

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

**80 НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ВИКЛАДАЧІВ АКАДЕМІЇ**

Одеса 2020

Наукове видання

Збірник тез доповідей 80 наукової конференції викладачів академії
7 – 8 травня 2020 р.

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

Рекомендовано до друку та розповсюдження в мережі Internet Вченою радою
Одеської національної академії харчових технологій,
протокол № 15 від 05.05.2020 р.

Під загальною редакцією Заслуженого діяча науки і техніки України,
Лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки,
д-ра техн. наук, професора Б.В. Єгорова

Укладач Т.Л. Дьяченко

Редакційна колегія

Голова Єгоров Б.В., д.т.н., професор
Заступник голови Поварова Н.М., к.т.н., доцент

Члени колегії:

Амбарцумянц Р.В., д-р техн. наук, професор
Безусов А.Т., д-р техн. наук, професор
Бурдо О.Г., д.т.н., професор
Віннікова Л.Г., д-р техн. наук, професор
Гапонюк О.І., д.т.н., професор
Жигунов Д.О., д.т.н., доцент
Іоргачова К.Г., д.т.н., професор
Капрельянц Л.В., д.т.н., професор
Коваленко О.О., д.т.н., ст.н.с.
Косой Б.В., д.т.н., професор
Крусір Г.В., д-р техн. наук, професор
Мардар М.Р., д.т.н., професор
Мілованов В.І., д-р техн. наук, професор
Павлов О.І., д.е.н., професор
Плотніков В.М., д-р техн. наук, доцент
Станкевич Г.М., д.т.н., професор,
Савенко І.І., д.е.н., професор,
Тележенко Л.М., д-р техн. наук, професор
Ткаченко Н.А., д.т.н., професор,
Ткаченко О.Б., д.т.н., професор
Хобін В.А., д.т.н., професор,
Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор
Черно Н.К., д.т.н., професор

холодо- та теплоносіїв, а також робочих тіл, та, як наслідок, підвищенню енергетичної ефективності обладнання цих галузей без його суттєвої модернізації.

Література

1. Angayarkanni S. A., Philip J. Review on thermal properties of nanofluids: recent developments // *Advances in colloid and interface science*. – 2015. – Vol. 225. – P. 146-176.
2. Gupta M., Singh V., Kumar R., Said Z. A review on thermophysical properties of nanofluids and heat transfer applications // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2017. – Vol. 74. – P. 638-670.
3. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкостей. – Ленинград: «Наука», – 1975. – 592 с.
4. Zhelezny V., Khliyeva O., Motovoy I., Lukianov N. An experimental investigation and modelling of the thermal and caloric properties of nanofluids isopropyl alcohol – Al₂O₃ nanoparticles // *Thermochimica Acta*. – 2019. – Vol. 678. – P. 178-296.
5. Zhelezny V., Geller V., Semenyuk Y., Nikulin A., Lukianov N., Lozovsky T., Shymchuk M. Effect of Al₂O₃ nanoparticles additives on the density, saturated vapor pressure, surface tension and viscosity of isopropyl alcohol // *Int. J. Thermophys.* – 2018. – Vol. 39 (38).

СЕКЦІЯ «КРІОГЕННА ТЕХНІКА»

ПРОМИСЛОВІ УСТАНОВКИ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ НЕОНОГЕЛІЄВИХ СУМІШЕЙ

¹Бондаренко В.Л., д.т.н., проф., ¹Вігуржинська С.Ю., к.е.н., доц.,

²Пилипенко Б.О., інженер-дослідник

¹Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

²ТОВ «Кріоін Інжинірінг», м. Одеса

На кінцевій стадії переробки неоновому виробництва утворюється побічний потік гелієвого концентрату в якому міститься близько 80 % гелію. Здобування гелію з такого концентрату може здійснюватися декількома способами з використанням процесів сорбції, конденсації, виморожування, а також їх поєднання. Маючи в розпорядженні увесь спектр можливих засобів охолодження, і не будучи обмеженими у виборі рівня температур в діапазоні від 4,2 до 78 К, творці нової техніки стикаються з необхідністю зіставлення характеристик різних за принципом роботи установок. При цьому, найважливішим техніко-економічним показником є витрати на криогенне забезпечення процесів сепарації. В якості об'єктів техніко-економічного аналізу розглянуто як вже створені пристрої, так і перспективні розробки, що знаходяться у стадії випробувань.

Для отримання гелію високої чистоти $y_{\text{He}} > 99,999\%$ у багатьох випадках використовуються адсорбційні установки періодичної дії. Тривалість активного періоду таких апаратів значною мірою визначається величиною поглинаючої здатності сорбенту

$$a = \frac{V}{m_C}, \quad (1)$$

де V – об'єм адсорбованих домішок (неону); m_C – маса сорбенту.

Величина a , в першу чергу, залежить від температури. Для прийнятих експлуатаційних умов (робочий тиск $P = 2$ МПа і $y_{\text{Ne}} (20\%)$ поглинаюча здатність по відношенню до неону для активованого вугілля змінюється в інтервалі від $a' = 0,65$ н.м³/кг при 28 К до $a'' = 0,65$ н.м³/кг при 78 К. Прагнення підвищити поглинаючу здатність сорбенту зумовило появу сепараторів, що працюють на неоновому рівні температур (рис. 1).

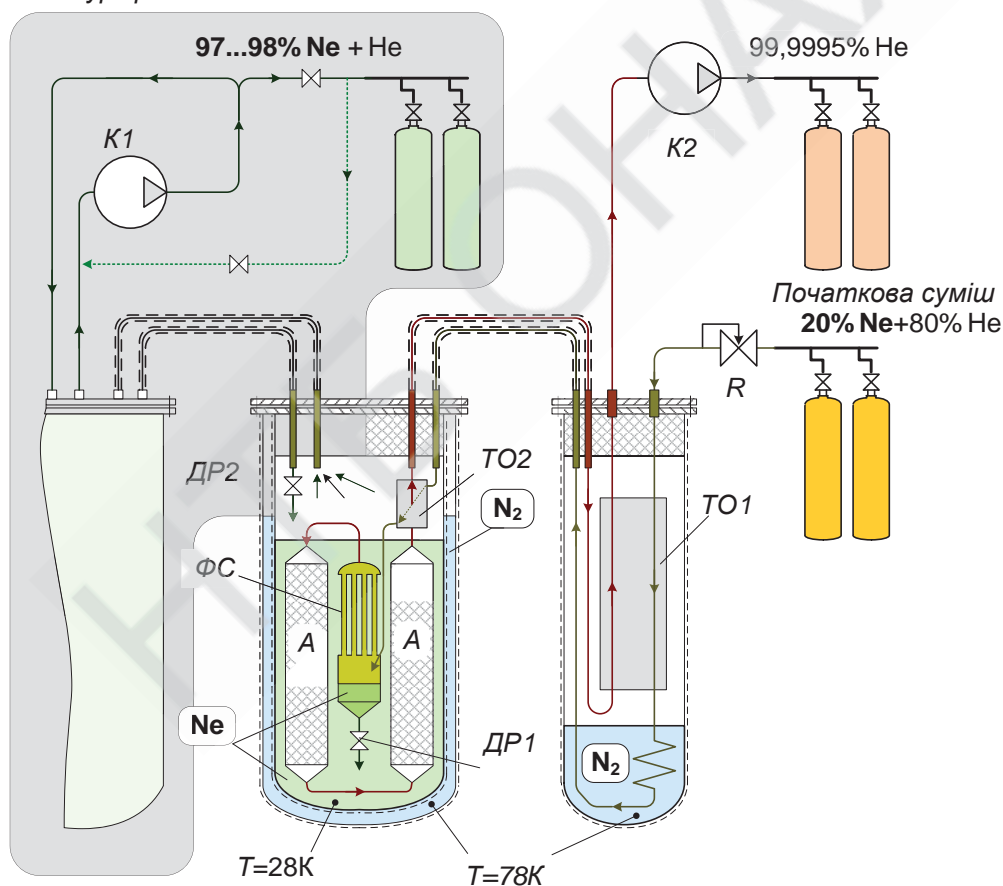
Для зниження навантаження на адсорбери А в схемі передбачено фазовий сепаратор ФС,

в якому з суміші у вигляді конденсату виводиться 30...40 % неону. Рідкий неон, що містить близько 2 % розчиненого в ньому гелію, дроселюється у ванну охолодження адсорберів через ДР1. Таким чином, цей збагачений неон використовується в якості робочого тіла в холодильному циклі контуру кріогенного забезпечення. Надлишки неонових концентрату закачують компресором К1 в балони і відправляють на переробку в установку отримання чистого неону.

Разом з неоновими рефрижераторами для кріогенного забезпечення адсорберів використовують розімкнені азотні «цикли», які підтримують температуру адсорберів на рівні $T = 66...78$ К. Нижня межа вказаних температур забезпечується відкачуванням пари азоту. Навіть з урахуванням витрат енергії на привід вакуумного насоса, питомі експлуатаційні витрати азотних систем охолодження виявляються істотно нижче, ніж для установок, показаних на рис. 1. Зниження поглинаючої здатності сорбенту a при цьому компенсується збільшенням розмірів апаратів.

Розроблено адсорбційний блок для отримання гелію з побічного потоку неонових виробництва. Для часткового зниження концентрації неону в суміші замість сепаратора (ФС, рис. 1) використано мембранний модуль. При робочих параметрах $P = 1,6$ МПа і $T = 66$ К продуктивність комплексу по гелію складає 300 м³/добу. Установка повністю автоматизована і оснащена новітнім аналітичним устаткуванням. Окрім гелію $y_{\text{He}} > 99,999$ % при регенерації адсорберів отримують концентрат $y_{\text{Ne}} \approx 75$ %, який повертають в технологічний цикл отримання неону.

Контур кріогенного забезпечення $T=28\text{K}$



R – редуктор; $K1, K2$ – компресори; A – секції адсорбера; $TO1, TO2$ – теплообмінники;
 $ФС$ – фазовий сепаратор; $ДР1$ – дросель для відбору неонових концентрату;
 $ДР2$ – дросель неонових холодильного циклу

Рис.1 – Спрощена схема адсорбційного блоку для отримання гелію з неонгелієвої суміші на неоновому рівні температур

У порівнянні з базовою установкою (рис. 1), перехід на азотний рівень температур дозволив зменшити експлуатаційні витрати на отримання гелію на 20...25 %. Визначено резерви скорочення енергетичних витрат, що базуються на використанні високовакуумної теплоізоляції та ступені попередньої сепарації у вигляді мембранного модуля. В результаті модернізації установки вона стане здатною виробляти спектрально-чистий гелій чистотою до 99,9999 %.

АВТОМАТИЗОВАНА УСТАНОВКА ДЛЯ ОТРИМАННЯ КСЕНОНУ ШЛЯХОМ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ДИСТИЛЯЦІЇ

¹Бондаренко В.Л., д.т.н., проф., ¹Медушевський Є.Ю., аспірант, ²Чигрін А.О., інженер,

³Биканов О.М., к.ф.-м.н., провідний спеціаліст

¹Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

²ТОВ «Кріоін Інжиніринг», м. Одеса

³«KLA–Tencor», Milpitas, CA, USA

Ксенон є рідкісним компонентом атмосфери. Для отримання 1 літру Хе потрібно витратити принаймні $1,2 \cdot 10^4$ м³ повітря. Збагачення і очищення ксенону супроводжуються значними енерговитратами. Унікальні фізичні властивості цього газу призвели до його використання у багатьох наукомістких виробництвах. В умовах зростаючого дефіциту ксенону, актуальним є розвиток енергетичних та ресурсозберігаючих технологій для видобування цього цінного продукту.

Сировиною для ксенонового виробництва є газові суміші, які утворюються в установках розділення повітря. В залежності від способу початкового збагачення в таких газових концентратах переважають або криптон, або азот. Частина ксенону виробляється з сумішей, які утворюються в результаті використання ксенону в медицині, космонавтиці, електроніці, лазерних технологіях та інших сферах. Ця «вторинна сировина» може містити в собі різні побічні гази: кисень, аргон, а також ряд висококиплячих складових.

Для очищення ксенону від побічних домішок, як правило, практикують кріогенні методи: дистиляцію, адсорбцію, виморожування (десублімацію). Баромембранне розділення допускається на ранніх стадіях збагачення. Однак, цей метод супроводжується втратою цільового продукту і не знайшов поширення в ксенонових технологіях. Адсорбція та десублімація базуються на зміні процесів накопичення компонентів при низьких температурах і подальшому їх вилученні з пристрою шляхом нагрівання. Недоліками таких циклічних процесів є складнощі отримання ксенону в чистому вигляді. З цієї причини, адсорбція і заморожування частіше використовуються для очищення ксенону від високиплячих домішок (H₂O, CO₂, C_mH_n, C₂F₆ та ін.).

Як зазначено раніше, в ксенонових концентратах переважають компоненти з низькою температурою кипіння. Найбільш перспективним методом очищення ксенону від таких домішок є низькотемпературна дистиляція. Однак, ректифікація в колоні сумішей, таких як Хе-N₂, Хе-O₂ або Хе-Ar супроводжується труднощами через ймовірність ксенонового заморожування. Наприклад, температура рідкого азоту не може перевищувати 126,2 К, а ксенон при температурі 161,4 К не утворює рідкої фази і перебуває у твердому стані. Таким чином, повноцінний масообмін в бінарній системі Хе-N₂ не є можливим. Аналогічна перешкода виникає в разі розділення в колоні сумішей O₂-Хе і Ar-Хе.

Для запобігання замерзання ксенону при контакті з низькотемпературним компонентом, пропонується штучно вводити в середню частину колонки речовину-посередник, точка кипіння якої знаходиться між температурами кипіння компонентів суміші. В якості додаткових компонентів можуть використовуватися метан, оксид азоту, тетрафторметан (R14) і криптон. Проміжні речовини вибираються таким чином, щоб їх конденсаційні температури знаходилися в проміжку між Хе і відповідними низькотемпературними речовинами.

Проміжний компонент, наприклад, R14 не потребує поповнення, оскільки положення цього про шарку в колоні диктується автоматичною системою. Розроблено та перевірено методи

ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ІНФОРМАЦІЙНИМИ РЕСУРСАМИ	
Сіромля С.Г.	241
ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОПЕРАТОРОМ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК	
Селіванова А.В., Мазурок Т.Л., Селіванов А.П.	242
ПОСТКВАНТОВЕ ШИФРУВАННЯ, БЛОКЧЕЙН, НАВЧАЛЬНІ ТА НАУКОВІ ПРОЦЕСИ	
Кононович І.В.	244
ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ПОЛІТИКИ БЕЗПЕКИ ІНФОРМАЦІЇ	
Владімірова В.Б.	245
ВИКОРИСТАННЯ PWA ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ РОЗРОБЦІ КРОСПЛАТФОРМЕННИХ ДОДАТКІВ	
Тройніна А.С.	247
ТЕОРІЯ ГРАНИЧНИХ РЕЖИМІВ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ДЕТОНАЦІЙНИХ ХВИЛЬ В КРУГЛИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ТРУБАХ	
Волков В.Е.	248
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ ПАЛИВА В КАМЕРАХ ДВИГУНІВ	
Волков В.Е., Макоєд Н.О.	250
НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ СУПРОВІД ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ ДО ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ	
Лобода Ю.Г.	252
ПРОБЛЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ДОКУМЕНТООБІГУ У ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ	
Волков В.Е., Кириченко В.І.	254
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНКИ РИЗИКУ ДЕТОНАЦІЙНОГО ВИБУХУ	
Волков В.Е., Коваленко А.В.	257
ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ З УРАХУВАННЯМ НЕЛІНІЙНИХ ЕФЕКТІВ	
Волков В.Е., Кривченко Ю.В.	258

СЕКЦІЯ «ТЕПЛОФІЗИКА ТА ПРИКЛАДНА ЕКОЛОГІЯ»

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИРКУЛЯЦІЇ ДОМІШОК КОМПРЕСОРНОГО МАСТИЛА В РОБОЧИХ ТІЛАХ ПО КОНТУРУ ХОЛОДИЛЬНОЇ КОМПРЕСОРНОЇ СИСТЕМИ	
Корнієвич С.Г., Нестеров П.С., Желєзний В.П., Семенюк Ю.В.	259
ВПЛИВ ДОМІШОК МОДЕЛЬНОГО КОМПРЕСОРНОГО МАСТИЛА TEG В ХОЛОДОАГЕНТІ RE170 НА ПАРАМЕТРИ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПРЕСОРНОЇ СИСТЕМИ	
Івченко Д.О., Желєзний В.П.	261
ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕРНОВОГО ПИЛУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ГАЛУЗІ ХЛІБОПРОДУКТІВ	
Заєрклянний М.М., Столевич Т.Б.	264
ПРИНЦИПИ ТЕРМОДИНАМІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОФЛЮІДІВ	
Хлієва О.Я., Желєзний В.П., Мотовий І.В.	265

СЕКЦІЯ «КРІОГЕННА ТЕХНІКА»

ПРОМИСЛОВІ УСТАНОВКИ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ НЕОНОГЕЛІЄВИХ СУМІШЕЙ	
Бондаренко В.Л., Вігуржинська С.Ю., Пилипенко Б.О.	268
АВТОМАТИЗОВАНА УСТАНОВКА ДЛЯ ОТРИМАННЯ КСЕНОНУ ШЛЯХОМ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ДИСТИЛЯЦІЇ	
Бондаренко В.Л., Медушевський Є.Ю., Чигрін А.О., Биканов О.М.	270
ПЕРСПЕКТИВНА СХЕМА ЗРІДЖУВАЧА ВОДНЮ	
Кравченко М.Б.	271
НОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВІТРЯНИХ КОНДЕНСАТОРІВ МАШИН КОМЕРЦІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	
Морозюк Л.І., Соколовська-Єфименко В.В., Гайдук С.В., Мошкатюк А.В.	272
РЕДУКУВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ВИСОКОГО ТИСКУ У ВИХРОВИХ ТРУБАХ	
Симоненко Ю.М., Бодюл О.С., Тишко Д.П.	274
НЕОНОВІ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ В ІНТЕРВАЛІ $T=18...28$ К	
Симоненко Ю.М., Меркулов М.Ю.	275