



**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

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

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

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 GEА ВОСК/Генеральный директор ООО «Еврокул

СЕКЦІЯ № 1. ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ. КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.		стр.
ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ		
40.	ЗАСТОСУВАННЯ АЕРОТЕРМОПРЕСОРА ДЛЯ ПРОМІЖНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК Коновалов Д.В., Кобалава Г.О., Котік Х.А.	97
41.	РОЗРОБКА НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ РОЗПОДІЛЬНОЇ ВСТАВКИ ДЛЯ КОЖУХОТРУБЧАСТОГО ТЕПЛОБМІННОГО АПАРАТУ Луняка К.В., Ключев О.І., Русанов С.А.	99
42.	OPERATIONAL EFFICIENCY IMPROVEMENTS FOR REFRIGERATION SYSTEMS DURING SUMMER PERIOD Nesterov P.S., Buyadgie O.D., Khmelniuk M.G., Yakovleva O.Y.	102
43.	АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСУ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НАВЧАЛЬНО-АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ ХЕРСОНСЬКОЇ ФІЛІЇ НУК Калініченко І.В., Сидорова В.І.	104
44.	EFFICIENCY EVALUATION OF DOMESTIC SOLAR ASSISTED GROUND-SOURCE HEAT PUMP SYSTEM FOR SOUTHERN UKRAINIAN REGION O. Ostapenko, O. Yakovleva, M. Khmelniuk	105
45.	МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОБМІНУ В СИСТЕМАХ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ДРІБНОСЕМ'ЯНИХ КУЛЬТУР Петушенко С.М.	108
46.	К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ КИПЕНИЯ КАПЕЛЬ ХЛАДАГЕНТА В ФИЛЬТРЕ ЭЖЕКТОРЕ Когут В.Е., Бушманов В.М.	110
47.	КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ Трушляков Е.И., Радченко А.Н., Грич А.В.	112
48.	УВЕЛИЧЕНИЕ ТЕПЛООБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЕЙ ПРИ НЕИЗМЕННЫХ ГАБАРИТАХ ТЕПЛООБМЕННОГО БЛОКА Козаченко И. С., Лагутин А.Е.	115
49.	ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОПРЕСОРНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗВОЛОЖЕННЯ НАДДУВНОГО ПОВІТРЯ СУДНОВОГО ДВЗ Коновалов Д.В., Джурина А.О., Смоляний Є.С.	118
СЕКЦІЯ № 2. ХОЛОДИЛЬНІ ТА КРІОГЕННІ МАШИНИ.		стр.
ТЕПЛОВІ НАСОСИ		
50.	РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ І СПОЖИВАННІ РІДКІСНИХ ГАЗІВ Бондаренко В.Л., Биканов О.М., Симоненко Ю.М., Чигрин А.О.	119
51.	МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ГЕЛІУ ВІД ВАЖКИХ ІНЕРТНИХ ГАЗІВ Чигрин А.О.	122
52.	ЗАСТОСУВАННЯ МАЛОМАШТАБНИХ ВИХРОВИХ ТРУБ В КРІОГЕННІЙ ТЕХНІЦІ Симоненко Ю.М., Тишко Д.П.	124
53.	ВИРОБНИЦТВО ГЕЛІУ ВИСОКОЇ ЧИСТОТИ ШЛЯХОМ ПЕРІОДИЧНОЇ АДСОРБЦІЇ ПРИ T=28...78 K Бондаренко В.Л., Башкиров Г.В., Пилипенко Б.О.	126
54.	ОТРИМАННЯ ІЗОТОПІВ ЛЕГКИХ ГАЗІВ МЕТОДОМ РЕКТИФІКАЦІЇ Бондаренко В. Л., Емельянов О. М., Меркулов М. Ю., Симоненко Ю. М.	130
55.	ВИКОРИСТАННЯ БАРОМЕМБРАННОГО ПРОЦЕСУ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ НЕОНОГЕЛІЄВОЇ СУМІШІ Башкиров Г. В., Кошовий С. О., Симоненко Ю. М.	133
56.	MODELING OF THERMAL MODES OF THE REFLUX CONDENSER OF THE ABSORPTION REFRIGERATION UNIT Kholodkov A.O., Titlov A.S.	136
57.	THE SEARCH OF ENERGY-EFFICIENT OPERATION MODE OF AMMONIA-WATER-ABSORPTION REFRIGERATION MACHINES Osadchuk E.A., Kirilov V.Kh., Mazurenko S.Yu.	137
58.	DEVELOPMENT OF UNIVERSAL ABSORPTION REFRIGERATION DEVICES FOR OPERATION IN A WIDE RANGE OF AMBIENT TEMPERATURES Selivanov A.P.	138
59.	DESIGN OF PERIODIC OPERATION AMMONIA-WATER ABSORPTION REFRIGERATION UNITS IN ATMOSPHERIC WATER GENERATION SYSTEMS Ozolin N.E., Titlov A.S.	139

СЕКЦІЯ № 2. ХОЛОДИЛЬНІ ТА КРІОГЕННІ МАШИНИ. ТЕПЛОВІ НАСОСИ

УДК 621.593

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., д-р техн. наук, професор, ОНАПТ, м. Одеса
Чигрин А.О., інженер-технолог, ООО «Кріоін Інжиніринг», м. Одеса;
e-mail: achigrin@cryoin.com

Галузі застосування ксенону – самого важкого та самого рідкісного з інертних газів, різноманітні й неочікувані. В ньому є потреба багатьох галузей промисловості і науки. Особливо багатогранні застосування ксенону в сучасній медицині. Цей газ може виступати як контрастна та нешкідлива речовина при рентгеноскопії головного мозку. «Повітря» на основі ксенону та кисню застосовується у якості засобу оздоровчої дії на організм людини. За допомогою ксенонових сумішей знімають стреси і депресивний стан, відновлюють сили спортсменів і працівників небезпечних професій. Але найбільш привабливим застосуванням ксенону є функція анестетика. [1]. За заключенням медиків ксенон являє собою ефективну та безпечну речовину для загального наркозу. Він володіє найнижчою розчинністю серед інгаляційних анестетиків, що сприяє швидкому післяопераційному одужанню пацієнта. Крім цього, згідно міжнародним угодам, до 2030 р. виробництво інших анестетиків, що містять радикали хлору та фтору, має бути призупинено. Таким чином, перехід до ксенонової анестезії є частиною глобальної екологічної проблеми людства. Незаперечні позитивні якості ксенону сприяли його впровадженню в широку клінічну практику. Крім «медичного» сегменту найважливішими напрямками ксенонового ринку являються космонавтика, лазерна техніка й мікроелектроніка. Ці несировинні галузі демонструють переконливу конкурентоспроможність і сприяють випереджуючому розвитку супутніх наукоємних технологій.

Ксенон вперше було виявлено англійськими вченими Рамзаєм і Траверсом. Його виявили у важкій фракції рідкого повітря. Та по закінченню 120 років Хе, Кг і Не здобувають з атмосфери. На перший погляд, забезпечення сучасних технологій рідкісними газами не повинне визивати особливих проблем ні зараз, ні в майбутньому. Запаси цих дорогоцінних продуктів в «повітряному океані» невичерпні. Але проблема в тому, що первинними джерелами благородних газів являються кисневі установки. Отже об'єми їх видобутку прив'язані до розходів переробленого повітря переважно на металургійних підприємствах. Названа галузь не завжди зацікавлена в витязі цінних газових концентратів, і на більшості блоків ця процедура не передбачена. Це звичайно, тому що повітророзподільні установки будуються для отримання зовсім інших цільових продуктів: кисню і, в кінцевому рахунку, сталі.

Через низький вміст в атмосфері рідкісних газів їх вилучення та очищення є досить енергоємними процесами. При цьому найбільші витрати характерні для виробництва ксенону, так як його концентрація в повітрі не перевищує 0,000009%. Незважаючи на колосальні витрати, у багатьох випадках споживачі дуже марнотратно відносяться до цього цінного продукту. Після використання в клінічній практиці або в іонно-плазмових технологіях формування мікрочіпів, ксенон у складі сумішей знову «повертається» в атмосферу. Концентрація Хе в таких викидах в сотні і тисячі разів більше, ніж в первинних концентратах

кисневих виробництв. В умовах дефіциту рідких газів запити наукомістких технологій можуть бути частково задоволені за рахунок рециклінгу. [2]. Стосовно ксенону цей процес передбачає утилізацію, очищення від домішок і повторне використання.

В результаті використання благородних газів і, зокрема, ксенону в технологічних процесах вони забруднюються різного роду домішками. Серед побічних компонентів в більшості випадків переважають низькокиплячі речовини з температурами конденсації, що різко відрізняються від цільового продукту. При цьому критична температура побічного низькокиплячого компонента, наприклад, кисню, нижче, ніж температура замерзання висококиплячого цільового продукту (ксенону), [3]. Оскільки компоненти таких сумішей не здатні при одній і тій же температурі існувати у вигляді системи «пар-рідина», поділ подібних сумішей методом фазової сепарації ускладнено через імовірність замерзання висококиплячого компонента. Як інші приклади труднорозподілимих сумішей можуть бути названі бінарні системи Хе-Аг, Хе- N_2 , Хе- CF_4 и Хе-Не. Як зазначено вище, ксеноно-киснева суміш утворюється при використанні ксенону в якості анестетика. Суміші ксенону і криптону з азотом, аргоном, тетрафторметаном утворюються при виробництві напівпровідникової продукції.

Для вилучення Хе з вторинних сумішей існуючі технології можуть бути використані лише в окремих фрагментах, так як виробництва рідких газів орієнтовані на переробку сировини з повітродозподільних установок. Склад такого концентрату достатньо жорстко регламентований. Для переробки "нестандартних" сумішей, що надходять з медичних центрів, підприємств електронної або лазерної галузі треба було розробити принципово нові технічні рішення в сфері низькотемпературних методів сепарації і їх кріогенного забезпечення. Для вирішення поставленого завдання в 2016 році укладено Договір про творчу співдружність між ОНАХТ, компаніями «Кріоін Інжиніринг» і KLA Tencor. В результаті творчої співдружності вчених і інженерів розроблені і випробувані зразки нової техніки, які відрізняються компактністю, простотою експлуатації і здатністю витягувати ксенон чистотою 99,999% з багатокомпонентних низькопотенційних сумішей.

Створені установки [4, 5] орієнтовані на розміщення безпосередньо в місцях використання рідкісних газів і не потребують обслуговування фахівцями кріогенного профілю. Всі процеси, включаючи запуск з теплового стану, повністю автоматизовані. Блок управління допускає дистанційне корегування алгоритму і контроль процесів по каналах Інтернет (рис. 1). Впровадження системи рециклінгу дозволить забезпечити безперебійне постачання споживачам благородними газами, скоротити пасивні запаси продуктів на об'єктах, зменшити витрати на забезпечення балонного парку і транспортного сектора. В кінцевому рахунку, це зробить більш доступними ці рідкісні та унікальні речовини, а також сприятиме поширенню їх у прогресивних технологіях ХХІ століття.

1. Patent 5099834 USA, A61M 15/00. Method for anesthesia / Royce S. Fishman, Date of Patent: July 16, 1991.
2. Бондаренко В.Л. Рециклінг рідкісних газів у наукоємних виробництвах / Ю.М. Симоненко, М.Ю. Меркулов // Збірник тез доповідей 77-ї наукової конференції викладачів ОНАХТ, 2017. – С. 286 – 288.
3. Мазур В.А., Бондаренко В.Л., Симоненко Ю.М. Термодинамические модели смесей низькопотенціальних потоків воздухораспределительных установок с редкими газами. // 6-а Міжн. наук.-техн. конф. «Сучасні проблеми холодильної техніки і технології», Одеса. – 2009. – С.134-136.
4. Устройство для низькотемпературного розділення газових сумішей: пат. 156185 Рос. Федерация. В.Л. Бондаренко, Ю.М. Симоненко; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 31. - 11 с.
5. Способ низькотемпературного розділення газової суміші с отличающимися температурами конденсації компонентів: пат. 2584624 Рос. Федерация. В.Л. Бондаренко, Ю.М. Симоненко; опубл. 20.05.2016, Бюл. № 14. - 16 с.

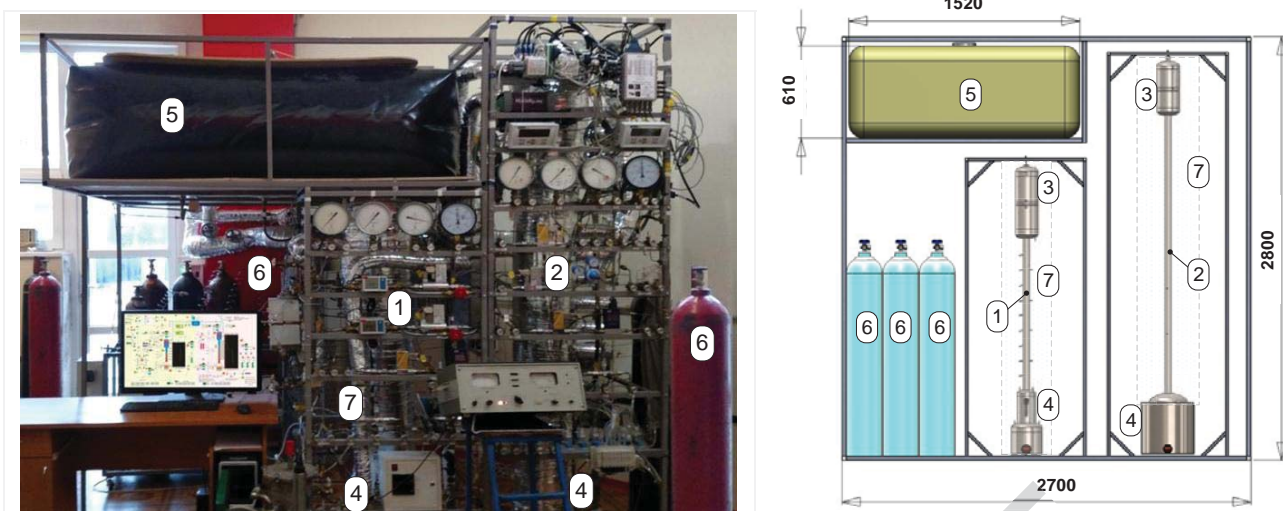


Рис. 1. Зовнішній вигляд і габаритні розміри дослідно-промислового зразка установки для забезпечення рециклінгу важких інертних газів; 1 і 2 - ректифікаційні колони для очищення продукту від високо- і низькокиплячих домішок, відповідно; 3 - ступінчасті конденсатори; 4 - кубові секції; 5 - газгольдер вихідної суміші; 6 - балони з чистим продуктом; 7 - теплоізоляція