

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
83 НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ВИКЛАДАЧІВ УНІВЕРСИТЕТУ**

Одеса 2023

Наукове видання

Збірник тез доповідей 83 наукової конференції викладачів університету
25 – 28 квітня 2023 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
Одеського національного технологічного університету,
протокол № 13 від 16.05.2023 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: Іванченкова Л.В., д.е.н., професор

Заступник голови Поварова Н.М., к.т.н., доцент

Члени колегії:

Агунова Л.В., к.т.н., доцент

Артеменко С.В., д.т.н., професор

Басюркіна Н.Й., д.е.н., професор

Бурдо О.Г., д.т.н., професор

Бордун Т.В., к.т.н., доцент

Верхівкер Я.Г., д.т.н., професор

Гапонюк О.І., д.т.н., професор

Гаркович О.Л., к.б.н., доцент

Добрянська Н.А., д.е.н., професор

Жигунов Д.О., д.т.н., професор

Філіпенко О.І., к.філ.н., доцент

Згадова Н.С., к.е.н., доцент

Капрельянц Л.В., д.т.н., професор

Капустян А.І., д.т.н., доцент

Коваленко О.О., д.т.н., професор

Косой Б.В., д.т.н., професор

Котлик С.В., к.т.н., доцент

Козак К.Б., д.е.н., професор

Лагодієнко В.В., д.е.н., професор

Лебеденко Т.Є., д.т.н., професор

Ломовцев П.Б., к.т.н., доцент

Макаринська А.В., д.т.н., професор

Ніколюк О.В., д.е.н., професор

Немченко В.В., д.е.н., професор

Осадчук П.І., д.т.н., доцент

Павлов О.І., д.е.н., професор

Солоницька І.В., к.т.н., доцент

Седікова І.О., д.е.н., професор

Сергеева О.Є., д.ф-м.н., професор

Семенюк Ю.В., д.т.н., професор

Симоненко Ю.М., д.т.н., професор

Скрипніченко Д.М., к.т.н., доцент

Соловей А.О., к.т.н., доцент

Струк Б.І., к.п.н., доцент

Тітлов О.С., д.т.н., професор

Тележенко Л.М., д.т.н., професор

Ткаченко О.Б., д.т.н., професор

Ткачук Г.О., д.е.н., професор

Фесенко О.О., к.т.н., доцент

Хобін В.А., д.т.н., професор

Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор

РОЗДІЛЕННЯ БІНАРНИХ СУМІШЕЙ НА ОСНОВІ ГЕЛІЮ ТА ВАЖКИХ ІНЕРТНИХ ГАЗІВ

Симоненко Ю.М., д.т.н., професор, Чигрін А.О., м.н.с.
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

У технологіях іонно-плазмового травлення використовуються газові суміші на основі гелію та одного з важких інертів (Xe, Kr та Ar). У разі зростання вартості рідкісних газів актуальним є вторинне використання цінних товарів. Розділення сумішей з метою рециклінгу окремих компонентів можливий декількома методами. Серед них періодичні процеси адсорбції та десублімації (виморожування), а також безперервна сепарація потоку в колонах ректифікації або мембранних модулях. Для отримання чистих газів із багатокомпонентної суміші потрібно поєднання кількох процесів. При складанні технологічної послідовності слід враховувати властивості окремих компонентів та особливості криогенного забезпечення. У багатьох випадках вибір конкретного технологічного режиму є предметом компромісу між чистотою продуктів і ступенем їх втрат у процесі переробки суміші.

Обмежені обсяги виробництва рідкісних газів обмежують розвиток низки наукомістких технологій. Частково вирішити цю проблему здатна утилізація та вторинне використання криптону та ксенону. Особливо привабливими є компактні системи, здатні забезпечувати процедуру рециклінгу у місцях споживання газів. У цьому випадку, поряд з Kr та Xe, стає актуальним також виробництво гелію. Вилучення всіх компонентів суміші в чистому вигляді відкриває можливість потокового приготування сумішей та їх подання споживачеві в умовах замкнутого контуру.

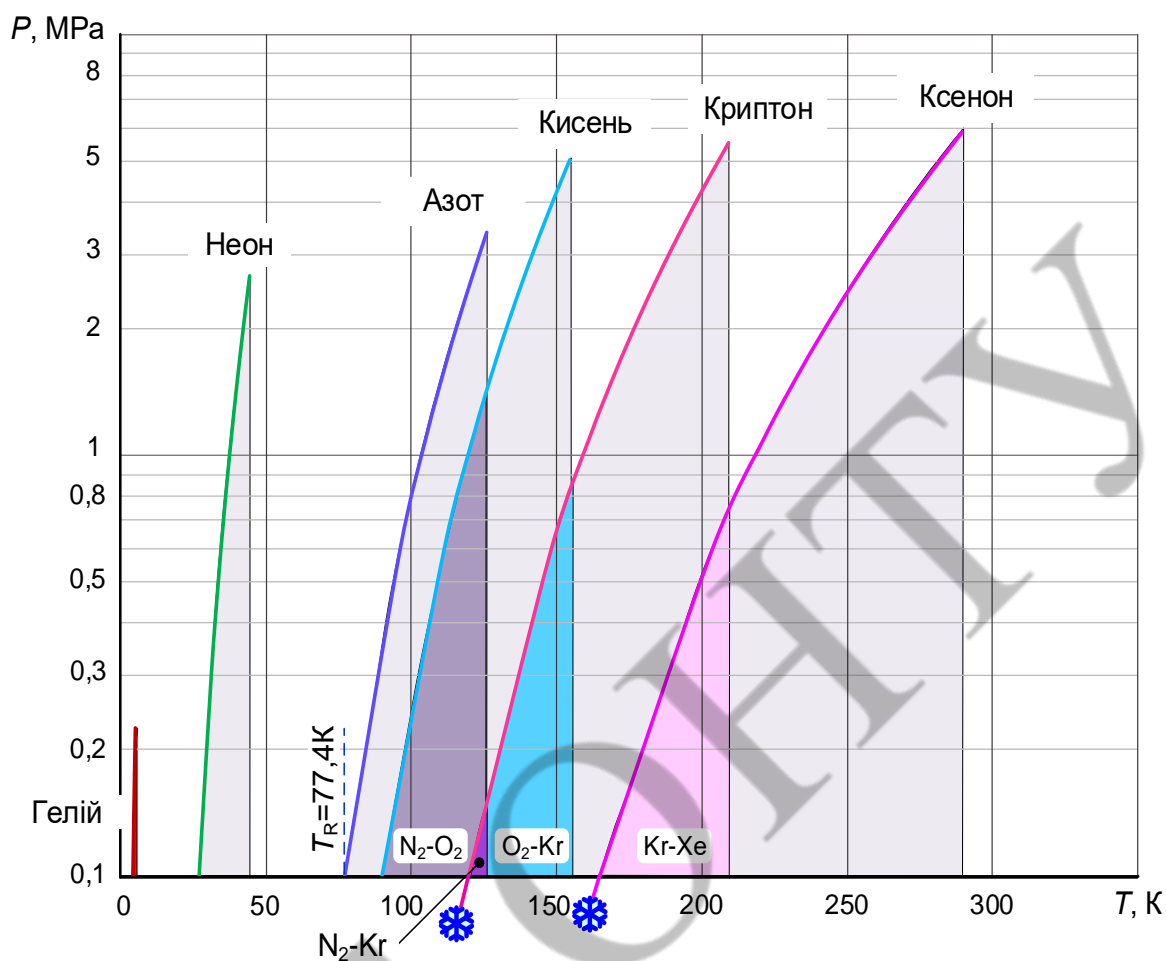
Для криптону і ксенону мінімальний тиск конденсації, на межі переходу в тверду фазу становлять відповідно, 0,074 і 0,082 МПа. Стан потрібних точок для Kr і Xe позначені на відповідних графіках P - T на рисунку у вигляді сніжинок. Ректифікація бідних сумішей із вмістом висококиплячого компонента менше 2 % можлива, якщо тиск у колоні $P_{\Sigma} > 3,7$ МПа, а при переробці 1 % сумішей робочий тиск потрібно подвоїти. Створення та експлуатація ректифікаційних апаратів для таких умов пов'язана з низкою технологічних труднощів.

Крім названого недоліку існує ще одне обмеження – у процесі дистиляції бінарних сумішей на основі гелію, останній не може бути отриманий у збагаченому вигляді. Гелієва фракція завжди міститиме значну кількість висококиплячого компонента. Для отримання з бінарного потоку обох речовин у чистому вигляді потрібно, щоб кожен із компонентів міг існувати колоні у вигляді двофазної системи пар-рідина. Наприклад, такі умови дотримуються пари Kr–Xe. Однак у природі немає температур, за яких у рідкому вигляді співіснують гелій і будь-який із газів.

Найбільш наочно різку різницю у властивостях деяких компонентів показано на рисунку. Параметри P - T на відповідних графіках характерні для фазової рівноваги «пар-рідина». Область, розташована правіше графіків, ілюструє умови, у яких продукт перебуває у газоподібному стані. При зниженні температури, лівіше за кожен P - T -криву, речовина існує у вигляді переохолодженої рідини, а потім переходить у тверду фазу. Якщо трикутні сектори чистих речовин накладаються (мають загальний майданчик), такі бінарні системи можуть бути розділені методом ректифікації. При цьому обидва компоненти суміші можуть бути отримані в колоні в чистому вигляді з мінімальними втратами. Як впливає з рисунка до таких комбінацій відносяться N_2 - O_2 , N_2 -Kr, O_2 -Kr та Kr-Xe. У той же час гелій не утворює подібних поєднань з жодною з показаних на графіку речовин. При $T > 5,2$ К гелій не існує у вигляді рідини, тоді як ксенон, криптон і навіть неон переходять у твердий стан при температурах істотно вище за цей рівень.

Таким чином, доводиться констатувати, що стосовно поставленого завдання процес низькотемпературної ректифікації має низку технологічних обмежень. Він застосовується

тільки у разі сумішей, щодо багатих на висококиплячі компоненти і супроводжується переходом частини криптону (ксенону) в гелієву фракцію.



P-T залежності деяких речовин. Кольорові сектори (N_2-O_2 , N_2-Kr , O_2-Kr та $Kr-Xe$) показують області параметрів, при яких з бінарних сумішей методом ректифікації можна отримати обидва компоненти в чистому вигляді. T_R – температура рідкого азоту (холодоагенту), що кипить при атмосферному тиску. Сніжинками позначені параметри потрібних точок Kr і Xe, при яких характерне замерзання даних речовин

Серед безперервних процесів сепарації дуже привабливий мембранний метод. Він заснований на відмінностях у проникності газів, які просочуються через пористу перегородку під впливом різниці тисків. Селективність мембрани стосовно газоподібних речовин прийнято виражати як коефіцієнта K_i . Цей показник має розмірність $[m^3/(MPa \cdot m^2 \cdot год)]$. Він чисельно дорівнює кількості нормальних m^3 чистого газу, який проникне за годину через перегородку площею 1 m^2 при перепаді тисків 1 MPa .

Проведений аналіз методів сепарації показує, що жоден із розглянутих процесів не забезпечує повноцінного розділення бінарних сумішей He-Kr та He-Xe.

Виділення лише одного з компонентів у чистому вигляді ускладнює використання одержуваних фракцій у системах рециклінгу.

Отримання двокомпонентних фракцій призводить до втрат цільових продуктів у процесі подальшої переробки.

Поділ бінарних сумішей He-Kr і He-Xe у широкому інтервалі концентрацій та отримання чистих речовин з мінімальними втратами можливе у разі комбінування кількох процесів.

ВИХІДНІ ВИМОГИ ДО ПОБУДОВИ ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ ОБРОБКИ ПОВІТРЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИРОЩУВАННЯ ЕНТОМОКУЛЬТУР	
Піщанська Н.О., Подмазко О.С., Бельченко В.М.	257
ВПЛИВ ЧИСТОТИ ПОВІТРЯ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ	
Жихарєва Н.В., Фурсенко О.В.	259
АНАЛІЗ І РОЗРАХУНОК ШВИДКОСТІ ОСУШЕННЯ ПОВІТРЯ В РІЗНИХ АПАРАТАХ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ	
Жихарєва Н.В., Крушельницький Д.О.	262
АНАЛІЗ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ ПОВІТРЯ ОСНОВНОГО ПОТОКУ В КОНТАКТНОМУ ТЕПЛООБМІННИКУ ПРИ КОНДЕНСАЦІЇ ВУГЛЕВОДОРОДІВ ТА ВИХЛОПНИХ ГАЗІВ	
Когут В.О., Кіщенко А.В., Гальченко К.Д.	264
ЕКСПЕРГОЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ СУДНОВОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ З СИСТЕМОЮ РЕКУПЕРАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНОГО ТЕПЛА ГОЛОВНОГО ДВИГУНА	
Хмельнюк М.Г., Яковлева О.Ю., Грандафілов В.В., Ялама В.В.	265
СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЗЕЛЕНІ БУДІВЛІ У ЧАС РЕАЛІЗАЦІЇ СЦЕНАРІЮ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	
Хмельнюк М.Г., Ткач С.В.	266
РОЗРОБКА ГАЗОВОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ СТРІЛІНГА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХОЛОДУ ПРИ ПОМІРНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ	
Хмельнюк М.Г., Яковлева О.Ю., Грандафілов В.В.	268
РОЗВИТОК «БЛАКИТНОЇ ЕКОНОМІКИ». ОЦІНКА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ. ДЕКАРБОНІЗАЦІЯ У МОРСЬКОМУ СЕКТОРІ	
Хмельнюк М.Г., Ялама В.В.	271
ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ОЦІНКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	
Яковлева О.Ю., Грандафілов В.В.	273
АНАЛІЗ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК ТА ОЦІНКА ВПЛИВУ ХОЛОДОАГЕНТІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	
Хмельнюк М.Г., Сазанський А.Р.	274

СЕКЦІЯ «ЕКОЕНЕРГЕТИКА, ТЕРМОДИНАМІКА ТА ПРИКЛАДНА ЕКОЛОГІЯ»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЯКОСТІ ПИТНИХ ВОД НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ОДЕСЬКОГО РЕГІОНУ	
Семенюк Ю.В.	275
РОЗРОБКА НОВОГО ПОКОЛІННЯ ТЕРМОАКУМУЛОВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОТЕХНОЛОГІЙ	
Желєзний В.П., Івченко Д.О., Глек Я.О.	278
ТЕОРЕТИЧНІ МОДЕЛІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ І ВІДПОВІДНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ПІРАМІДИ МАСЛОУ	
Бошков Л.З.	280
ТЕПЛОАСОСНІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ З ЕНЕРГЕТИЧНИМ ПАРКАНОМ В ПЕРВИННОМУ КОНТУРІ	
Дем'яненко Ю.І.	281
ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТУРБОДЕТАНДЕРНИХ АГРЕГАТІВ НА ГАЗОРОЗПОДІЛЬЧИХ СТАНЦІЯХ З ВИРОБНИЦТВОМ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТА ХОЛОДУ	
Ярошенко В.М., Подмазко О.С.	283
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ НАДЛИШКОВОГО ТИСКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В ГАЗОТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ	
Ярошенко В.М.	285

СЕКЦІЯ «ПРОЦЕСИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ»

РОЗРОБКА ШТАМПУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СУЦІЛЬНОТЯГНУТОЇ ЖЕРСТЯНОЇ БАНКИ	
Фарафонов В.С., Всеволодов О.М.	288
ЗАКУПОРЮВАЛЬНИЙ АВТОМАТ ДЛЯ СКЛЯНОЇ ТАРИ	
Панчук М.В., Всеволодов О.М.	291

СЕКЦІЯ «КРІОГЕННА ТЕХНІКА»

РОЗРОБКА КРІОГЕННОГО ТЕРМОМЕХАНІЧНОГО КОМПРЕСОРА	
Симоненко Ю.М., Костенко Є.В.	294
РОЗДІЛЕННЯ БІНАРНИХ СУМІШЕЙ НА ОСНОВІ ГЕЛІУ ТА ВАЖКИХ ІНЕРТНИХ ГАЗІВ	
Симоненко Ю.М., Чигрін А.О.	296