

# ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ЗАПОЛНЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТЕРМОСИФОНА ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР ПО ВЫСОТЕ КОНДЕНСАЦИОННОЙ ЧАСТИ

К.О. Зайкан<sup>1,2</sup>, Д.В. Феоктистов<sup>1</sup>, Е.Г. Орлова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, ЭНИН, ТПТ, <sup>2</sup>группа 5ФМ61

Разработка эффективных систем отведения теплоты от поверхности [1-5], является одной из задач при проектировании технологического оборудования в нефтяной, космической, химической отрасли. Вследствие этого для промышленной теплоэнергетики большой интерес представляют такие теплоотводящие устройства как двухфазные термосифоны. Данные устройства просты по своей конструкции и способны отводить высокие локальные тепловыделения, принцип действия которых основан на режимах кипения и конденсации в условиях свободной конвекции.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование степени заполнения вертикального термосифона теплоносителем на распределение температур по высоте конденсационной части.

Экспериментальные исследования проведены на установке [4, 5], принципиальная схема которой представлена на рисунке 1.

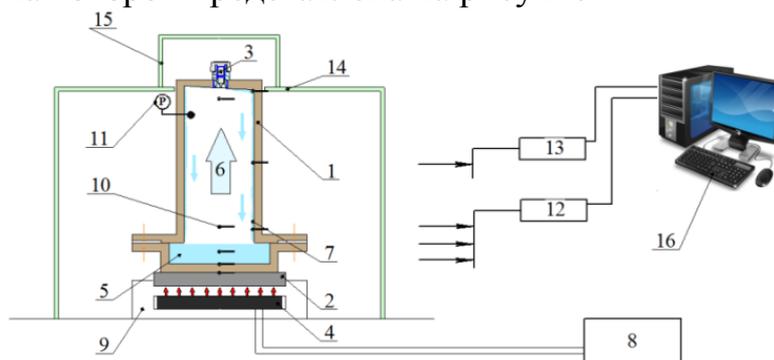


Рис. 1. Принципиальная схема установки: 1 – термосифон, 2 – металлическая подложка, 3 – клапан, 4 – спираль нагрева, 5 – рабочая жидкость, 6 – пары жидкости, 7 – конденсат, 8 – источник питания, 9 – рабочий столик, 10 – термопары, 11 – датчик давления, 12 – аналого-цифровой преобразователь NI 9214, 13 – аналого-цифровой преобразователь NI USB-6000, 14 – стеклянный бокс, 15 – крышка под верхнее отверстие, 16 – персональный компьютер.

Конструкция термосифона изготовлена из меди и состоит из двух частей: нижней 1 и верхней 2 крышки. Толщина боковых стенок 1,5мм, нижней стенки 2мм. Верхняя стенка термосифона выполнена под углом 3° к горизонту, что обеспечивает движение конденсата по одной стенке.

Условно термосифон можно разделить на 3 рабочие части: испарительную I, паровую II и конденсационную III.

Нижняя крышка термосифона с внутренним диаметром 54 мм, объемом 50 мл выполняет функцию испарительной части.

Паровой канал изготовлен из медной трубы с внутренним диаметром 39,2 мм. Температура паров в II измеряется термопарами, установленными в нижней, верхней и центральной части. Их расположение изображено на рисунке 2.

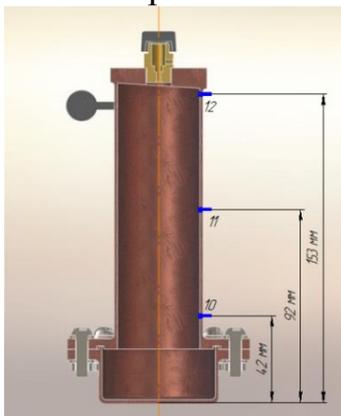


Рис. 2. Геометрическое расположение термопар на стенке парового канала

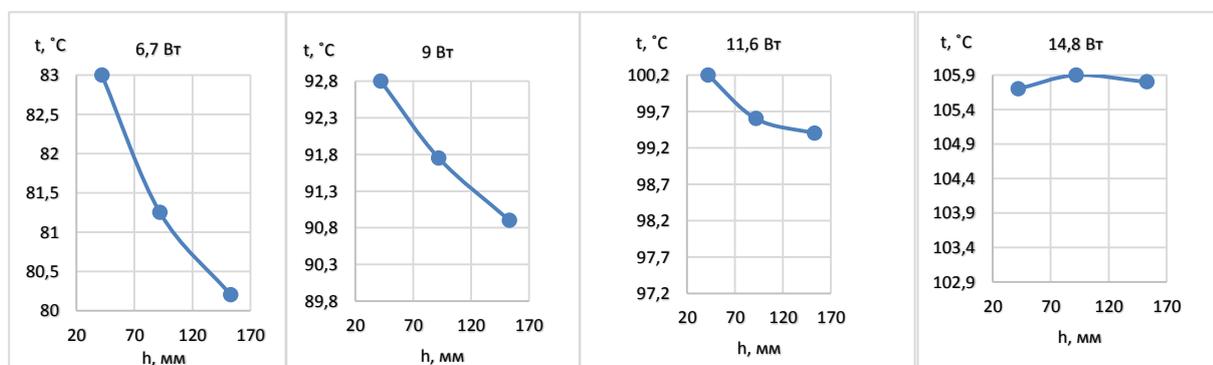
Верхняя стенка термосифона выполняет функцию конденсационной части III. Измерение температуры конденсата, движущегося по боковой стенке, осуществляется термопарами 10,11,12 рис. 2. В таблице 1 представлены варьируемые параметры.

Табл. 1 – Основные варьируемые параметры

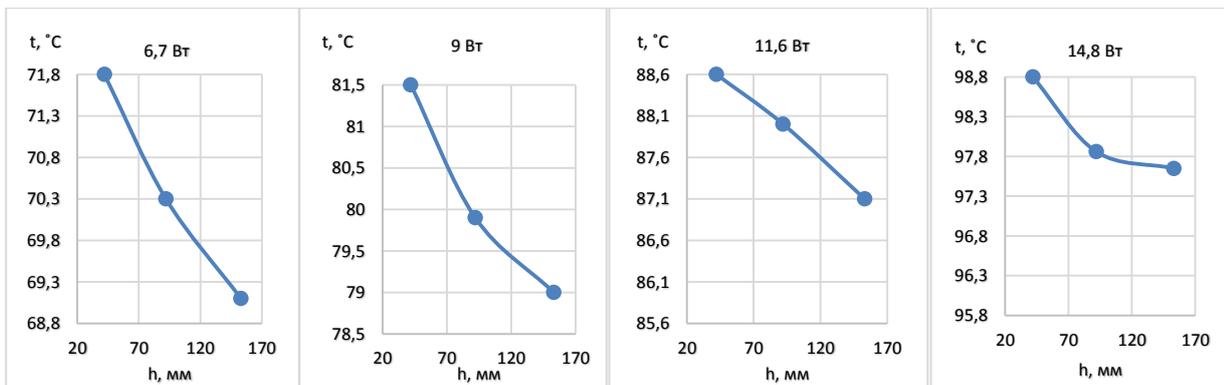
Основные факторы	Значения факторов
Объем заполнения термосифона	10 – 50 мл, с шагом 10 мл.
Мощность нагрева, Вт	6,7; 9; 11,6; 14,8;

Экспериментальные результаты распределения температур на вертикальной стенке термосифона при различном его заполнении представлены на рис. 3.

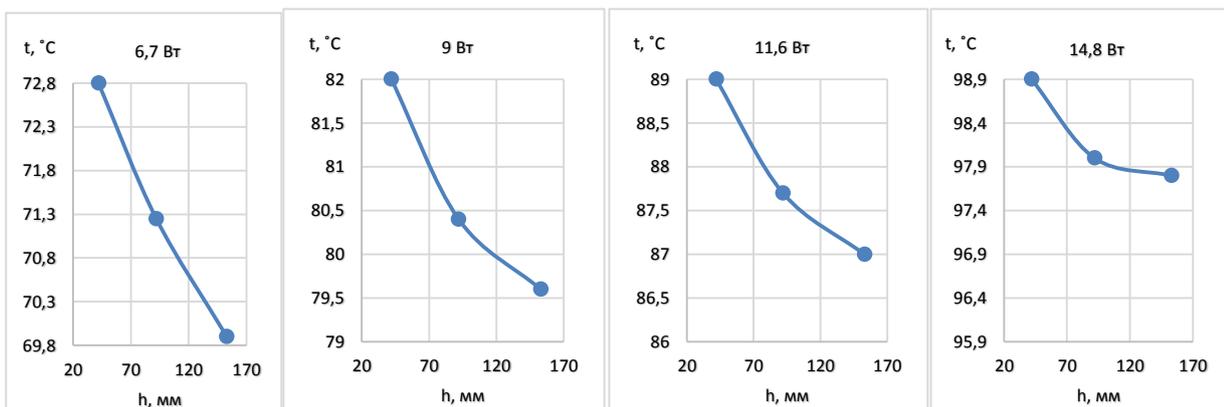
Анализ полученных зависимостей по изменению температуры на вертикальной стенке (в квазистационарных условиях работы термосифона) показывает, что при увеличении мощности подводимой к термосифону сокращается перепад температур между термопарами №10, 11, 12. Так при нагреве 6,7Вт перепад температур на стенке между точками 10 и 12 составил 3°C, при 9Вт – 2,5°C, при 11,6Вт – около 2°C, при 14,8Вт перепад составил не более 0,5 – 1°C.



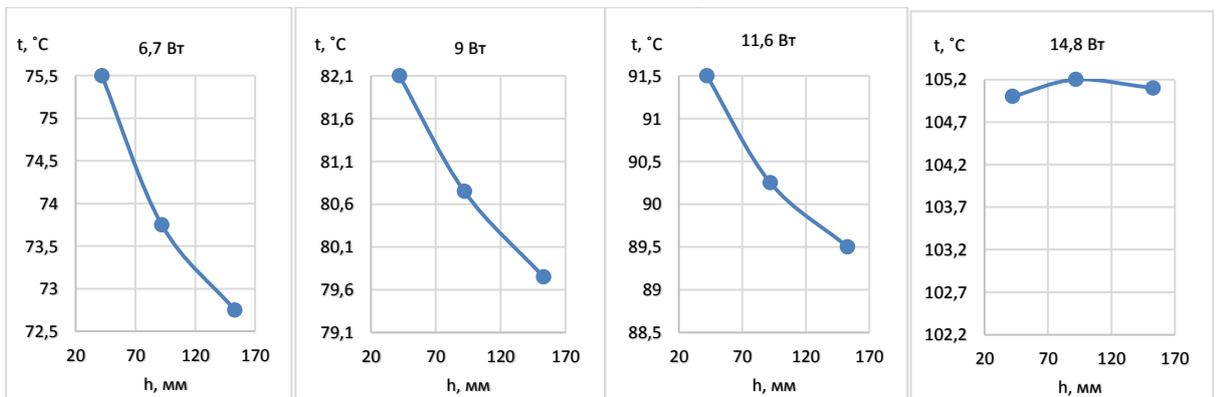
а)



б)



в)



г)

Рис. 3. Распределение температур на вертикальной стенке термосифона при различном заполнении: а) – 10мл; б) – 20мл; в) – 30мл; г) – 40мл; д) – 50мл.

Выявлено, что при относительно высоких условиях нагрева термосифона 14,8Вт температура в точках №10, 11, 12 составляла  $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , при этом давление было равным 120-130 кПа. В этих условиях температура в точке 11 выше, чем в точке 10 и 12. Последнее возможно объяснить следующим. При данных условиях работы термосифона могут возникать сухие пятна на стенке, предназначенной для транспортировки конденсата из паровой части в испарительную. При образовании такого пятна может значительно повышаться температура.

Работа поддержана грантом Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук (МК-6810.2016.8).

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Кузнецов Г.В., Феоктистов Д.В., Орлова Е.Г., Батищева К.А. Режимы испарения капель воды на медных подложках // Коллоидный журнал. – 2016. – Т.78. – С.335-339.
2. Nakoryakov V.E., Misyura S.Y., Elistratov S.L. Evaporation of water solution droplets on a horizontal heating surface // International Journal of Energy Technology – 2012. – P. 1-7.
3. Люлин Ю.В., Кабов О.А. Измерение массовой скорости испарения в горизонтальном слое жидкости, частично открытом в движущийся газ // Письма в ЖТФ. – 2013. – Т.39. – С. 88-94.
4. Кузнецов Г.В., Феоктистов Д.В., Орлова Е.Г. Испарение капель жидкостей с поверхности анодированного алюминия // Теплофизика и аэромеханика. – 2016. – Т. 23, №1. – С. 17-22
5. Семенов А. А., Зайцев Д. В., Феоктистов Д.В., Кузнецов Г. В., Кабов О. А. Экспериментальное исследование испарения капли жидкости на нагреваемой твердой поверхности // Теплофизика и аэромеханика. - 2015 - Т. 22 - №. 6. - С. 801-804.

## МЕХАНИЗМ ДВИЖЕНИЯ КОНТАКТНОЙ ЛИНИИ В УСЛОВИЯХ РАСТЕКАНИЯ КАПЛИ ПО ТВЕРДОЙ ПОВЕРХНОСТИ

<sup>1</sup> Д.В. Феоктистов, <sup>1,2</sup> Л.С. Жидкова, <sup>1,2</sup> К.А. Батищева  
<sup>1,2</sup>Томский политехнический университет  
ЭНИН, ТПТ, <sup>2</sup>5БЗБ

Известно [1-17], что капля, помещенная на твердую поверхность, растекается, стремится принять равновесное состояние. Характеристиками, используемыми для описания растекания капли по твердой поверхности являются: динамический краевой угол, скорость движения линии трехфазного контакта (ЛТК) и диаметр пятна контакта. Наиболее значимой из них является динамический краевой угол. Известны [18-20], теории процесса растекания, в которых ДКУ математизирован в виде функциональных зависимостей от скорости перемещения ЛТК.

В настоящих исследованиях проведено обоснование возможности применения положений комбинированной теории процесса растекания (как наиболее интегрированной так, как она учитывает адсорбцию и десорбцию молекул, силы вязкостного трения в объеме жидкости) к описанию натекания/оттекания капли жидкости по полированной и структурированной поверхностям алюминиевых подложек.

В комбинированной теории предполагается, что равновесный контактный угол зависит от скорости перемещения ЛТК [18]:

$$\theta_D^3 = (\theta_0(U))^3 \pm (9\mu U / \sigma) \ln(L/L_m)$$