

**Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНТУ**



XIII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

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

23-25 вересня 2021 року

ЗБІРНИК ДОКЛАДІВ



Одеса - 2021

УДК 621.565; 621.

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНТУ, 2021. –196 с.

У збірнику наведені матеріали XIII 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, обладнання кондиціонування повітря, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та кріогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

Матеріали, занесені до збірника, друкуються за авторськими оригіналами. За достовірність інформації відповідає автор публікації.

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

Голова - Єгоров Б.В. - ректор Одеської національної академії харчових технологій, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, д-р техн. наук, професор

Заступники голови

Поварова Н.М. – к.т.н., доцент, проректор з наукової роботи Одеської національної академії харчових технологій;

Косой Б.В. – д.т.н., професор, директор навчально-наукового Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики Одеської національної академії харчових технологій;

Члени наукового комітету:

Вансєв С.М.- Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

Семенюк Ю.В. - зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д.т.н., професор;

Лабай В. Й. - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

Лавренченко Г.К. – д.т.н., професор;

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

Морозюк Л.І. - д.т.н., професор;

Потапов В. О. - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

Радченко М.І. - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д.т.н., професор;

Симоненко Ю.М. - зав. кафедрою криогенної техніки ОНАХТ, д.т.н., професор;

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

Організаційний комітет:

Голова - проф. Хмельнюк М.Г.;

Науковий секретар - к.т.н. доц. Жихарева Н.В.

Члени оргкомітету - к.т.н. Зімін О.В., к.т.н. Когут В.О., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Трандафілов В.В., к.т.н. Грудка Б.Г., аспірант Дудко О.М., аспірант Крушельницький Д.О.

УДК 536.24:621.575:536.248

СИСТЕМЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕПЛА С ТЕПЛОВЫМИ ТРУБАМИ И ТЕРМОСИФОНФМИ

Васильев Л.Л., д.т.н., профессор, Журавлёв А.С., к.т.н., Рабецкий М.И., к.т.н.,
Гракович Л.П., к.т.н., Драгун Л.А., ИТМО НАН имени А.В. Лыкова Беларуси, г. Минск,
LVASIL@hmti.ac.by

В связи с ростом потребления энергии и ограниченностью мировых ископаемых запасов топливного сырья весьма актуальна проблема диверсификации источников энергии. Одним из перспективных направлений теплотехники является развитие технологий по использованию низкопотенциального тепла. Сорбционные холодильники и кондиционеры воздуха, другие аппараты на солнечной и иных видах энергии от альтернативных источников [1, 2] обеспечивают экономию топливных ресурсов и экологическую безопасность. Совершенствование оборудования для утилизации низкопотенциального тепла может успешно осуществляться с помощью аппаратов на базе тепловых труб (ТТ) и термосифонов (ТС) – устройств с испарительно-конденсационным циклом, превосходящих по теплопередающей способности самые высокотеплопроводные материалы [3–5]. Тепловые трубы и термосифоны совместно с теплотрансформаторами на твердых и жидких сорбентах являются эффективными теплообменными устройствами для утилизации тепла солнца, грунта, грунтовых вод, водных бассейнов. Например, солнечный холодильник на твердых сорбентах (рис. 1) с системой терморегулирования на базе пародинамических термосифонов (ПДТ), в испарителе которого поддерживается температура ниже температуры окружающей среды, не нуждается в использовании электрической энергии, поскольку в нем происходит прямое преобразование тепла. Принципиальное отличие ПДТ от других термосифонов и тепловых труб заключается в том, что конденсатор конструктивно представляет собой теплообменник «труба в трубе», движущийся пар и двухфазное течение теплоносителя пространственно разделены, конденсирующаяся жидкость проталкивается из конденсатора в испаритель давлением пара, благодаря чему и ПДТ способен передавать тепловой поток в горизонтальном направлении.

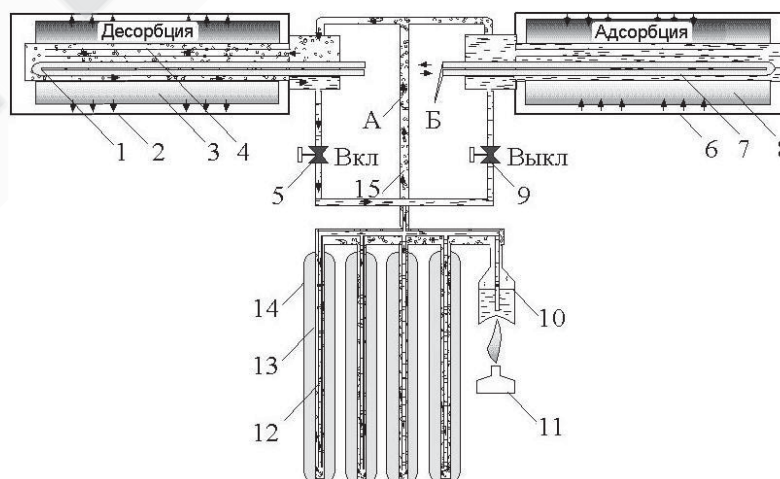


Рис. 1. Солнечный холодильник на базе ПДТ: А – двухфазная теплопередающая система (ПДТ); Б – рекуперационный контур охлаждения сорбента; 1 – теплообменник охлаждения сорбента; 2, 6 – адсорберы/десорберы; 3, 8 – сорбент; 4 – конденсатор термосифона; 5, 9 – термоэлектрические клапаны; 7 – конденсатор высокотемпературного контура; 10 – бойлер системы нагрева сорбента; 11 – газовая горелка; 12, 13 – элементы испарителя ПДТ; 14 – корпус приёмника солнечного излучения; 15 – паровой канал

Горизонтальные пародинамические термосифоны, созданные в Институте тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, благодаря оригинальной конструкции кольцевого испарителя обладают возможностью передавать тепловой поток на значительные расстояния с очень высокой однородностью распределения температуры вдоль конденсатора.

На рис. 2 представлена система терморегулирования с ПДТ, состоящая из испарителя и двух конденсаторов, которая предназначена для использования в комбинации с кондиционером воздуха на твердых сорбентах. Конденсаторы термосифона размещены вдоль оси цилиндрических адсорберов и нагревают сорбент теплом от солнечного излучения. Пародинамический термосифон обеспечивает трансформацию подводимого к испарителю постоянного теплового потока в циклически изменяющиеся тепловые потоки, которые отводятся от конденсаторов. Для эффективности термодинамического цикла большое значение имеют правильный выбор пары сорбент/сорбат, интенсивность тепло- и массообмена внутри сорбента, между сорбентом и стенкой адсорбера, удельная емкость сорбента.

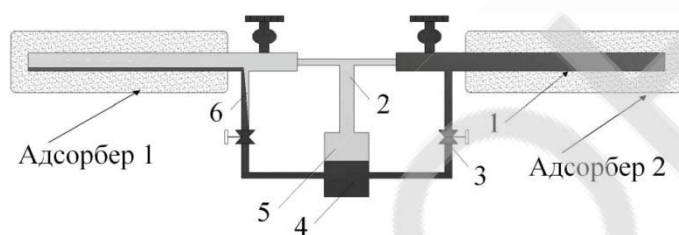


Рис. 2. Система терморегулирования кондиционера на твердых сорбентах с использованием ПДТ: 1 – конденсаторы, 2 – паровая трубка, 3 – клапаны, 4 – рабочая жидкость в испарителе, 5 – пар, 6 – жидкостная трубка

Теплообменники на базе ПДТ позволяют осуществлять интенсивный теплообмен между входящим и выходящим потоками воздуха (рис. 3а). Аппараты на базе сорбционных ТТ можно использовать в качестве нагревателя и холодильника воды, если имеется источник сбросного тепла (рис. 3б).

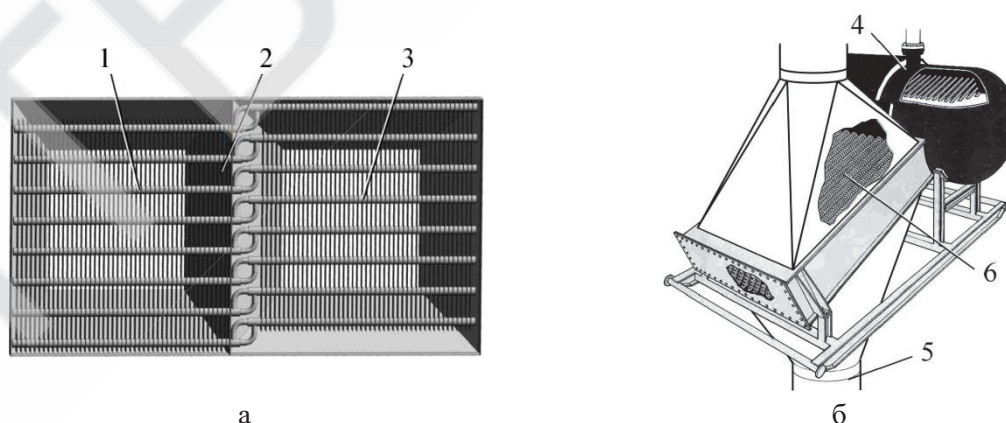


Рис. 3. Теплообменник-рекуператор на базе ПДТ (а) и система кондиционирования на ТТ – генератор горячей воды, пара и холодной воды (б): 1 – зона испарения (канал греющего воздуха), 2 – воздухонепроницаемая перегородка, 3 – зона конденсации (канал нагреваемого воздуха), 4 – горячий газ/холодный воздух, 5 – теплообменник на сорбционных тепловых трубах, 6 – горячая вода/холодная вода.

Пародинамические термосифоны могут быть оснащены объемным либо удлиненным испарителем. Устройства с протяженным испарителем целесообразно применять с рассредоточенными источниками тепла. Такие ПДТ удобно монтировать, например, для организации теплообмена в адсорберах теплового насоса или холодильника на твердых сорбентах с приводом от альтернативных источников энергии. Теплообменники на тепловых трубах и термосифонах позволяют осуществить интенсивный теплообмен между входящим и выходящим потоками воздуха, а охладитель сорбционного теплового насоса конденсирует пары воды в потоке воздуха, контролируя таким образом его влажность на выходе системы кондиционирования (рис. 4).

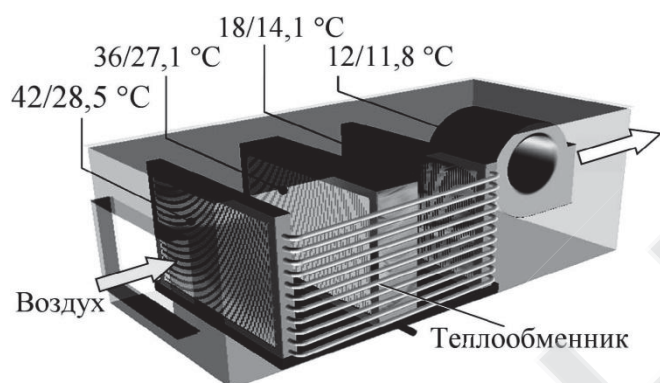


Рис. 4. Кондиционер воздуха с теплообменником-утилизатором на основе пародинамических термосифонов

Таким образом, можно заключить, что теплообменники на тепловых трубах и термосифонах позволяют эффективно утилизировать тепло возобновляемых источников энергии (солнце, грунт), а также безвозвратно теряемое в различных технологических процессах и использовать ее для поддержания комфортного микроклимата помещений (вентиляция и кондиционирование). Дополнительные возможности появляются при создании комбинированного оборудования, в котором в единую систему объединены тепловые трубы/термосифоны и аппараты для трансформации тепла (тепловые насосы, солнечные холодильники), которые позволяют экономить первичную энергию (топливо) при производстве теплоты и холода. Весьма перспективны теплотрансформаторы на твердых и жидких сорбентах. Они отличаются экологической безопасностью, универсальны по отношению к источнику энергии. Применение оригинальных тепловых труб/термосифонов и теплообменников-рекуператоров тепла на их основе позволяет создать эффективную систему терморегулирования сорберов. Внедрение в практику солнечных сорбционных холодильных систем не только снижает уровень энергозатрат, антропогенное воздействие на среду обитания, но и позволяет комплексно решать задачи тепло-/хладоснабжения и кондиционирования воздуха.

Потребителями сорбционных солнечных холодильников могут быть сельское хозяйство (молочные фермы – охлаждение молока), жилищно-коммунальный сектор (системы кондиционирования) в регионах с большим количеством солнечных дней в году.

Список информационных источников

1. Біленко Н.О., Тітлов А.С. Розробка абсорбційних холодильних агрегатів на низькопотенційних джерелах теплової енергії // Холодильна техніка та технологія. – 2021. – 57 (1). – С. 13–25.

2. Дем'яненко Ю.І. □, Дорошенко О.В., Гоголь М.І. Система кондиціонування повітря на основі випарного охолодження і відкритого абсорбційного циклу // Холодильна техніка та технологія. – 2020. – 56 (1–2). – С. 11–18.
3. Kosoy B.V. Heat pipes, theory and practice // International Short Course on Passive Thermal Control, Antalya, Turkey, 22-24 October 2003, PTC-03.
4. L.L. Vasiliev, L.L. Vassiliev Jr., M.I. Rabetsky, L.P. Grakovich, A.S. Zhuravlyov, A.V. Shapovalov, A.V. Rodin. Long horizontal vapordynamic thermosyphons for renewable energy sources // Heat Transfer Engineering. – 2019. – 40 (3–4). – P. 258–266.
5. Vasiliev L.L., Zhuravlyov A.S. Innovative heat pipes and thermosyphons for renewable sources of energy application // Proceedings of the XVI Int. Conf., Międzyzdroje, Poland, September 2–5, 2018. – E3S Web of Conferences. – Vol. 70 (2018) – 6 p. [electronic resource]. – Free Access: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187001018>.

УДК 504.43; 621.577.2

АВТОНОМНА СИСТЕМА ОТРИМАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗА РАХУНОК УТИЛІЗАЦІЇ НАДЛИШКОВОГО ТЕПЛА

Зур'ян О.В.¹, науковий співробітник

Ніколаєвська Н.В.¹, науковий співробітник

*¹Інститут відновлюваної енергетики НАН України, вул. Гната Хоткевича 20-а, м. Київ,
alexey_zuryan@ukr.net*

В цьому році виповнюється 200 років відкриттю термоелектричного ефекту. А саме в 1821 році Томас Зеєбек відкриває ефект появи електрики при охолодженні спаю двох різнорідних металів. У 1822 році він публікує результати своїх дослідів в статті «До питання щодо магнітної поляризації деяких металів і руд, що виникає в умовах різниці температур» та виголосив доповідь в Пруській академії наук. По суті, він відкриває термоелектричний ефект, який згодом був названий його ім'ям і приніс вченому всесвітню відомість. Майже через 13 років інший учений - Жан Шарль Пельтьє відкриває ефект, зворотний ефекту Зеєбека, який полягає в охолодженні (нагріванні) спаю металів під дією електричного струму - ефект Пельтьє [1].

В основі термоелектричної генерації лежить термоелектричний ефект, що полягає у виникненні термо-ЕРС при нагріванні контакту (спаю) двох різнорідних металів або напівпровідників (термопари). Напруга термо-ЕРС E_m прямо пропорційно коефіцієнту Зеєбека α і різниці температур ΔT між гарячою T_h і холодною T_c сторонами (спаю) термоелектричного модуля [2].

Конструкція термопари складається з різнорідних напівпровідникових термоелементів n - і p -типу, з'єднаних між собою на одному боці, інші два вільних кінця підключаються до навантаження R_n . Якщо температура місця контакту відмінна від температури вільних кінців, то по такому ланцюгу піде струм, а на навантаженні буде виділятися корисна потужність.

Перше практичне застосування напівпровідникові термоелектрогенератори типу ТГ-1 отримали на самому початку Великої Вітчизняної війни. У Радянському Союзі був створений «партизанський казанок», який отримав таку назву через форми селянського чавунця з подвійним дном, усередині якого розміщався блок напівпровідникових термопар.

У «казанок» наливали холодну воду і вішали його над багаттям, вогонь якого нагрівав його дно і разом з ним гарячі спаї термоелементів, виготовлених з антимоніду цинку і

ЗМ ІСТ

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

	стор
1 ДУАЛЬНЕ НАВЧАННЯ ТА ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА <i>Кухаренко В.М., професор, ХНАДУ, Харків</i>	10
2 ПРАКТИКА СТУДЕНТІВ У ВІРТУАЛЬНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ КОМПАНІЯХ <i>Кухаренко В.М., професор, ХНАДУ, ХарківСословський В.Г., пров.інженер Центру електронного навчання ХНУ ім. В.Н. Каразіна в. Войченко О.П., науковий співробітник Міжнародного навчально-наукового центру інформаційних технологій та систем НАН України та МОН</i>	13
3 DEVELOPMENT OF THERMOPRESSOR SYSTEMS FOR AIR INTERCOOLING IN MULTISTAGE COMPRESSORS <i>Halina Kobalava, Teacher of Thermal Engineering Department, g.lavamay@gmail.comDmytro Konovalov, D.Sc., Head of Thermal Engineering DepartmentViacheslav Shkvorchenko, StudentAdmiral Makarov National University of ShipbuildingKherson Branch, Ukraine</i>	18
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ПОВІТРЯ В СИСТЕМАХ КОМФОРТНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ <i>Жихарева Н.В., к.т.н., доц. Одеський національний технологічний університет</i>	20

СЕКЦІЯ №1–ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ ПОМПИ SPLIT-КОНДИЦІОНЕРА <i>Лабай В.Й., д.т.н., Ярослав В.Ю., ст. викл., Генсецький М.П., к.т.н., НУЛП, м. Львів,</i>	26
2 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ТЕЛА В ТРИГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВКАХ НА ОЦР <i>Овсянник А. В., к.т.н., доцент, ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель, Ключинский В. П., аспирант, ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель,</i>	29
3 СИСТЕМЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕПЛА С ТЕПЛОВЫМИ ТРУБАМИ И ТЕРМОСИФОНАМИ <i>Васильев Л.Л., д.т.н., профессор, Журавлёв А.С., к.т.н., Рабецкий М.И., к.т.н., Гракович Л.П., к.т.н., Драгун Л.А., ИТМО НАН имени А.В. Лыкова Беларуси, г. Минск,</i>	32
4 АВТОНОМНА СИСТЕМА ОТРИМАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗА РАХУНОК УТИЛІЗАЦІЇ НАДЛИШКОВОГО ТЕПЛА <i>Зур'ян О.В.¹, науковий співробітник, Ніколаєвська Н.В.¹, науковий співробітник ¹Інститут відновлюваної енергетики НАН України, вул. Гната Хоткевича 20-а, м. Київ,</i>	35
5 УДОСКОНАЛЕНА АГНКС З ГАЗОГІДРАТНИМ АКУМУЛЯТОРОМ <i>В.В. Клименко, проф., д-р. техн. наук., М.В. Босий, викл., С.М. Якименко, доц, к.ф.-мат наук, ЦНТУ, м. Кропивницький</i>	39
6 МОРОЗИЛЬНИКИ ДЛЯ ХРАНЕННЯ ВАКЦИН И КЛЕТОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР ОТ -90°С ПРИ +32°С <i>Мостицкий А.В., Баклан О.В., Литвиненко М.П., Кокул С.В., младший научный сотрудник ООО «НПО «ДНИПРО - МТО»» Киев, 03164, Украина,</i>	41
7 ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ СОПЛА АКТИВНОГО ПОТОКУ РІДИННО-ПАРОВОГО СТРУМИННОГО АПАРАТУ <i>Шарапов С. О., Гусев Д. М., аспирант, СумДУ, м. Суми</i>	44

*Матеріали XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції
«Сучасні проблеми холодильної техніки і технології», 23 по 25 вересня 2021*

**Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНТУ**

**XIII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ**

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

23-25 вересня 2021 року

ЗБІРНИК ДОКЛАДІВ

Одеса - 2021