, необходимо обеспечить их номинальный температурный режим при высокой интенсивности теплоотдачи с поверхности нагрева. Отвод таких тепловых потоков с теплоотдающей поверхности может быть обеспечен организацией процесса кипения на ней и за счет развития этой поверхности, которое может быть осуществлено, например, применением оребрения различного типа и профиля.

Преимущество оребренных поверхностей заключается в том, что вследствие падения температуры от основания к вершине местные температурные напоры по высоте ребра могут соответствовать различным режимам кипения, в том числе и режиму при максимальной плотности теплового потока $q_{кр1}$. Кроме того, применение ребра в кипящей жидкости приводит к тому, что даже при температурах в основании, соответствующих пленочному режиму кипения, за счет передачи тепла теплопроводностью в зоны интенсивной теплоотдачи, суммарный тепловой поток, отводимый ребром, остается высоким. Наряду с развитием поверхности теплообмена оребрение позволяет передавать через основание ребра тепловые потоки, значительно превышающие критические, и при этом температура в основании ребра остается достаточно умеренной.

Для определения размеров теплоотдающей поверхности теплообменной аппаратуры необходимо знание количественной характеристики процесса кипения на ней - коэффициента теплоотдачи, который должен быть либо задан, либо найден по заранее известным соотношениям, полученным на основании обобщения опытных данных, а это далеко не всегда возможно. На таком подходе основываются модели процессов теплообмена при кипении жидкостей на оребренных поверхностях, приведенные в литературе.

В настоящей работе рассматривается обобщенное ребро, предложенное Гарднером, процесс стационарной теплопроводности в котором описывается дифференциальным уравнением, полученным из рассмотрения стационарного теплового баланса для бесконечно малого элемента ребра высотой dx , расположенного между плоскостями x и $x+dx$ и кривыми, ограничивающими профиль ребра. Так как процесс передачи тепла в ребре является стационарным, разность тепловых потоков, проходящих через элемент ребра dx , должна равняться тепловому потоку, отводимому с боковых поверхностей элемента ребра за счет процесса кипения. Таким образом, уравнение теплового баланса для элемента ребра, охлаждаемого кипящей жидкостью, можно записать как $dQ = dQ_1 + dQ_2$, где dQ - теплота, подводимая к элементу ребра теплопроводностью, Вт; dQ_1 и dQ_2 - теплота, отводимая с боковых поверхностей элемента ребра и затраченная на процесс парообразования и преодоление инерционных сил паровых пузырей соответственно, Вт.

На основании физических представлений процесса кипения были выражены величины dQ_1 и dQ_2 , получено дифференциальное уравнение теплопроводности для обобщенного ребра, решенное численным методом для различных профилей продольных и радиальных ребер. Из решения уравнения можно сделать вывод о том, что распределение температуры по высоте ребра удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными.

УДК 536.24

ТЕПЛООБМЕН ПРИ КИПЕНИИ АЦЕТОНА И ЭТИЛОВОГО СПИРТА НА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ОРЕБРЕННЫХ ТРУБАХ

А.В. Овсянник, М.Н. Новиков, Н.А. Вальченко, Д.А. Дробышевский

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого
Ovsyannik@tyt.by

Существующие в настоящее время способы интенсификации теплообмена при кипении на теплоотдающей поверхности можно разделить на несколько групп: структурированные поверхности, оребрение, пористые покрытия. Необходимо отметить, что при выборе применения метода интенсификации теплообмена на практике приходится учитывать не только эффективность самой поверхности, но и ее универсальность для различных теплоносителей, технологичность изготовления поверхности и сборки теплообменного аппарата, прочностные требования, загрязняемость поверхности, особенности эксплуатации и т.д. По совокупности предъявляемых требований наибольшее распространение в теплообменных аппаратах, используемых современной промышленностью, получили оребренные поверхности различных типов. К достоинствам этих поверхностей следует отнести: технологичность, дешевизну изготовления и сборки, широкий диапазон тепловых потоков, возможность работы на загрязненных теплоносителях.

Особенностью условий теплообмена при кипении на оребренной поверхности является неизотермичность теплоотдающей поверхности. 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 сосуществовать различные режимы кипения, что значительно затрудняет расчет теплоотдачи. В настоящее время отсутствуют аналитические методы, позволяющие надежно рассчитать интенсивность теплообмена при развитом кипении на такой поверхности. Поэтому практическое значение приобретают полуэмпирические зависимости, подтвержденные экспериментально.

Экспериментальные исследования интенсивности теплоотдачи при кипении ацетона и этилового спирта на оребренной поверхности в условиях свободного движения проведены в диапазоне тепловых потоков 8 – 63 кВт/м². Определены результаты при кипении этих жидкостей на поперечном и продольном типах оребрения с различной геометрией ребра. Представлен сравнительный анализ влияния типа и геометрии оребренной поверхности. Получены полуэмпирические критериальные уравнения, позволяющие рассчитать интенсивность теплоотдачи ацетона и этилового спирта в