

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/м<sup>2</sup>. 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

диапазоне тепловых потоков несущей поверхности  $8 - 63 \text{ кВт/м}^2$  для горизонтальных труб с продольным и поперечным оребрением в условиях большого объема.

УДК 536.24

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТЕЧЕНИЯ И ТЕПЛООБМЕНА В СТЕКАЮЩИХ ИНТЕНСИВНО ИСПАРЯЮЩИХСЯ ВОЛНОВЫХ ПЛЕНКАХ ЖИДКОСТИ**

А.Н. Павленко, А.М. Мацех, А.В. Морозов

Институт теплофизики СО РАН  
pavl@itp.nsc.ru

Представлены результаты экспериментального исследования динамики течения, теплообмена, переходных процессов и кризисных явлений в стекающих пленках криогенной жидкости в режимах интенсивного испарения и кипения. Пленочные течения жидкостей (в том числе криогенных) широко используются в различных технологических процессах для интенсификации тепломассопереноса. Испарение в тонких пленках жидкости обеспечивает при малых расходах жидкости и низких температурных напорах высокую интенсивность теплообмена. Испарители с пленочным течением жидкостей находят широкое применение в дистилляционных установках, системах охлаждения, градирнях, в крупномасштабных аппаратах по ожижению природного газа, в пищевой промышленности. В первой части доклада проведен обзор имеющихся в литературе данных по теоретическому и экспериментальному исследованию гидродинамики и теплообмена при волновом течении жидкостей в неадиабатических условиях. Выполнен подробный анализ опубликованных в последнее время работ по изучению структуры течения, теплообмена и кризисных явлений как в недогретых до температуры насыщения пленках жидкости, так и в условиях испарения и кипения. В настоящее время отсутствуют расчетные соотношения, которые бы позволили учесть влияние плотности теплового потока на интенсивность теплопереноса в режимах интенсивного испарения волновых пленок жидкости, включая предкризисные режимы с образованием нестационарных и устойчивых «сухих» пятен. Влияние эффектов интенсивного испарения на динамику волнового пленочного течения, взаимосвязь между волновыми характеристиками и локальным нестационарным теплообменом в этих условиях экспериментально практически не исследовались.

Измерения локальной толщины пленки жидкости, коэффициентов теплоотдачи и критических тепловых потоков проводились на участке волнообразования и в области развитого волнового течения пленки жидкого азота. Выполнение опытов в оптическом криостате [1, 2] позволило также провести визуализацию эволюции волновой картины течения, динамики развития «сухих» пятен с использованием высокоскоростной кино- и видеосъемки. Для измерения распределения мгновенной локальной толщины пленки использован емкостный метод измерения [3]. Профиль локальной температуры теплоотдающей поверхности вдоль течения волновой пленки измерялся с помощью последовательности напыленных на кремниевую пластину платиновых термодатчиков [4].