

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



## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

**ЗА МАТЕРІАЛАМИ  
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ  
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ**

**МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ**

**«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ  
ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ»**

*27-28 листопада 2020 року*



Одеса - 2020

УДК 621.56/59(03)  
ББК 31.3  
К-14

**Збірник докладів підготовлений під редакцією  
доктора технічних наук, професора Хмельнюка М.Г Науковий секретар - к.т.н.доц.  
Жихарєва Н.В.**

*За достовірність інформації відповідає автор публікації*

**Збірник наукових праць** за матеріалами Всеукраїнської науковотехнічної онлайн-конференції молодих учених та студентів «**Сучасні проблеми холодильної техніки і технології**» 27-28 листопада 2020 року. – Одеса : ТЕС., 2020. – 175 с.

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень студентів, магістрів та аспірантів різних університетів і академій України.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: холодильні машини і установки; теплообмінні апарати і процеси тепло масообміну; робочі речовини холодильних машин; системи кондиціонування повітря; Компресори та пневмоагрегати; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки;холодильна технології; кріогенна техніка; інформаційні технології в холодильній техніці

©Одеська національна академія харчових технологій,2020  
© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського

## 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

**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;

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

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

### Організаційний комітет:

**Голова** – д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.;

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

**Члени оргкомітету** - к.т.н. доц. Зімін О.В., к.т.н.доц. Когут В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н.доц. Желіба Ю.О., к.т.н. Трандафілов В.В., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н.доц. Подмазко О.С.

### Тематичні напрями:

- холодильні машини і установки
- теплообмінні апарати і процеси тепломасообміну
- робочі речовини холодильних машин
- системи кондиціонування повітря
- компресори та пневмоагрегати
- енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки
- холодильна технологія
- кріогенна техніка
- інформаційні технології в холодильній техніці

установок отримання зрідженого CO<sub>2</sub> та зберігання його за низькими тисками та температурами тривалий час без значних втрат.

У дослідженні наведено синтез схемно-циклових рішень низькотемпературних холодильних машин для отримання зрідженого діоксиду вуглицю, що є витягом з димових газів..

Отримання зрідженого CO<sub>2</sub> при спалюванні природного газу відносять до комерційних виробництв, в яких CO<sub>2</sub> є продуктом.

Аналізуючи наведені технології, автори звертають увагу на те, що в роботах немає акценту на схему холодильної машини. Закінчуючи виходом з установки газоподібного CO<sub>2</sub>. Виходячи з цього, здійснено термодинамічний аналіз циклів, які потенційно можуть забезпечити отримання зрідженого CO<sub>2</sub> в масштабі промислового виробництва. Базовими використано схеми і цикли установок виробництва сухого льоду.

Розглянуто схемно-циклові рішення двох лвох технологій зрідження: за тиском 2,0 МПа і температурою -20°C та тиском 0,9 МПа і температурою -45°C. Розподіл температурних режимів і схемно-циклових рішень з урахуванням об'ємних, масогабаритних і енергетичних характеристик компресорів, що комплектують машини, здійснюється між багатоступеневими машинами з однією робочою речовиною і каскадних, що працюють з двома робочими речовинами. До практичної реалізації автори рекомендують: цикл високого тиску в транскритичній області в схемі триступеневої машини на CO<sub>2</sub> та цикл середнього тиску в схемі каскадної холодильної машини з робочими речовинами аміаком або пропаном у верхньому каскаді термодинамічних циклів

За результатами розрахунків отримано характеристики установки зрідження: холодопродуктивність процесу зрідження, мінімальну роботу зрідження, дійсну роботу зрідження, ефективність процесу зрідження. Робота на одиницю холодопродуктивності зрідження

Отримані в результаті термодинамічного аналізу характеристики машин зрідження CO<sub>2</sub> не є альтернативою. Кожна машина має право на існування, а замовник обере варіант після ретельного економічного аналізу прийнятого рішення. Сучасне холодильне обладнання для CO<sub>2</sub> здатне задовольнити реалізацію обраного техніко-економічного рішення.

*Науковий керівник . Л.І. Морозюк, д.т.н., професор кафедри кріогенної техніки ОНАХТ*

**УДК 697.91.94.97**

## **ОСОБЛИВОСТІ КОМПЛЕКСНОЇ ОЧИСТКИ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СУМІШЕЙ НА ОСНОВІ КСЕНОНУ**

*Медушевський Є.В., аспірант кафедри КТ ОНАХТ, Одеська національна академія харчових технологій*

Ксенон і криптон отримують в процесі розділення повітря кріогенним методом [1]. Оскільки вміст цих газів в атмосфері складає всього 8,6·10<sup>-6</sup> %...1,1·10<sup>-4</sup> %

виробництво потребує кілька стадій і супроводжується значними енергетичними витратами. Враховуючи обмеженість сировинних ресурсів і зростаючий попит на рідкісні гази на світовому ринкові, перспективним способом забезпечення виробництва може стати переробка Kr і Xe, що були у використанні і містять побічні домішки. Рециклінг рідкісних газів можливо реалізують двома методами [2]. В першому методі підключення декількох споживачів до централізованого комплексу очищення. Такий спосіб знижує капітальні витрати на створення єдиної системи очищення і її обслуговування. Але таку схему можна реалізувати в масштабах міста або невеликого регіону. Якщо об'єкти будуть знаходитись на значній відстані, споживачі будуть вимушені розширювати балонний парк, формувати непродуктивні запаси продуктів і створювати інфраструктуру для безперебійного постачання установок. У разі виникнення проблем з постачанням ксенону споживачам рекомендується другий варіант, в якому проектується створення установки очищення в безпосередній близькості від споживача рідкісних газів. Незважаючи на очевидну простоту такого рішення, його реалізація також пов'язана з підвищеними вимогами до надійності і простоти обслуговування. Апарати по очищенню газів не повинні негативно впливати на роботу електронного устаткування, що ці гази використовують.

Очищення рідкісних газів складна технологія. Класичні процеси отримання рідкісних газів не цілком придатні для переробки «нестандартних» сумішей з десятками органічних сполук. А саме такі потоки можуть поступати з підприємств електронної галузі. Друга перешкода, що не дозволяє напряму застосовувати існуючі потужності, пов'язана з гігієнічними обмеженнями. Ксенонові суміші, що були використані в анестезії [5], повинні перероблятися окремо, на спеціальному атестованому обладнанні. Ще одна причина непридатності наявних виробництв і технологій для рішення окремих задач - неузгодженість витрат і габаритів устаткування. Існуючі ксенонові установки мають продуктивність в десятки кубометрів на годину, висота колон сягає 8...10 метрів, а площа цеху – сотні квадратних метрів. Локальні системи для виділення Xe з «електронних» газів повинні мати продуктивність на порядок меншу. Для їх розміщення відводиться дуже обмежена площа (кілька квадратних метрів), а висота насадкової частини колон скорочується до 2-х метрів.

Також слід враховувати, що очистка багатокomпонентних сумішей на основі криптону і ксенону супроводжується рядом технологічних перешкод. В якості холодоагенту для криогенного забезпечення сепарації економічно доцільно використовувати рідкий азот, при кипінні в умовах атмосферного тиску. Його температура (77,4 K) на 84 K нижча ніж точка замерзання у ксенону. Щоб уникнути намерзання компонентів суміші треба застосовувати нетрадиційні методи відведення тепла з конденсатору. Для запобігання переходу у твердий стан висококиплячих компонентів, наприклад, ксенону [6] в умовах охолодження колони рідким азотом в конденсаторі використовують проміжний контур, заповнений киплячим при підвищеному тиску однорідним компонентом.

В конденсаторі-випарнику колони холодна флегма низькокиплячих компонентів (кисню, азоту чи аргону) напряму контактує з паровою сумішшю з ксеноном. Зменшення вірогідності переходу ксенону в тверду фазу може бути досягнуто шля-

хом введення допоміжних компонентів і їх утримання в певних ділянках насадкового шару. При цьому така операція повинна забезпечуватись надійною і швидкодіючою системою управління для запобігання втрат допоміжних компонентів та їх попадання в цільовий продукт, який збирається в кубі колони.

Описане вище технічне рішення забезпечує безперешкодне виділення ксенону з потоку суміші в відносно компактній ректифікаційній колоні та дозволяє повторного використовувати цінний ксенон в наукоємних галузях.

Інформаційні джерела:

- 1) Головки Г.А. Криогенное производство инертных газов.-2е изд., перераб. И доп.– Л.: Машиностроение, Ленингр. отд.,1983. – 266 с.
- 2) В.Л. Бондаренко, Ю.М. Симоненко, М.Ю.Меркулов. Рециклинг редких газов в наукоємких производствах. Материалы 77-й конференции научно-методического состава ОНАПТ, С. 286-287
- 3) Patent 5099834 USA, A61M 15/00. Method for anesthesia / Royce S. Fishman, Date of Patent: July 16, 1991.
- 4) Теплофизические свойства неона, аргона, криптона и ксенона // Под ред. В.А. Рабиновича. – М.: Изд. стандартов, 1976. – 636 с.

*Науковий керівник:*

*Симоненко Ю.М., проф. кафедри криогенної техніки ОНАХТ*

**СИНТЕЗ СХЕМНО-ЦИКЛОВИХ РІШЕНЬ УСТАНОВОК ВИРОБНИЦТВА ЗРІДЖЕНОГО ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ.**

*Осипчук А. А., магістрант ОНАХТ., Сухомлінов Б.В., магістрант ОНАХТ*

*Науковий керівник . Л.І. Морозюк, д.т.н., професор кафедри кріогенної техніки ОНАХТ.....147*

**ОСОБЛИВОСТІ КОМПЛЕКСНОЇ ОЧИСТКИ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СУМІШЕЙ НА ОСНОВІ КСЕНОНУ**

*Медушевський Є.В., аспірант кафедри КТ ОНАХТ , Одеська національна академія харчових технологій*

*Науковий керівник: Симоненко Ю.М., проф. кафедри кріогенної техніки ОНАХТ.....148*

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

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

ЗА МАТЕРІАЛАМИ  
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ  
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ

МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ

## **«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ»**

*27-28 листопада 2020 року*

©Одеська національна академія харчових технологій  
© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського