



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
АСОЦІАЦІЯ ІНЖЕНЕРІВ ПО ВЕНТИЛЯЦІЇ, ОПАЛЕННЮ ТА  
КОНДИЦІОНУВАННЮ «АВОК України»  
СПІЛКА ХОЛОДИЛЬЩИКІВ УКРАЇНИ  
МІЖНАРОДНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ**

**XI Всеукраїнська науково-технічна конференція  
XI Всеукраинская научно-техническая конференция  
XI International scientific conference**

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

**21-22 вересня 2017 року**

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**



**ОДЕСА 2017**

УДК 621.565 (075.6)

**Сучасні проблеми холодильної техніки та технології** / Збірник тез доповідей XI Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2017. – 243 с.

У збірнику наведені матеріали XI 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 XI 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.

Рекомендовано до видання Вченою Радою Одеської національної академії харчових технологій протоколом №6 від 07.11.2017 р.

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

**Голова конференції – 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:

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

Лагутін А.Є – академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

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

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

Симоненко Ю.М. – зав. кафедрою криогенної техніки ОНАХТ, 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.

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

Бондаренко В.Л. – д-р техн. наук, професор.

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

Семенюк В.О. – к.т.н., директор НВФ «Терміон».

### **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Буданов В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Стоянов П.Ф., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Ерін В.А., к.т.н. Гайдук С.В., к.т.н. Соколовская В.В., к.т.н. Подмазко І.О., к.т.н. Федоров О.Г.

## ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

### **1. 30 РОКІВ МОНРЕАЛЬСЬКОГО ПРОТОКОЛУ. СТРАТЕГІЇ В СФЕРІ ОБІГУ ОЗОНОРУЙНУЮЧИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ**

Возний В.Ф., к.т.н., президент ВГО «Спілка холодильщиків України»

### **2. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ І СПОЖИВАННІ РІДКІСНИХ ГАЗІВ**

Бондаренко В.Л., доктор техн. наук, професор, МДТУ ім. М. Е. Баумана, м. Москва;

Биканов О.М., «KLA–Tencor Corporation», Milpitas, California, USA;

Симоненко Ю.М., доктор техн. наук, професор, ОНАПТ, м. Одеса

Чигрин А.А., інженер-технолог, ООО «Кріоін Інжиніринг», м. Одеса;

e-mail: [ysim1@yandex.ua](mailto:ysim1@yandex.ua)

### **3. ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ, ТЕПЛА И ХОЛОДА: РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КАФЕДРЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И РЕФРИЖЕРАЦИИ НУК ИМ. АДМИРАЛА МАКАРОВА**

Радченко Н.И. доктор техн. наук, професор, Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев, [nirad50@gmail.com](mailto:nirad50@gmail.com)

### **4. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ**

Трушляков Е.И., к.т.н., доц., Радченко А.Н., к.т.н., доц., Грич А.В., к.т.н., ассистент

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев,

[nirad50@gmail.com](mailto:nirad50@gmail.com)

### **5. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ. СОЛНЕЧНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АБСОРБЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛО-ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА**

А.В. Дорошенко, доктор техн. наук, професор кафедры термодинамики и возобновляемой энергетики

### **6. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ КОМПРЕССОРА. СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ВИНТОВОГО И ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРОВ**

В. Гринько Региональный представитель J&E Hall и GEA BOCK/Генеральный директор ООО «Еврокул

<b>СЕКЦІЯ № 2. ХОЛОДИЛЬНІ ТА КРІОГЕННІ МАШИНИ. ТЕПЛОВІ НАСОСИ</b>		<b>стр.</b>
60.	<b>АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЦИКЛІВ ТЕРМОКОМПРЕСІЙНИХ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ</b> Арсеньев В.М., Мелейчук С.С., Проценко М.І.	142
61.	<b>СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ГЕНЕРАТОРА МІКРОХВИЛЬОВОЇ ЕНЕРГІЇ</b> Георгієш К.В.	144
62.	<b>ОЦІНКА ОБСЯГІВ ПОТУЖНОСТІ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В УКРАЇНІ</b> Басок Б.І., Дубовський С.В.	146
63.	<b>ДО ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ КИПІННІ ВОДИ НА ПОРИСТИХ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХНЯХ</b> Шаповал А.А., Стрельцова Ю.В., Шаповал І.О.	149
64.	<b>ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ</b> Басок Б.І., Кравченко В.П., Веремійчук Ю.А.	152
65.	<b>ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ ТЕПЛОИСПОЛЗУЮЩИХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН В СИСТЕМЕ ТРИГЕНЕРАЦИИ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ</b> Л.И. Морозюк, С.В. Гайдук, Б.Г. Грудка	153
66.	<b>ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА РАБОТУ ВОЗДУШНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ КОМЕРЧЕСКИХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК</b> Л. И Морозюк, В. В. Соколовская, А. В. Мошкатюк	155
67.	<b>ЕФЕКТИВНІСТЬ ПАРОКОМПРЕСІЙНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ НА ОСНОВІ ЕНЕРГІЇ ХОЛОДНОЇ ВОДИ І ВЕНТИЛЯЦІЙНОГО ПОВІТРЯ</b> Петраш В.Д., Полунін Ю.М., Висоцька М.В.	157
68.	<b>EXTENDING MAISOSENKO CYCLE APPLICATIONS THROUGH A NEW MATERIAL</b> Levchenko D.A., Yurko I.V.	160
69.	<b>ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В СУДНОВИХ СИСТЕМАХ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ</b> Ярошенко В.М., Подмазко О.С.	162
70.	<b>RADIATIVE COOLING METHOD IN THE AIR CONDITIONING SYSTEM</b> Tsoy A.P.; Tsoy D.A.	165
71.	<b>ТРАНСКРИТИЧНІ ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ У СИСТЕМАХ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ТОРГОВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ</b> Петренко О.В., Семенюк Д.П.	167
72.	<b>АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ЗАСТОСУВАННЯ НА СУДАХ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГРЕГАТІВ</b> Редунов Г.М., Гожелов Д.П., Тимофеев І.В.	170
<b>СЕКЦІЯ № 3. КОМПРЕСОРИ ТА ПНЕВМОАГРЕГАТИ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ. РОБОЧІ РЕЧОВИНИ</b>		<b>стр.</b>
73.	<b>ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ НА ВХОДЕ В РОТОР СТРУЙНО-РЕАКТИВНОЙ ТУРБИНЫ НА КОЭФФИЦИЕНТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЛНОГО ДАВЛЕНИЯ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ</b> Ванеев С.М., Т.С. Родимченко	172
74.	<b>ОЦЕНКА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ</b> Петренко М.А.	175
75.	<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ МАЛОГО ХОЛОДИЛЬНОГО КОМПРЕСОРА, ПРАЦЮЮЧОГО З ДОМІШКАМИ НАНОЧАСТОК TiO2 ДО МАСТИЛА</b> Балашов Д.О., Мілованов В.І.	177
76.	<b>УЧБОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ХОЛОДИЛЬНОГО АГРЕГАТУ ПРИ РІЗНИХ СПОСОБАХ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ОХОЛОДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ</b> Водяницька Н.І., Мельников В.Д.	178
77.	<b>АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕКИСЛОТЫ В ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ</b> Водяницкая Н.И., Паскаль А.А.	179
78.	<b>ВПЛИВ ГЕОМЕТРІЇ КАМЕРИ ЗМІШУВАННЯ РІДИННО ПАРОВОГО СТРУМЕНЕВОГО КОМПРЕСОРА НА ВЕЛИЧИНУ ТИСКУ ВСМОКТУВАННЯ ПАСИВНОГО ПОТОКУ</b> Арсеньев В.М., Прокопов М.Г., Чех О.Ю.	180

УДК 621.574.

## ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ ТЕПЛОИСПОЛЬЗУЮЩИХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН В СИСТЕМЕ ТРИГЕНЕРАЦИИ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Л.И. Морозюк, С.В. Гайдук, Б.Г. Грудка

Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Канатная, 112, г. Одесса, 65039, Украина,  
[lara.morozyuk@mail.ru](mailto:lara.morozyuk@mail.ru)

Установки тригенерации, с технологической точки зрения, является объединением системы когенерации и теплоиспользующей холодильной машины. Это позволяет утилизировать тепло после окончания отопительного сезона и обеспечивает быстрый возврат инвестиций [1]. Из существующих систем тригенерации выделяются в особую группу системы малой энергетики. Они наиболее востребованы, но имеют самую малую техническую информацию относительно развития.

Развитие малых энергетических установок, в сочетании с экологически чистыми энергосберегающими технологиями, пошло по пути освоения новых рабочих веществ, конструкционных материалов, новых типов теплообменников, методов регулирования работы машин. Изменению подверглись представления о рациональных схемах и циклах машин, конструкциях, параметрах и характеристиках оборудования, методы и приемы проектирования.

Современное проектирование предполагает уже на стадии разработки проекта необходимость обозначить рациональные конструкции оборудования в соответствии с его режимами работы.

Девяносто процентов холодильного оборудования теплоиспользующих машин являются теплообменниками разнообразных конструкций. Каждый теплообменный аппарат должен обеспечивать надежное сочетание тепловой эффективности, удобства эксплуатации и, по возможности, малые капитальные вложения и эксплуатационные расходы.

Внутри своего класса теплоиспользующие машины разделены на группы в соответствии с компенсирующим термодинамическим процессом: эжекторные с пароструйной компрессией, сорбционные с термохимическим процессом сжатия и пароконденсаторные с приводом от турбины, работающей на едином рабочем веществе с холодильной машиной. Конструкции теплообменных аппаратов напрямую зависят от рабочих веществ и производительности холодильных машин.

Эжекторные машины имеют малую или среднюю производительность с использованием различных рабочих веществ: природных или синтезированных, чистых или смесей, высоко- и низкикипящих. Теплообменники в машинах, как правило, двухпоточные, работают со средними и низкими давлениями в интервале температур  $-10...140^{\circ}\text{C}$ . Выбор конструкции зависит от совместного решения заказчика и проектировщика.

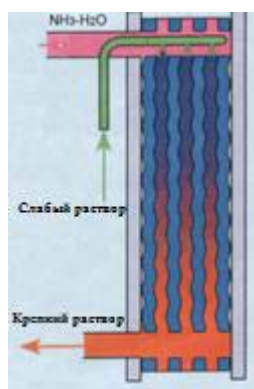
Рабочими веществами в абсорбционных машинах являются жидкий абсорбент и холодильный агент. Широко используются и имеют перспективы до сих пор водный раствор бромистого лития и водоаммиачный раствор.

Бромистолитиевые машины большой и средней производительности используют в системах тригенерации малой энергетики. Теплообменные аппараты работают под вакуумом, в коррозионной среде бромистого лития в интервале температур  $0...110^{\circ}\text{C}$ , поэтому проектируются индивидуально [2].

Информация об использовании водоаммиачных машин в системах тригенерации малой энергетики в литературе отсутствует. Однако именно эти машины рационально использовать в удаленных от централизованных энергетических систем населенных пунктах и независимых малых производствах, в частности, в сельскохозяйственных предприятиях с малыми энергетическими установками. Природное рабочее вещество, средние рабочие давления, широкий интервал реализуемых температур ( $-20...190^{\circ}\text{C}$ ) определяют перспективы водоаммиачного раствора. Современные конструкции пластинчатых теплообменных аппаратов для водоаммиачных абсорбционных машин предлагает фирма Alfa Laval [3].

Испаритель, конденсатор, теплообменник растворов и регенеративный теплообменник машины – обычные двухпоточные теплообменники. Процессы, происходящие в них, связаны с теплообменом однофазных потоков рабочего вещества либо фазовых превращений чистых компонентов смеси. Абсорбер и генератор – теплообменные аппараты с процессами смешения и конденсации или кипения с разделением смеси. Для последних двух теплообменников фирма

предлагает пластинчатый трехпоточный теплообменник с двумя потоками в одном канале. Конструктивное решение подобных теплообменников, на примере абсорбера, приведено на рис 1. [3].



**Рис.1. Инжекционная система для абсорбера**

Проблемой для теплообменника является распределение смеси равномерно по всем каналам. Для решения проблемы входной патрубков выполнен в виде конструкции «труба в трубе». По внутренней трубке подается слабый раствор и через отверстия инжектирует равномерно по каналам, увлекая пар, пришедший из испарителя.

При тригенерации источниками тепла являются тепло- и хладоносители с переменными температурами, поэтому конкурентно способными становятся абсорбционно-резорбционные машины по отношению к абсорбционным, а исследование их энергетической эффективности является актуальной проблемой.

Все основные теплообменные аппараты: генератор, абсорбер, десорбер и резорбер представляют трехпоточные конструкции с двумя потоками рабочего вещества в одном канале.

По аналогии с конструкцией абсорбера решается проблема остальных теплообменников абсорбционно-резорбционных холодильных машин.

Возврат к исследованию компрессорных теплоиспользующих машин связан с использованием в качестве рабочего вещества диоксида углерода  $\text{CO}_2$ , одного из наиболее востребованных рабочих веществ в энергетике и холодильной технике [4]. Теплообменные аппараты работают с газообразным  $\text{CO}_2$  при высоких и средних давлениях 10...300 бар, в интервале температур  $-30...400^\circ\text{C}$  и выше. Максимальная температура генерации зависит лишь от типа энергетической установки и возможностей конструкций элементов высокотемпературного блока машины (турбины, насоса, теплообменников).

Теплообменные аппараты для работы с  $\text{CO}_2$  выпускает фирма KochHeatTransfer. Это кожухотрубные теплообменники с витыми трубами для специальных целей с максимальным рабочим давлением до 1000 бар. Фирма Alfa Laval предлагает спиральный теплообменник с максимальным рабочим давлением до 100 бар.

Практическая реализация тригенерации в малой энергетике обеспечена теплообменными аппаратами, выпускаемыми серийно ведущими мировыми фирмами.

1. Амерханов, Р. А. Теплотехника: учебн. для вузов / Р. А. Амерханов, Б. Х. Драганов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: 2006. – 432 с.
2. Бадылькес, И. С. Абсорбционные холодильные машины / И. С. Бадылькес, Р. Л. Данилов. – М.: Пищепромиздат, 1966. – 356 с.
3. A Technical Reference Manual for Plate Heat Exchangers in Refrigeration & Air conditioning Applications. Dr. Claes Stenhede/Alfa Laval AB. Fourth edition, June 1<sup>st</sup>, 2001.
4. Морозюк Л.І., Гайдук С.В., Грудка Б.Г. Аналіз схемних рішень компресорної тепловикористальної холодильної машини з R744 [Текст] / Л.І. Морозюк, С.В. Гайдук, Б.Г. Грудка // Восточно-европейский журнал передовых технологий [ЕЕJET]. – 2016. – Т.1, №8(79). – С. 29-39.