

4. Пат. 279, МПК В 01 J 3/04, А 23 L 3/10. Автоклав / П.І. Колінчук, С.П. Колінчук; власник колективне підприємство - Центр ділового та наукового співробітництва "Колін". – № 98041944; заявл. 25.12.1998; опубл. 25.12.1998, Бюл. № 6.
5. Пат. 65058. МПК⁶ В 01 J 3/04. Автоклав / Полетун Л. Ю., Резніков М. І., Степанішина Л.Г., Попій О.В., Харченко А.П. – № 2003054652; заявл. 22.05.2003; опубл. 15.03.2004, Бюл. № 3.
6. Микулик Н.Н. Современные автоклавы французской фирмы "Стерифлоу" / Н.Н. Микулик, Т.Н. Крылова // „Рыбпром”. – 2007. – №4. – С. 36-37.
7. Цуркан О.В. Перспективи використання аеродинамічного нагріву для автоклавної обробки харчової сировини / О.В. Цуркан, Т.О. Міщук // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Серія "Технічні науки". Випуск 103. – 2010. – С. 136-142.
8. Пат. 63561. МПК В 01 J 3/04. Спосіб автоклавної обробки матеріалів і виробів / Н.Л. Правдюк, О.В. Цуркан, Т.О. Міщук, І.В. Коц; власник Вінницький національний аграрний університет. – № 201103703; заявл. 28.03.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 19.
9. Пат. 59636. МПК В 01 J 3/00. Установка для баротермічної обробки харчової сировини / Коц І.В., Цуркан О.В., Міщук Т.О.; власник Вінницький національний аграрний університет. – № 201012947; заявл. 01.11.2010; опубл. 25.05.2011, Бюл. № 10.

УДК 536.24.02

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРООБРАЗОВАНИЯ НА ПРОФИЛИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ

¹Бурдо О.Г., ²Косой Б.В., ²Слободенюк М.И., ²Кондратенко А.А.,
¹Одесская национальная академия пищевых технологий,
²Одесская государственная академия холода

Приводятся описание экспериментального стенда и методики исследования интенсивности теплоотдачи при парообразовании на профилированных поверхностях. Анализируются возможности создания компьютеризированных комплексов для изучения процессов. Представлены результаты тепловых исследований процессов парообразования на профилированных поверхностях.

Description of the experimental setup and the methods of investigation of the intensity of boiling heat transfer on profiled surfaces. Considered possibilities to create computerized systems for studying heat transfer processes. The results of thermal evaporation processes on profiled surfaces are presented.

Ключевые слова: кипение, капиллярная поверхность, автоматизированный эксперимент.

Введение. Проблема интенсификации процессов парообразования являются актуальной в различных отраслях техники. Это выпарное оборудование пищевых производств, испарители холодильных машин, системы охлаждения теплонагруженных элементов атомной энергетики, силовой электроники и пр. Особое значение эта проблема имеет при решении задач создания компактных систем охлаждения и термостабилизации для летательных аппаратов, в космических технологиях, в технике тепловых труб.

Известно, что специальная обработка поверхности теплообмена в несколько раз способна повысить коэффициент теплоотдачи в аппаратах с однофазным теплоносителем. Различного рода мелкоребристые, волокнистые, спеченные поверхности используются для совершенствования аппаратов в холодильной технике и тепловых трубах [1]. Среди этого разнообразия конструкций поверхностей теплообмена особое перспективны имеют испарители с регулярной профилированной структурой. Именно такие конструкции испарителей могут иметь предельные теплотехнические и гидравлические характеристики для конкретных режимов работы. Форма и размеры профилированных каналов являются удобными параметрами для тепло-гидродинамической оптимизации конструкции. Вместе с тем, необходимый уровень исследований профилированных испарителей не достигнут, основной их результат сведен в [1]. Это объясняется, вероятно, сложностью экспериментального моделирования процессов, его зависимостью от многочисленных факторов. Исследования данной работы направлены на разработку методов и универсального стендового оборудования для комплексного изучения механизмов и кинетики парообразования на профилированных поверхностях теплообмена.

Описание экспериментального стенда. На рис. 1 представлено подробное описание основного узла экспериментальной системы. Основным элементом стенда является тепловой концентратор, тепловой клин 1, к которому прижимается исследуемая пластина 7. Серьезной технической проблемой является минимизация термического контактного сопротивления на границе «рабочий участок – торец концентратора». Для повышения тепловой проводимости в зоне контакта поверхности пластины и концентратора тщательно обрабатывались для минимизации шероховатости и неплоскостности, и, при необходимости, использовалась теплопроводная паста.

Концентратор с помощью тонкостенной мембраны 5 устанавливался в корпусе. Подпитка жидкостью пластины осуществлялось посредством фитиля 9. Важным условием стабильной работы системы подпитки (особенно на предельных тепловых потоках) является согласованность гидравлических сопротивлений фитиля, поверхности и зоны их контакта. Экспериментально установлено, что поставленным условиям удовлетворяет фитиль, который состоял из 8 рядов сеткивыполненной из латуни, с размером ячейки 0.4 мм.

Точность эксперимента в значительной степени определяется погрешностями термодпар, по которым оценивали и плотность теплового потока, и среднюю и локальную температуры рабочего участка. Приемы, которые использовались в работе для повышения точности измерений, сведены в табл.1.

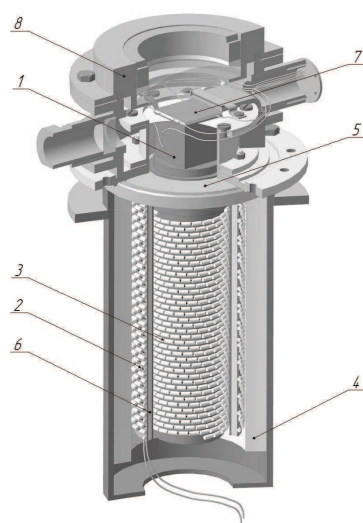


Рис. 1 – Экспериментальная установка

Для визуального наблюдения процесса кипения на установке предусмотрены стеклянные увеличительные иллюминаторы, расположенные сверху и сбоку. Для нагрева теплового клина использовался нихромовый провод 3 диаметром 0.5 мм, на который подается переменный ток. Регулировка мощности проводилась автотрансформатором. Измерение напряжения и силы тока осуществляется с помощью комплекса К-50. Концентратор с нагревателем помещен в теплоизолированный цилиндр 6, оборудованный экранирующим нагревателем 2 для минимизации тепловых потерь. На внутренней и внешней стенках изолированного цилиндра установлены хромель-копелевые термодпары. Для точного определения теплового потока на участке тепловой стабилизации расположены две термодпары. Для исследования кипения в паровой среде предусмотрена герметичная крышка 8.

Таблица 1 – Характеристика датчиков температуры

№ дат-чика	Конструкция	Условия монтажа
T1, T2, T3, T4	Хромель-копелевые термоэлектроды диаметром 0,3 мм.	Введены на глубину 10 мм в центрах боковых поверхностей пластины в сверления \varnothing 0.6 мм.
T5, T6	Хромель-копелевые термоэлектроды диаметром 0,3 мм.	Введены на глубину 15 мм в центрах зоны стабилизации концентратора в сверления \varnothing 1 мм.
T7, T8	Хромель-копелевые термоэлектроды диаметром 1 мм.	Расположены на внутренней и наружной стенках изолирующего цилиндра

Методика досліджень. Целью досліджень являлось установити вплив щільності теплового потоку q на значення коефіцієнта теплоотдачи α :

$$\alpha = q (t_{\text{ст}} - t_{\text{н}})^{-1} \quad (1)$$

Значення q визначалися з рівняння Фур'є:

$$q = (\lambda/\delta)(t_6 - t_5)F^{-1} \quad (2)$$

де $\lambda=384$ Вт/мК – теплопровідність міді, $\delta=10$ мм – відстань між термопарами Т5-Т6. Значення розрахунок по (2) порівнювалися з вимірюваннями споживаної потужності основним нагрівачем. розходження не перевищали 8,5 %. Середня температура поверхності розраховувалася по значенням термопар встановлених в пластині: $t_{\text{ст}} = 0,25(t_1 + t_2 + t_3 + t_4)$.

Описання вимірювального комплексу. Для вимірювання температур використовувався вимірювальний комплекс ОВЕН УКТ-38. Посередством інтерфейсу RS-232 стала можлива функція відстежування і збереження температурних коливань безпосередньо на комп'ютері в режимі он-лайн, що дозволяє максимально автоматизувати експеримент і звести похибку до мінімуму. В якості прикладу, на рис. 2 показані температурні коливання на чотирьох термопарах, розташованих на пластині, і на двох датчиках, відстежують тепловий потік.

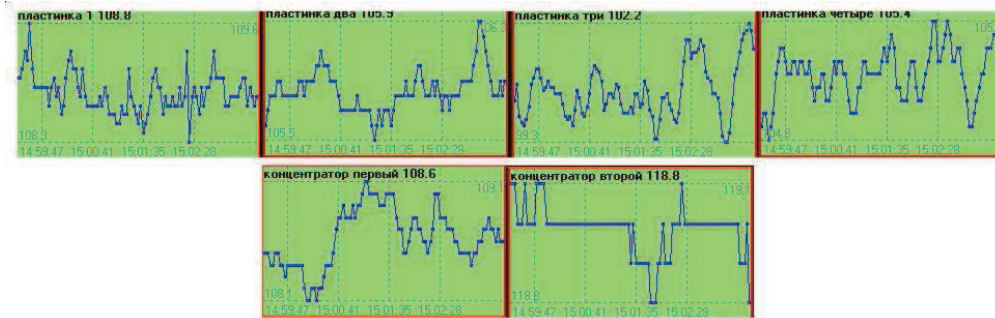


Рис. 2 – Ілюстрація автоматичного побудови графіків температурних коливань

Теплообмін при пароутворенні на профілюваних поверхностях. Залежність коефіцієнта теплоотдачи від теплового потоку показана на рис. 3.

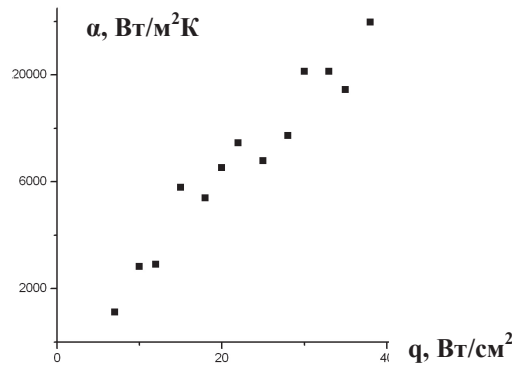


Рис. 3 – Зміна коефіцієнта теплоотдачи

Висновки

Дослідження процесів кипіння в мікроканалних структурах є однією з важливих задач теплофізики фазових переходів. Движення рідини в канавках з поперечним розміром менше капілярної постійної, характеризується суттєвим впливом капілярних сил на рух рідини. В умовах переважаючого впливу капілярних сил, режими течії і тепломасобміну в мікроканальній структурі можуть змінюватися, і можуть виникати режими нехарактерні для кипіння на плоскій поверхності. Саме тому особливий інтерес представляє експериментальне вивчення кипіння на профілюваних капілярних поверхностях.

Література

1. Смирнов Г.Ф., Бурдо О.Г. Моделирование процессов в тепловых трубах и термосифонах. – Одесса: Полиграф, 2012 – 294с.