



**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 GEA 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 ТЕПЛОБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЕЙ ПРИ НЕИЗМЕННЫХ ГАБАРИТАХ ТЕПЛОБМЕННОГО 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 ГЕЛІЮ 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 ГЕЛІЮ 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

УДК 621.565: 621.59, 661.939

МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ГЕЛІЮ ВІД ВАЖКИХ ІНЕРТНИХ ГАЗІВ

Чигрин А.О., інженер-технолог, ООО «Кріоін Інжиніринг», м. Одеса
e-mail: achigrin@cryoin.com

Сьогодні гелій є важливим стратегічним ресурсом людства. Він необхідний в атомній енергетиці, космічній промисловості, медицині. Так само унікальні фізичні властивості гелію зумовили його використання в багатьох сучасних технологіях. Потреба в дивовижному газі, що працює на благо людства, стає дедалі більше і надихає вчених на пошуки нових, унікальних областей його застосування. Особливе місце займає гелій високої чистоти (99,9999%), де сума всіх домішок не перевищує однієї мільйонної частки. Такий гелій можна без перебільшень вважати індикатором високих технологій і потреба в такому особливо чистому гелії зростає. На фоні світової гелієвої кризи вже сьогодні необхідно розробляти ефективні і компактні системи утилізації та очищення відпрацьованого гелію з метою його повторного використання.

При очищенні гелію від висококиплячих компонентів можна застосовувати декілька процесів сепарації (табл. 1). Вибір того чи іншого методу залежить від кінцевого завдання. Наприклад:

- вимоги, що пред'являються до чистоти гелію та частки допустимих втрат;
- необхідність утилізації висококиплячих компонента (ксенону).

Визначальне значення тут мають властивості поділюваних компонентів (табл. 2), а загальним для всіх варіантів завдання — є умова мінімізації габаритів створюваного устаткування.

Таблиця 1. Методи сепарації гелію від тяжких інертних газів

№	Методи сепарації, температурний рівень	Основа процесу	Позитивний фактор	Негативний фактор
1	Низькотемпературна ректифікація T=170÷210K (рис. 1, а)	Багатократний масообмін між рідкою та газовою фазою	- неперервність процесу - високий рівень вилучення	- суттєва різниця між температурами кипіння компонентів суміші
2	Мембранні модулі T=300K (рис. 1, б)	Виборча проникність компонентів суміші	- безперервність процесу - компактність - простота і надійність пристрою	- неможливість отримання чистого компонента суміші - значна частка втрат цільового продукту
3	Адсорбція T=165÷300K (рис. 1, в)	Періодичне накопичення домішок в шарі сорбенту	- компактність - висока ступінь вилучення - універсальність (поглинання більшості висококиплячих компонентів суміші)	- циклічність - наявність перемикаючої арматури
4	Виморожування T=64÷165K (рис. 1, г)	Виборче осадження компонента в твердій фазі на холодних стінках каналу	- компактність	- циклічність

При дистиляції бінарної суміші в ректифікаційній колоні потрібно забезпечити умови, при яких обидва компонента знаходяться в рідкому стані. Метод ректифікації непридатний для отримання чистого гелію через відсутність умов, при яких гелій і будь-який з висококиплячих компонентів існують в рідкому вигляді. Як впливає з таблиці 2, при температурі понад 5,2 К гелій не утворює рідкої фази. А ксенон, криптон і навіть аргон переходять в твердий стан при температурах вище цього рівня.

Таблиця 2. Основні фізичні властивості компонентів суміші

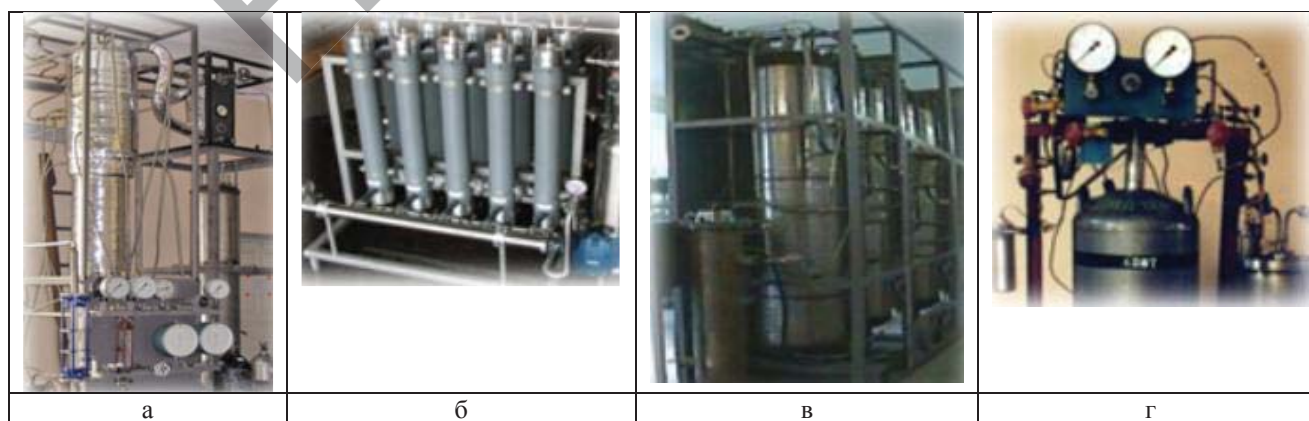
Компонент	Атомна (молекулярна) маса, кг/кмоль	Щільність газу при н.у. кг/м ³	Температура, К		
			Критична	Кипіння при атмосферному тиску	Кристалізації
Гелій, He	4,0	0,1663	5,2	4,2	2,18
Аргон, Ar	39,9	1,78	151	87,3	83,8
Криптон, Kr	83,8	3,48	209,48	119,8	115,78
Ксенон, Xe	131,3	5,49	289,7	165,1	161,4

Мембранний метод засновано на відмінностях розміру молекул газів, що проникають через пористу перегородку мембрани. Так проникність компонентів суміші «гелій-ксенон» відрізняються в триста разів, у «гелій-криптон» - в 100 разів. Однак, навіть володіючи такими високими показаннями селективності, отримати тільки мембранним методом гелій необхідної чистоти неможливо. У той же час, мембранна сепарація перспективна в якості допоміжного процесу в поєднанні з іншими методами.

Для забезпечення безперервного очищення гелію зазвичай використовують два поперемінно працюючих адсорбційних апаратів. Один з них насичується важкими інертними газами, наприклад, ксеноном і видає на виході чистий гелій. В іншому в цей же час відбувається виділення поглиненого ксенону. Найважливішим параметром при виборі типу сорбенту є його питома ємність. Ця величина показує, скільки кубічних сантиметрів речовини поглинає у суміші один кілограм сорбенту. Однак, збільшення концентрації домішок в гелій на вході в адсорбер скорочує робочу фазу адсорбера. В такому випадку, для безперервної сепарації, буде потрібно вже не два, а більша кількість адсорберів.

Очищення гелію від висококиплячих домішок методом десублімації засновано на переході ксенону, криптону або аргону в твердий стан з газового потоку суміші. Подібно адсорбції, процес виморожування є циклічним і вимагає витрат енергії на періодичне охолодження апарату до робочих температур. У найпростішому варіанті таке охолодження забезпечується азотом, киплячим при атмосферному тиску. У міру руху потоку вздовж каналу температура суміші падає, а концентрація ксенону (криптону, аргону) в потоці знижується. Кінцева температура на виході з апарату є найважливішим експлуатаційним параметром. В кінцевому рахунку вона визначає залишкову кількість важких інертних газів в потоці гелію. Однак, отримати чистий гелій необхідної чистоти можливо тільки для пари «гелій-ксенон» і при температурі азоту, киплячого під вакуумом.

Для досягнення необхідного результату (отримання чистого гелію 99,9999%) розглянуті методи сепарації необхідно використовувати в поєднанні один з одним. Як ступені попереднього збагачення може бути застосований мембранний модуль, а в якості ступені фінальної очищення - адсорбер. Для одночасної утилізації важкого інертного газу (ксенон) - необхідна колона ректифікації. При очищенні гелію від криптону, для зменшення навантаження на адсорбер, доцільно включити в схему перед ним виморожувач. Зовнішній вигляд апаратів, які здійснюють розглянуті методи сепарації, показані на малюнку 1.



Малюнок 1. Зовнішній вид апаратів для здійснення різних процесів сепарації.
(а - ректифікаційна колона, б - мембранний модуль, в - адсорбер, г - виморожувач).