

Оглоблин Г.В. Горячкин М.

Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет.
Комсомольск на Амуре. Россия.

ТЕПЛОВЫЕ ПОТОКИ В ТЕРМОСИФОНЕ.

Предложена методика визуализации и расчёта тепловых потоков в термосифоне. В качестве детектора используются жидкие кристаллы холестерического типа.

Впервые идея тепловой трубы была предложена американским инженером Гоглером в 1942 году. Но только в начале 60-х годов, после того как другой американский ученый Гровер независимо от Гоглера вновь изобрел и в 1963 году запатентовал ее, тепловые трубы получили интенсивное развитие. К настоящему времени созданы тысячи модификаций тепловых труб с различными функциями и для многообразных применений. Такое внимание к тепловым трубам объясняется их высокой эффективностью по переносу тепла и конструкции прибора. Различают два типа тепловых труб это трубы использующие фитиль и тепловые трубы, использующие гравитацию. Последние получили название термосифоны. Если первые трубы работают в любом положении, то термосифоны в вертикальном. Устройство термосифона просто – полая медная труба запаивается с одной стороны и заполняется примерно 1/3 своего объёма активным веществом, например – (вода, смесь воды и спирта, эфир, ацетон и т.д.) нагревается до температуры кипения. Как только с открытого конца трубы пойдёт пар, труба герметизируется и охлаждается. Данный способ позволяет создать разреженное пространство в замкнутом пространстве термосифона и как следствие понизить температуру закипания рабочего вещества

Для визуализации процесса происходящего в термосифоне изготовили его модель из стеклянной трубки диаметром 8мм и длиной 230мм заполненной рабочим веществом-эфиром. Уплотнение первого и второго конца трубки выполнялось герметикам типа «Алмаз» имеющий температуру разрушения 150°C. Рабочий диапазон температур термосифона от 29°C до 80°C. Выбор диапазона обусловлен безопасностью при работе с прибором. В качестве нагревательного элемента использовали проволочное сопротивление 500 ом типа ПЭВ-15. Параметры нагревателя: мощность 12,5вт ват, напряжение 80 В, ток 0,16А. Диаметр каркаса проволочного сопротивления выполнен из огнеупорного материала. Трубчатый канал

сопротивления диаметром 9мм использовался в качестве посадочного гнезда для стеклянной трубки термосифона.

Процесс охлаждения объекта тепловой трубой можно исследовать с помощью градиентной термографии. Для исследования тепловых полей термосифона воспользовались жидкокристаллическим детектором, который в режиме реального времени, визуализирует градиентную термограмму, а фиксация её на видеокамеру позволяет проследить её динамику. Набор таких детекторов обширен техника и методика их применения зависит от решаемой задачи [2,3,4,5]. В них применяются жидкие кристаллы холестерического типа с высокой чувствительностью к температуре. По данным отмеченным в работе [3] чувствительность плёнки жидких кристаллов порядка 10^{-4}°C . Для однократного анализа жидкие кристаллы наносятся непосредственно на интересующий нас участок, обеспечив для этого необходимую чистоту поверхности и черный фон. В опыте рис.1 использовалась фотокамера «Panasonic DMC FS42» в режиме видео, что позволило в реальном времени отследить на поверхности термосифона развитие фронта тепловой волны.

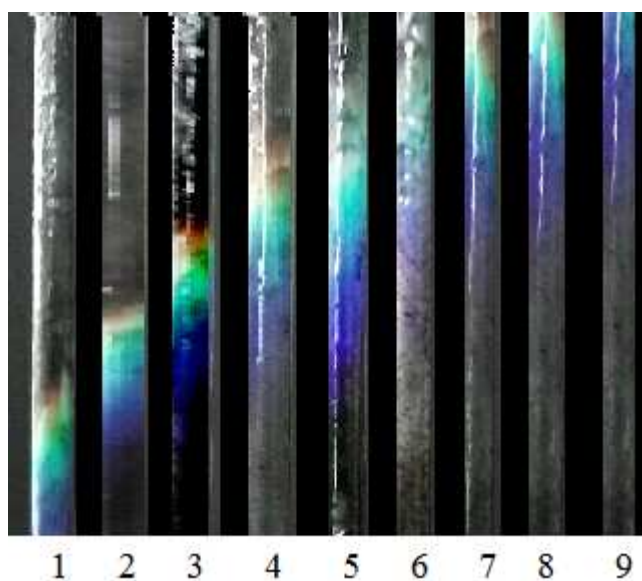


Рис.1

График распространения фронта тепловой волны на участке конденсации пара за 130с. Применяемые жидкие кристаллы холестерического типа с мезофазой $55-60^{\circ}\text{C}$.

Слайд на рис.1. получен путём монтажа девяти моментов прохождения поверхностной тепловой волны с шагом регистрации 14,4 с. Если провести

огибающую фронта волны для всех моментов, то она будет характерна для нелинейного процесса.

Полученная термограмма расшифровывается с помощью градуированной шкалы температур для жидких кристаллов с мезофазой 55-60°C.



Рис.2. Градуированная шкала для термоиндикаторов 55- 60°C.

Красный цвет 55°C . Оранжевый 56 °C. Жёлтый 57 °C . Зелёный 58 °C . Голубой 58,5 °C . Синий 59°C . Фиолетовый 60°C.

Зная температуру поверхности термосифона можно экспериментально определить температуру в симметрично расположенной точке внутри трубы на эквивалентной модели. Для этого определяем коэффициент температуропередачи J стеклянной трубки:

$$J = \frac{t_{c1}}{t_{c2}},$$

где

t_{c1} – температура внутри стеклянной трубки.

t_{c2} – температура на поверхности стеклянной трубки.

Задавая и замеряя температуру внутри трубки, определяем с помощью термопары типа К и мультиметра ТМ-902С температуру в симметричной точке, данные заносим в таблицу 1.

Таблица 1

п/№	1	2	3	4	5	6	7	Среднее значение
t_{c1}	26	29	32	32	36	36	40	
t_{c2}	23	26	27	29	32	28	28	
J	1,130	1,115	1,185	1,103	1,125	1,285	1,428	1,195

Таким образом, взяв за основу среднее значение J можно по термограмме определить температуру парового столба. Например: для 1

момента зелёный цвет на поверхности термосифона отражает $t_{c2} = 58^{\circ}\text{C}$ тогда в симметричной точке внутри термосифона $t_{c1} = Jt_{c2} = 1,195 \cdot 58^{\circ}\text{C} = 69,31^{\circ}\text{C}$ и т.д.

Тепловой поток через стенку термосифона определяем согласно уравнения (1):

$$q_l = \frac{Q}{l} = \frac{\pi(t_{c1} - t_{c2})}{R_{\text{ц}}}, \quad (1)$$

где Q – тепловая мощность цилиндра длиной l , $l=230$ мм;

m – масса рабочего вещества с трубой 16г, вес трубы 14г.

t_{c1} – температура внутренней поверхности цилиндра;

t_{c2} – температура внешней поверхности цилиндра;

$R_{\text{ц}}$ – термическое сопротивление стенки цилиндра.

Термическое сопротивление стенки цилиндра:

$$R_{\text{ц}} = \frac{1,15}{\lambda} \log \frac{d_{\text{н}}}{d_{\text{в}}}, \quad (2)$$

где

$d_{\text{н}}$ – наружный диаметр цилиндра 8мм;

$d_{\text{в}}$ – внутренний диаметр цилиндра 6мм.

Таким образом, можно проследить динамику температуры и теплового потока, термическое сопротивление стенок термосифона, высоту парового столба и т.д.

Вывод. Предложенная методика расчёта волнового фронта парового столба использует в основном эмпирический материал. Применение жидких кристаллов позволяет провести расчёт необходимых параметров.

Литература.

1. Накоряков В.Е., Покусаев Б.Г., Шрейбер И.Р. Волновая динамика газо- и парожидкостных сред. 1983.
2. Блинов Л.М. Электро и магнитооптика жидких кристаллов. Изд. Наука. М.,1978,с.384.
3. J.L. Ferganson. Cholesteric structure1.Optical properfies. Mol. Crystals. Vol 1. P. 293-307.April. 1966.

4. . Г.В. Оглоблин, В.В. Стулов. Методика расчёта теплового потока через широкую стенку прямоугольной модели кристаллизатора.// Материалы м.н-т.к «Проблемы и перспективы обработки материалов и заготовительных производств», Т.2., Комсомольск – на - Амуре., 2010., с.393-394.
5. Г.В. Оглоблин, В.В. Стулов. Методика моделирования теплообмена на стенках кристаллизатора.//Известия ВУЗов. Чёрная металлургия.№10.2012.С.14-16