

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ  
77 НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
ВИКЛАДАЧІВ АКАДЕМІЇ**

**Одеса 2017**

## ЕКОНОМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ НЕОНУ ТА ГЕЛІЮ

Бондаренко В.Л., д.т.н., проф., Башкиров Г.В., аспірант, Пилипенко Б.О., аспірант  
Одеська національна академія харчових технологій

Сумарний вміст неону і гелію в атмосферному повітрі не перевищує 0,0024 %. Переробка неоногелієвого концентрату здійснюється в кілька етапів, більшість з яких проводять за температури 28...78 К (рис. 1). Питомі витрати енергії на витяг легких інертних газів виражаються десятками мегаджоулей на 1 м<sup>3</sup> цільових продуктів. В умовах збільшення вартості енергоресурсів підвищення економічності виробництва Ne і He є актуальним завданням.

Технологія вилучення неону і гелію передбачає ряд послідовних процесів, з яких невід'ємними є:

I. Очищення суміші від водню хімічним методом; поглинання і видалення продукту реакції (H<sub>2</sub>O) шляхом конденсації і адсорбційним методом при температурі навколишнього середовища.

II. Глибоке очищення суміші від азоту і інших домішок в адсорберах за температури рідкого азоту (T = 78 К).

III. Поділ неоногелієвої суміші в колоні при T = 30 К, що супроводжується отриманням чистого неону і утворення гелієвої отдувки (y<sub>He</sub> ≈ 80 %).

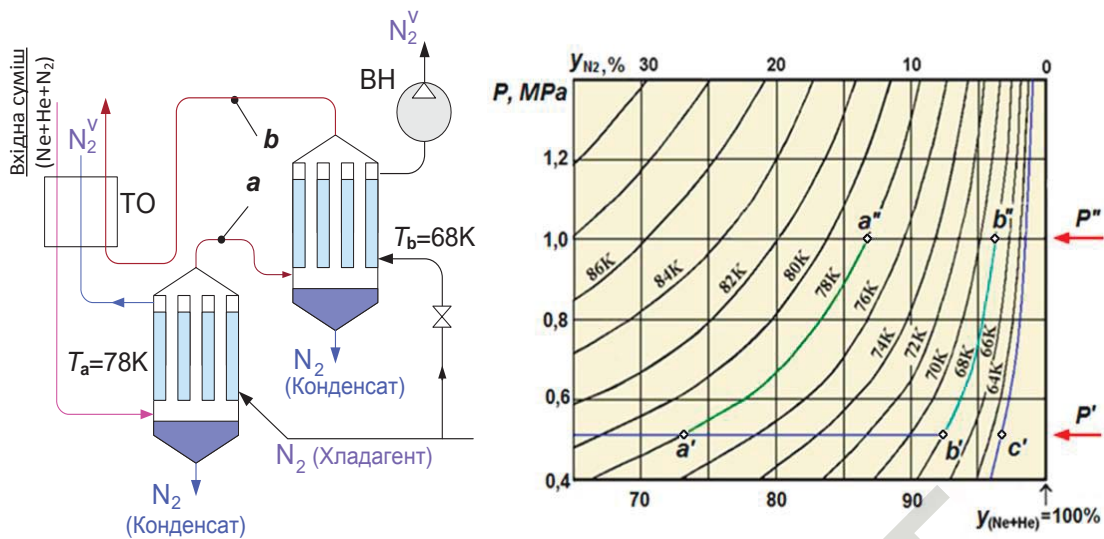
IV. Переробка отдувочного потоку в адсорберах за температури рідкого азоту (T = 68...78 К), супроводжувана отриманням чистого гелію і зворотного потоку неоновому концентрату (y<sub>Ne</sub> ≈ 80 %).

Важливим резервом зменшення енергетичних витрат є зниження частоти перемикавання кріогенних адсорберів (процеси II і IV). Ці апарати від циклу до циклу періодично піддаються процесу регенерації, який супроводжується підвищенням температури. Потім адсорбер знову охолоджується за допомогою хладагенту до робочих температур. Якщо на вході в адсорбер зменшити концентрацію поглинаємої речовини, то тривалість робочого циклу збільшиться, а витрата холодоагенту на кріогенне забезпечення адсорбційного очищення скоротиться.

На етапі II зниження концентрації азоту перед адсорберами забезпечується за рахунок конденсації N<sub>2</sub> з потоку у фазовому сепараторі (рис. 1). У місцях отримання суміші такі апарати працюють при тиску нижньої колони поділу повітря (P = 0,5...0,6 МПа). За рахунок ступеневого охолодження концентрація азоту в суміші знижується з 50 до 7 % (рис. 1, точка b"). Такий крок сприяє зниженню транспортних витрат, складських витрат і скорочення балонного парку. Додатковий ефект досягається при підвищенні тиску фазового рівноваги в сепараторі. Такий прийом практикують на окремих підприємствах з переробки суміші, коли тиск не пов'язаний з умовами роботи повітрерозподільчої установки (рис. 1, точка b").

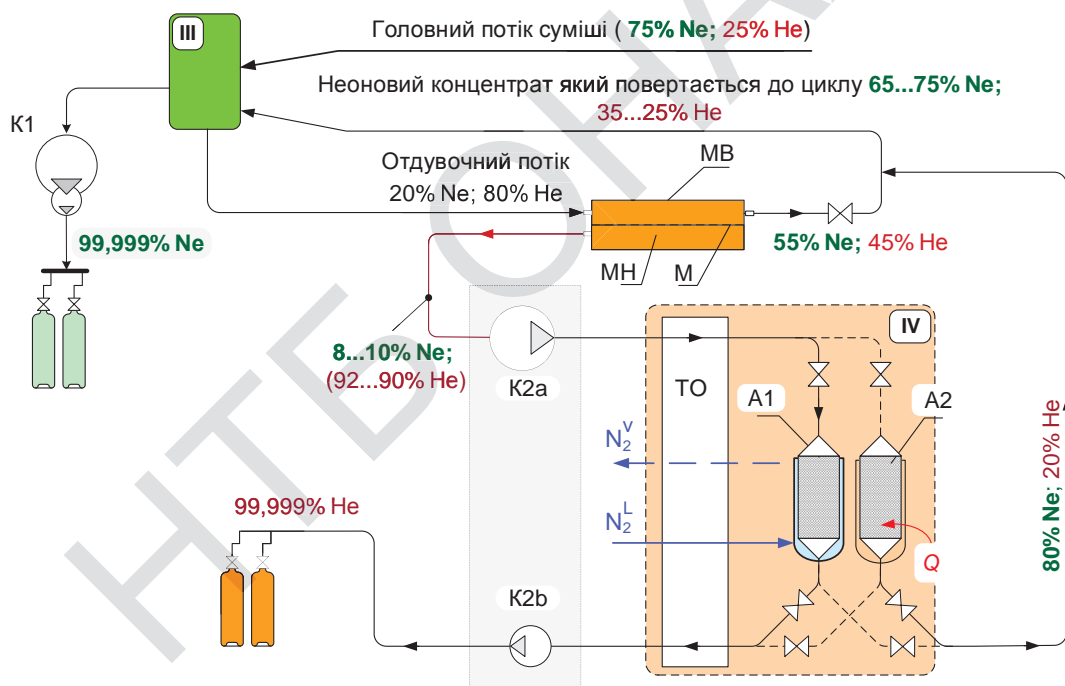
Аналогічним чином можна зменшити навантаження в адсорберах в процесі IV. Оскільки фазовий поділ суміші He-Ne при T = 30 К енергоємне, практикують альтернативний прийом сепарації. Він заснований на застосуванні мембранного модуля (рис. 2). Робота даного пристрою заснована на різній проникності окремих компонентів суміші через матеріал мембрани. Ці відмінності характеризуються фактором поділу, який для системи He-Ne дорівнює  $\alpha = 4...5$ . Тобто при однаковому перепаді тисків через одиницю площі мембрани гелій буде проходити в кілька разів інтенсивніше, ніж неон.

Під дією різниці тисків частина суміші (переважно гелій) проникає через селективний шар M в порожнину ML, де отримують потік збагаченого гелію з концентрацією 90...92 % He (решта – неон). Що залишився (не пройшов через мембрану) потік зберігає свій тиск і на виході з порожнини MN збагачується неоном з 20 до 55 % Ne. Цей газ і неоновий концентрат з адсорберів повертається в технологічний цикл.



$a'$  і  $b'$  – концентрація потоку на виході з фазового сепаратора при  $P = 0,5$  МПа;  
 $a$  і  $b$  – концентрація потоку при  $P'' = 1$  МПа;  $TO$  – теплообмінник;  $BH$  – вакуум-насос

**Рис. 1 – Схема двоступеневого фазового сепаратора і ізотерми фазової рівноваги суміші  $N_2$ -(Ne-He)**



$III$  – ректифікаційна установка для отримання Ne;  $IV$  – блок адсорберів для вилучення He;  
 $K1$  – неоновий компресор;  $K2a$  і  $K2b$  – перший і другий ступені гелієвого компресора;  
 $M$  – мембрана;  $MB$  і  $MH$  – порожнини високого і низького тиску мембранного модуля;  
 $A1$  і  $A2$  – криогенні адсорбери;  $TO$  – теплообмінник

**Рис. 3 – Схема комплексу для отримання неону і гелію високої чистоти з використанням мембранного модуля**

Зниження концентрації компонентів, що поглинаються на вході в адсорбер, призводить до скорочення витрат на криогенне забезпечення сепарації на 25...30%. Зменшення собівартості неону і гелію сприятиме розширенню сфери їх використання в сучасних технологіях.

НОВИЙ МЕТОД ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ РЕЛАКСАЦІЇ В ДІЕЛЕКТРИКАХ Сорокіна О.Г., Федосов С.Н., Сергєєва О.Є.....	261
ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКУ НА ЗУБОШЛІФУВАННЯ Ліщенко Н.В.....	262

### **СЕКЦІЯ «ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА ТА ТЕХНІЧНИЙ ДИЗАЙН»**

ЗНАЧЕННЯ ДИЗАЙНУ УПАКОВКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО РОЗВИТКУ Сагач Л.М.....	264
НАОЧНІСТЬ ЗОБРАЖЕНЬ ОБ'ЄКТУ Ломовцев Б.А.....	265
МОЖЛИВОСТІ ГРАФІЧНОГО ДИЗАЙНУ У ГЕРАЛЬДИЦІ Іванова Л.О., Федосєєв О.В.....	266
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СХЕМ ДВОСТУПЕНЕВИХ ПАРОКОМПРЕСІЙНИХ СИСТЕМ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТЕПЛОТИ Іваненко Є.В.....	267

### **СЕКЦІЯ «ВИЩА МАТЕМАТИКА»**

ПАРАМЕТРИЗАЦІЯ МАСШТАБНО-ІНВАРІАНТНИХ САМОСПРЯЖЕНИХ РОЗШИРЕНЬ МАСШТАБНО-ІНВАРІАНТНИХ СИМЕТРИЧНИХ ОПЕРАТОРІВ Miron V. Bekker, Угольніков О.П.....	269
УНДУЛОЇДИ ТА ЇХ ДЕФОРМАЦІЇ Вашпанова Н.В., Подоусова Т.Ю.....	271

### **СЕКЦІЯ «ТЕПЛОФІЗИКА ТА ПРИКЛАДНА ЕКОЛОГІЯ»**

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНВЕКТИВНОЇ ТЕПЛОВІДДАЧІ Й ВТРАТ НАПОРУ ПРИ ВИМУШЕНОМУ РУСІ В ТРУБІ НАНОХОЛОДОНОСІЯ НА ОСНОВІ ПРОПІЛЕНГЛІКОЛЮ Рябікін С.С., Хлісва О.Я.....	272
МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДЕЯКИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ Геллер В.З., Семенюк Ю.В., Губанов С.М.....	273
МОДИФІКОВАНА МОДЕЛЬ ПОТЕНЦІАЛУ ЮКАВИ І ЇЇ РОЛЬ ДЛЯ ОПИСУ КОНДЕНСОВАНОЇ ФАЗИ ФУЛЕРЕНІВ Роганков В.Б., Швець М.В., Роганков О.В.....	274
МОДЕЛЬ ІМОВІРНОСТІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, АВАРІЙ ТА КАТАСТРОФ ТЕХНОГЕННОГО І ЗМІШАНОГО (ТЕХНОГЕННО-ПРИРОДНОГО) ПОХОДЖЕННЯ Цикало А.Л.....	275
ДОСЛІДЖЕННЯ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ У НАНОФЛЮЇДІ ІЗОПРОПІЛОВИЙ СПИРТ / НАНОЧАСТИНКИ $Al_2O_3$ Мотовой І.В., Гордейчук Т.В.....	276
СХЕМНІ РІШЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ВОДОНАГРІВАЧА НЕПРЯМОГО НАГРІВУ Волчок В.О.....	277
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КИПІННЯ У ВІЛЬНОМУ ОБ'ЄМІ ХОЛОДОАГЕНТІВ ТА ЇХНІХ РОЗЧИНІВ З КОМПРЕСОРНИМИ МАСТИЛАМИ Семенюк Ю.В.....	278

### **СЕКЦІЯ «КРІОГЕННА ТЕХНІКА»**

РОЗДІЛЕННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СУМІШЕЙ МЕТОДОМ ДЕСУБЛІМАЦІЇ І АДСОРБЦІЇ Чигрін А.О.....	280
БЕЗМАШИННІ АПАРАТИ У ТЕХНОЛОГІЯХ ОТРИМАННЯ РІДКИСНИХ ГАЗІВ Бондаренко В.Л., Симоненко Ю.М., Тишко Д.П.....	282
АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ В КОМЕРЦІЙНИХ ОХОЛОДЖУВАНИХ ОБ'ЄКТАХ І СИСТЕМАХ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ Морозюк Л.І., Соколовська-Єфименко В.В., Гайдук С.В.....	284
РЕЦИКЛІНГ РІДКИСНИХ ГАЗІВ У НАУКОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВАХ Бондаренко В.Л., Симоненко Ю.М., Меркулов М.Ю.....	286
ЕКОНОМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ НЕОНУ ТА ГЕЛІУ Бондаренко В.Л., Башкиров Г.В., Пилипенко Б.О.....	288

Збірник тез доповідей 77 наукової конференції викладачів академії  
18 – 21 квітня 2017 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 25.04.2017 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:

Бурдо О.Г., д.т.н., професор

Волков В.Е., д.т.н., 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

Мардар М.Р., д.т.н., професор

Павлов О.І., д.е.н., професор

Станкевич Г.М., д.т.н., професор

Савенко І.І., д.е.н., 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