

УДК 536.24

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЗАМКНУТЫХ ТЕРМОСИФОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

П. С. Колмачева

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научные руководители: А. В. Шаповалов, Т. Н. Никулина

Предложена конструкция термосифона, позволяющая работать при разных углах наклона. Экспериментально исследован теплообмен в термосифонных элементах с развитой поверхностью конденсатора и внутренними цилиндрическими вставками в испарителе, заправленных фреоном R410a. Проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: термосифон, пародинамический термосифон, энергосберегающая технология, интенсификация теплообмена, модификация поверхностей теплообмена.

THE EXPERIMENTAL METHOD FOR THE RESEARCH OF EFFECTIVE WORK OF CLOSED THERMOSYPHON ELEMENTS

P. S. Kolmacheva

Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus

Science supervisors: A. V. Shapovalov, T. N. Nikulina

The design proposed allows to work to the thermosiphon at different tilt angles; there was experimentally investigated the heat exchange in thermosiphon elements with a developed heating surfaces in the condenser and internal cylindrical inserts in the evaporator (thermosiphon was re-fueled R410a); there was carried out the analysis of the experimental results.

Keywords: thermosiphon, steam-dynamic thermosiphon, energy-saving technology, intensification of heat transfer, modification of heat transfer surfaces.

Замкнутые двухфазные термосифоны рассматриваются как достаточно перспективные, высокоэффективные, надежные теплопередающие теплообменные устройства. В связи с этим актуальным является исследование возможности применения термосифонов как основного элемента системы охлаждения приборов, устройств и оборудования [1, 2].

Объект исследования – процесс теплообмена в замкнутом двухфазном теплопередающем элементе – термосифоне.

Целью работы является:

- анализ и выявление наиболее существенных свойств теплоносителей для двухфазных теплопередающих устройств;
- выбор теплоносителя для экспериментальных исследований;
- экспериментальное исследование процесса теплообмена для создания эффективных теплообменных аппаратов с применением термосифонов.

Предмет исследования – модель теплообменника на основе термосифонных элементов с улучшенными характеристиками. Конструкция экспериментального

стенда разборная, что позволяет проводить исследования как для классического, так и для паро-динамического термосифона и сравнивать их эффективность при одинаковых условиях (рис. 1).

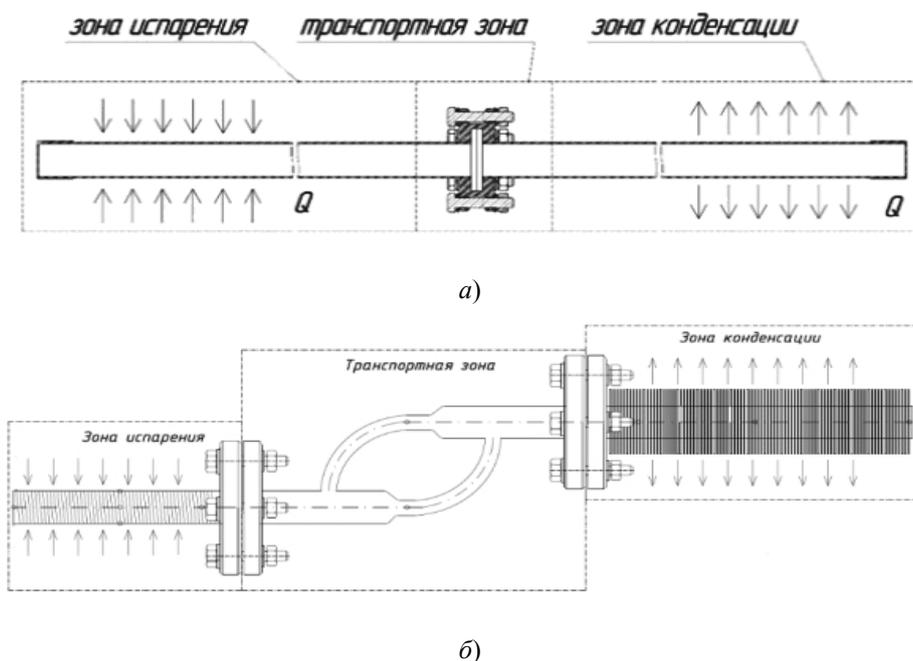


Рис. 1. Схемы экспериментального стенда:
 а – классический термосифон (КлТ); б – пародинамический термосифон

Теплопередающая способность термосифона зависит от теплопроводности, теплоемкости, скрытой теплоты парообразования, вязкости, поверхностного натяжения теплоносителя.

Выбор теплоносителя для конкретных условий работы термосифона должен производиться на основе совместного учета ряда факторов, определяющих принципиальную работоспособность замкнутых двухфазных теплопередающих устройств в заданных условиях, высокие эксплуатационные качества (надежность, долговечность, безопасность), стоимость и доступность.

Для выбора теплоносителя в [3, 4] рекомендуется использовать показатель качества FOM (figure of merit). По итогам анализа свойств фреонов R134a, R404a, R410a и R407c (наиболее часто используются в промышленности) в качестве теплоносителя для экспериментального исследования был выбран фреон R410a.

Методика проведения опытов заключалась в ступенчатом увеличении теплового потока с определенной выдержкой между двумя приращениями тепловой нагрузки. Этот интервал во времени необходим для стабилизации изменяющихся параметров. Охлаждение зоны конденсации производилось за счет наружного оребрения конденсатора. Кипение в испарителе происходило между трубами $35 \times 1,5$ мм и $26 \times 1,5$ мм.

В качестве изменяемых параметров были выбраны объем заправляемого теплоносителя и угол поворота термосифона относительно горизонтальной плоскости.

Термическое сопротивление R рассчитывалось по формуле

$$R = \frac{t_n - t_k}{q}, \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{м}^2/\text{Вт}, \quad (1)$$

где q – тепловой поток, отнесенный к единице площади поверхности, $\text{Вт}/\text{м}^2$; t_n – температура в начале исследуемого участка термосифона, $^\circ\text{C}$; t_k – температура в конце исследуемого участка термосифона, $^\circ\text{C}$.

В рамках данной работы была проведена серия экспериментальных исследований работы термосифона с внутренними циркуляционными вставками для определения распределения температур стенки испарителя и конденсатора термосифона при разных подводимых тепловых нагрузках к испарителю термосифона. Условия проводимых экспериментов:

- угол наклона термосифона относительно горизонтальной плоскости – $0^\circ, 90^\circ$;
- подводимая тепловая нагрузка к испарителю: $0\text{--}87,2$ Вт.

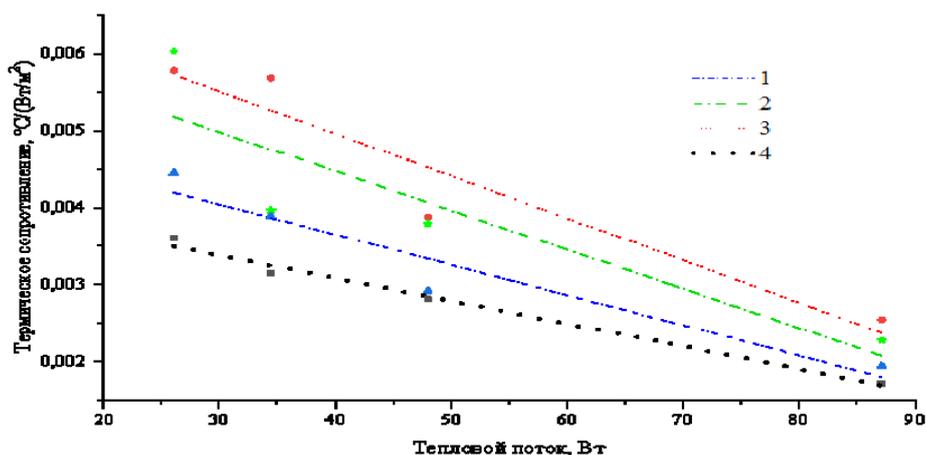


Рис. 2. Зависимость термического сопротивления от подводимого теплового потока:

- 1 – ПДТ с цилиндрическими вставками при угле наклона 0° ;
- 2 – ПДТ с цилиндрическими вставками при угле наклона 90° ;
- 3 – КлТ при угле наклона 90° ; 4 – КлТ при угле наклона 0°

В результате экспериментального исследования работы термосифонных элементов с внутренними циркуляционными вставками, заправленных озонобезопасным хладагентом, при различных углах наклона, выявлено:

- распределение температур в пародинамическом термосифоне с циркуляционными вставками и термосифоне классической конструкции одинаково;
- испаритель пародинамического термосифона с цилиндрическими вставками при угле наклона 0° работает эффективнее, чем термосифон классической конструкции с развитой поверхностью конденсатора;
- кольцевой зазор 3 мм не оказывает существенного влияния на термическое сопротивление пародинамического термосифона.

Литература

1. Васильев, Л. Л. Перспективы применения тепловых насосов в Республике Беларусь / Л. Л. Васильев // Инженер.-физ. журн. – Т. 78. – № 1. – С. 23.

2. Безродный, М. К. Процессы переноса в двухфазных термосифонных системах. Теория и практика = Transfer processes in two-phase thermosyphon systems. Theory and practice / М. К. Безродный, И. Л. Пиоро, Т. О. Костюк. – 2-е изд., доп. и перераб. – Киев : Факт, 2005. – 700 с. : ил., портр., табл.
3. Reay, D. Heat Pipes: Theory, Design and Applications / D. Reay, R. McGlen, P. Kew ; Sixth Edition. – Oxford : Butterworth Heinemann, 2013. – 288 p.
4. Экспериментальное исследование работы термосифонов, заправленных хладагентами R404A, R407C, R410A / А. В. Шаповалов [и др.] // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2020. – № 3/4. – С. 87–93.

УДК 621.314.214.5:669.15

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА И ВЫБОРА ТРАНСФОРМАТОРОВ С МАГНИТОПРОВОДОМ ИЗ АМОРФНОЙ СТАЛИ

К. Е. Коршунов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Т. В. Алферова

Разработана программа в среде Rad Studio Embarcadero Delphi 12.1 по выбору и расчету аморфных трансформаторов для замены масляных на предприятии.

Ключевые слова: трансформатор, программа, аморфный сплав, магнитопровод.

AUTOMATION OF CALCULATION AND SELECTION OF TRANSFORMERS WITH AMORPHOUS STEEL MAGNETIC CORE

K. E. Korshunov

Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus

Science supervisor T. V. Alfiorova

A program has been developed in the Rad Studio Embarcadero Delphi 12.1 environment for the selection and calculation of amorphous transformers for replacing oil ones at the enterprise.

Keywords: transformer, program, amorphous alloy, magnetic circuit.

Экономия электрической мощности и энергии является важнейшим направлением развития современных электрических сетей и систем электроснабжения. Особое значение это направление приобрело в связи с необходимостью повышения энергоэффективности использования электроэнергии и реализации программ энергосбережения [3].

На распределительные трансформаторы приходится 25–30 % всех технических потерь энергосистемы [1]. Полностью устранить эти потери невозможно. Трансформаторы работают круглосуточно, а следовательно, потери холостого хода происходят постоянно. Применение аморфных сплавов в магнитопроводе позволяет сократить потери холостого хода в 4–5 раз.

В настоящее время силовые распределительные трансформаторы с сердечником из аморфных сплавов серийно выпускаются и используются в США, Канаде, Японии, Индии, Словакии и других странах. Наибольших успехов добились США