



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В.С. МАРТИНОВСЬКОГО**

ХІІ ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

27-28 вересня 2019 року

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ КОНФЕРЕНЦІЇ



ОДЕСА 2019

УДК 621.565 (075.6)

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2019. – 229 с.

У збірнику наведені матеріали XII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки та технології» та розглянуто різні аспекти науково-технічних питань, пов'язаних з проектуванням, виготовленням та експлуатацією холодильного обладнання різного призначення, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та криогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

В сборнике представлены материалы XII Всеукраинской научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии» и рассмотрены различные аспекты научно-технических вопросов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией холодильного оборудования различного назначения, исследованием рабочих тел и процессов в элементах холодильных и криогенных систем, применением нано и когенерационных технологий, использованием холода в пищевых технологиях, применением и внедрением нетрадиционных источников энергии.

Відповідальність за достовірність інформації несе автор публікації.
Матеріали публікуються мовою оригінала, наданого автором.

Голова наукового комітету – Єгоров Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, член-кореспондент НААН України, Заслужений діяч науки і техніки, д-р техн. наук, професор.

Заступник голови – Косой Борис Володимирович – директор Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, д-р техн. наук, професор.

Члени наукового комітету:

Ванєєв Сергій Михайлович - Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

Василенко Сергій Михайлович - Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор;

Железний В.П. - зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Лабай Володимир Йосипович - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

Лавренченко Г.К. - д-р техн. наук, професор;

Мілованов В.І. - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор;

Морозюк Л.І. - д-р техн. наук, професор;

Потапов Володимир Олексійович - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

Радченко М.І. - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Семенюк В.А. - к.т.н., директор НПФ «Терміон»;

Симоненко Ю.М. - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Снежкін Юрій Федорович - директор Інституту технічної теплофізики, д.т.н., академік НАНУ

Ткаченко Станіслав Йосипович - д.т.н., професор Вінницького національного технічного університету;

Хмельнюк М.Г. - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Щит Михайло Львович - к.т.н., пров. наук. спів. Інституту енергетики Академії Наук Молдови.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Жихарєва Н.В., к.т.н. Когут В.Є., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Подмазко О.С.

ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

110 РОКІВ ПРОФЕСОРУ ЧУКЛІНУ СЕРГІЮ ГРИГОРОВИЧУ (1909-1974)

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОМФОРТНОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Н.И. Радченко, д.т.н., проф., Е.И. Трушляков, к.т.н., проф., А.Н. Радченко, к.т.н., доц.,
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна

АЗОТНЫЕ ГАЗИФИКАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Кириченко И.В., технический директор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса;
Леонтьев А.А., главный конструктор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса.
e - mail: info@krioprom.com.ua

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Жихарева Н.В., к.т.н., доц., Одеська національна академія харчових технологій

СЕКЦІЯ № 1. ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ. КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.		стр.
19.	МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНЫХ РЕЖИМОВ В ПЛОТНОМ ПРОДУВАЕМОМ СЛОЕ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ	68
20.	АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ АНОДНОГО БЛОКА МАГНЕТРОНА	71
21.	ЗНИЖЕННЯ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ХОЛОДОАГЕНТІВ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ІЗОТЕРМІЧНИХ НАПІВПРИЧЕПІВ THERMO-KING В УКРАЇНІ	73
22.	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ЗАМКНУТЫХ ДВУХФАЗНЫХ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ С РАЗЛИЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ ДВИЖЕНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ	75
23.	ЕНЕРГЕТИЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОХВИЛЬОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОТРИМАННІ БІОПЕСТИЦИДІВ	78
24.	ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ ТЕЧІЇ ПІД ЧАС КОНДЕНСАЦІЇ ПАРИ У ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ТРУБАХ	80
25.	ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ИСПАРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ	82
26.	ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ	85
27.	КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ЗАСОБІВ СКОРОЧЕННЯ ВТРАТ СВІТЛИХ НАФТОПРОДУКТІВ ПРИ ЗБЕРІГАННІ	88
28.	ПІДВИЩЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ УКРАЇНИ	90
29.	ШТУЧНЕ ЗАМОРОЖУВАННЯ-ВІДТАВАННЯ ОСАДУ СТІЧНИХ ВОД	93
30.	ПЕРСПЕКТИВНІ СХЕМИ І КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМ ОХОЛОДЖУЮЧИХ ЗЕРНОВИХ КОМПЛЕКСІВ	95
31.	ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ ЛАВРОВОГО ЛИСТА ЗРІДЖЕНИМ ГАЗОМ	98
32.	ПЕРСПЕКТИВЫ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ МАГНЕТРОНА	100
33.	СИСТЕМА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ДВОСТУПЕНЕВОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ МАШИННОГО ВІДДІЛЕННЯ АВТОНОМНИХ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	103
34.	АНАЛИЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОСТУПЕНЕВОЇ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ АВТОНОМНОЇ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	105
35.	ОХОЛОДЖЕННЯ ЦИКЛОВОГО ПОВІТРЯ СУДНОВОГО ДВИГУНА ЕЖЕКТОРНОЮ ХОЛОДИЛЬНОЮ МАШИНОЮ З РЕЦИРКУЛЯЦІЄЮ ГАЗІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГОЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	107
36.	ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ БЛОКІВ АМІАЧНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ СИСТЕМ ТА РАДІУСІВ ЗОН МОЖЛИВИХ РУЙНУВАНЬ	111

УДК 536.24

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ЗАМКНУТЫХ ДВУХФАЗНЫХ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ С РАЗЛИЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ ДВИЖЕНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

**Шаповалов А.В., Кидун Н.М., Никулина Т.Н., Дорохова Н.А.
Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого,
г. Гомель, Республика Беларусь
a_v_shapovalov@gstu.by**

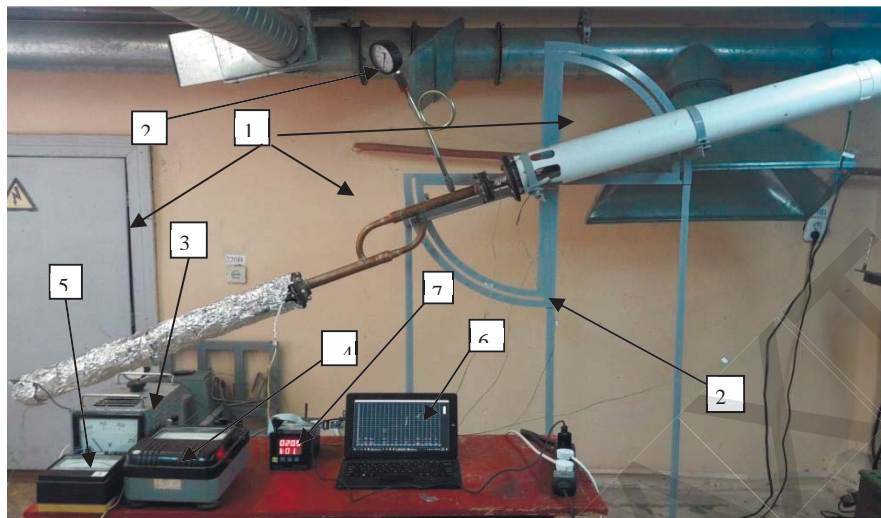
В последнее время в теплообменном оборудовании различного назначения успешно применяются тепловые трубы (ТТ) и термосифоны (ТС) – замкнутые, герметичные устройства с испарительно-конденсационным циклом, способные передавать большие количества тепла, превосходящие по теплопередающей способности самые высокотеплопроводные металлы. Данные проводники тепла эффективны, просты в эксплуатации, не требуют энергозатрат для функционирования и не нуждаются в техническом обслуживании. В теплообменниках, изготовленных на базе тепловых труб и термосифонов, достигается передача больших тепловых потоков, так как скрытая теплота парообразования теплоносителя, заправленного в устройство, велика, и даже при малой разности температур между концами теплообменного аппарата он может передавать значительное количество теплоты.

Тепло в ТТ и ТС передаётся путем переноса теплоты парообразования от испарителя к конденсатору, различие заключается в способе возврата жидкой фазы рабочего вещества из конденсаторов в испаритель: в тепловых трубах роль насоса выполняет капиллярный фитиль, в термосифонах после нагревания теплоносителя, пары его под действием конвекции поднимаются вверх, где охлаждаются и стекают в виде конденсата в нижнюю часть под действием силы тяжести. По этой причине обычные термосифоны устойчиво работают в вертикальном положении или с отклонением от вертикальной оси в ограниченном диапазоне углов. Однако по условиям компоновки либо другим техническим причинам испаритель и конденсатор бывает необходимо располагать горизонтально. Кроме того, вследствие встречного движения пара и жидкости нормальной работе термосифона может препятствовать срыв и унос капель жидкости в результате возникающих на поверхности раздела фаз касательных напряжений и сдвигающей силы. Это явление ограничивает теплопередающую способность устройства, и в случае необходимости применяют ТТ и ТС с отдельными каналами для транспорта пара и жидкости (пародинамические и кольцевые термосифоны). В таком случае могут изменяться движущие силы и механизм перемещения жидкой фазы из конденсатора в испаритель, как в пародинамическом термосифоне.

Исследовательские и инженерные работы по созданию теплообменников на базе ТТ и ТС получили широкое развитие [1–3]. На протяжении многих лет тепловые трубы и двухфазные термосифоны разрабатываются и исследуются в Институте тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, в лаборатории пористых сред созданы разнообразные конструкции ТТ и ТС для работы в широком диапазоне тепловых нагрузок и рабочих температур, с размерами от миниатюрных – диаметром 2–6 мм и длиной 100 мм – для охлаждения компонентов электроники до длинномерных, способных передавать тепло на расстояние десятков метров [4]. В последние несколько лет работы в данном направлении ведутся также в Гомельском государственном техническом университете имени П. О. Сухого [5].

Для исследования процессов, протекающих в полости термосифонов различной конструкции, на кафедре «Промышленная теплоэнергетика и экология» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого» был создан экспериментальный стенд (рисунок 1).

На специально спроектированной стойке 2 размещен термосифон 1. Стойка обеспечивает поворот устройства в вертикальной плоскости от горизонтального до вертикального положения. Для подвода теплового потока к испарителю термосифона служит спиральный электрический нагреватель. Подводимая мощность к нагревателю регулируется при помощи лабораторного автотрансформатора 3. Величина подводимой электрической мощности определяется по показаниям амперметра 4 и вольтметра 5, установленных на рабочем столе.



1 – термосифон; 2 – стойка; 3 – лабораторный автотрансформатор;
4 – амперметр; 5 – вольтметр; 6 – компьютер, для сбора данных;
7 – измеритель-регулятор; 8 – манометр.

Рисунок 1 – Экспериментальный стенд для исследования работы термосифонов

Для снижения тепловых потерь на испарителе применена трубчатая изоляция K Flex Solar HT на основе вспененного каучука. Преимущества данного теплоизоляционного материала в том, что может использоваться при температуре до плюс 150 градусов. Материал сохраняет эластичность во всем диапазоне рабочих температур. При монтаже нет необходимости в применении специальных защитных костюмов, так как материал не крошится и выделяет пыли. Коэффициент теплопроводности λ при +20 градусах – 0,04 Вт/(м·К), при 60 градусах – 0,045 Вт/(м·К). Пожарная безопасность – Г1.

Для регистрации температуры насыщения и давления внутри устройства подобран и установлен манометр в конце транспортной зоны. Манометр подбирался для обеспечения диапазона измерения давления при работе термосифона с различными теплоносителями и при температурах, превышающих 100 °С. Для предотвращения влияния высоких температур на измерительные элементы манометра перед ним установлена термосифонная трубка. Также на транспортной зоне расположен штуцер для стравливания не конденсирующихся газов из внутренней полости устройства. Такой же штуцер установлен в торце трубы конденсатора. Он облегчает заправку термосифона, а также служит для стравливания газов, которые препятствуют качественной работе устройства.

Для измерения температуры использовались 9 хромель-копелевых термопар с диаметром проводников 0,2 мм. Термопары устанавливались на внешние поверхности труб. Предварительно места установки были зачищены и обезжирены, для обеспечения лучшего контакта термопары со стенкой испарителя и конденсатора термосифона. Термопары под номерами 1, 2, 3, 4 и 5 установлены на поверхности испарителя: №1 – расположена в торце испарителя, №2, 3, 4 – в разных точках поперечного сечения трубы на расстоянии 450 мм от края термосифона, №5 – сбоку трубы на расстоянии 900 мм от торца испарителя.

Термопары под номерами 6, 7 и 8 измеряют температуру конденсатора. Термопара №8 установлена на торце конденсатора, № 6 и 7 расположены посередине трубы на расстоянии 900 и 450 мм от края конденсатора, соответственно. Термопара 9 предназначена для измерения температуры окружающего воздуха. При необходимости количество термопар может быть увеличено до 12 штук. Сбор информации производился с помощью измерителя-регулятора, с последующей передачей показаний температуры на компьютер.

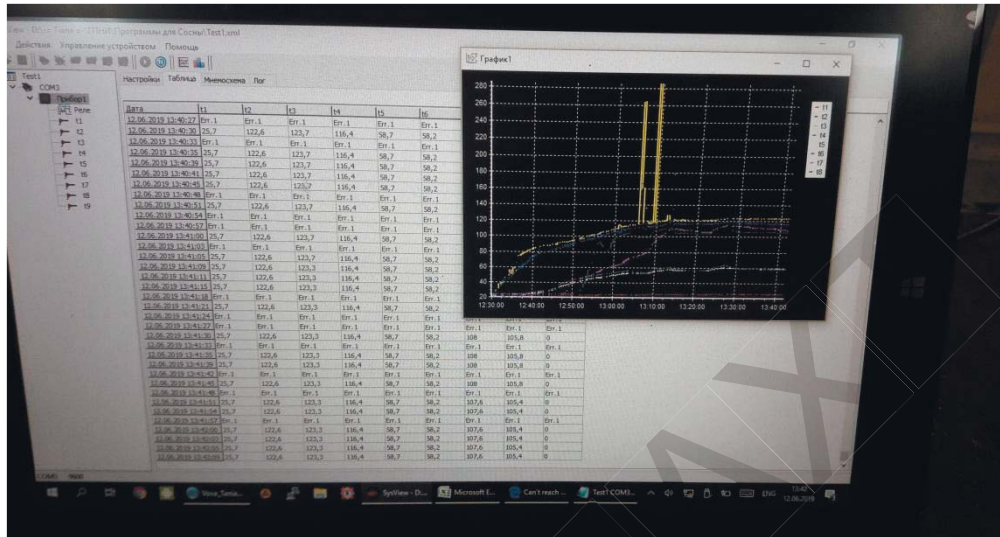


Рисунок 2 – Показания температур

Методика проведения опытов заключалась в ступенчатом увеличении подводимого теплового потока к испарителю термосифона с определенным интервалом между приращениями тепловой нагрузки для стабилизации изменяющихся параметров. Охлаждение зоны конденсации производилось вентилятором в кожухе кольцевого канала при переменном расходе воздуха. Кипение в испарителе пародинамического термосифона происходило в щелевом кольцевом канале между трубами 35x1,5 и 26x1,5, в классическом термосифоне – в трубах испарителя и конденсатора.

Перед проведением основных экспериментов была выполнена серия квалификационных испытаний. Полученные результаты удовлетворительно согласуются с предыдущими исследованиями [5], что позволяет сделать заключение о надежности выбранной методики исследования и достоверности полученных результатов. Максимальная погрешность в определении термического сопротивления не превышала 5%.

Литература

1. Faghri, A. Heat pipes: review, opportunities and challenges / A. Faghri // *Frontiers in Heat Pipes*. – 2014. – Vol. 5, No. 1. – P. 1–48.
2. Дмитрин, В. И. Контурная тепловая труба с бинарным теплоносителем / В. И. Дмитрин, Ю. Ф. Майданик, М. А. Чернышева // *Тепловые процесс в технике*. – 2013. – Т. 5, № 3. – С. 131–135.
3. Experimental investigation of conventional heat pipe using different working fluids / Ezhil Vannan S., Shravan P M., Sandesh Kumar A. // *Int. J. of Engineering Trends and Technology*. – 2016. – Vol. 38, No. 7. – P. 352–354.
4. Васильев, Л. Л. Теплопередающие трубки / Л. Л. Васильев, С. В. Конев ; под ред. акад. А. В. Лыкова ; АН БССР. Ин-т тепло- и массообмена. – Минск : Наука и техника, 1972. – 151 с.
5. Шаповалов, А. В. Результаты экспериментального исследования пародинамического термосифона / А. В. Шаповалов, А. В. Родин, Р. Н. Жихарев // *Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого*. – 2015. – № 3. – С. 58–64.