

**Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНТУ**



**ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ ТА ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ
«СТАН, ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ХОЛОДИЛЬНОЇ
ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ»**

*Присвячена 100-річчю інституту холоду, кріотехнологій
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського*

19-20 квітня 2022 року

Збірник тез доповідей



Одеса – 2022 р

Збірник тез доповідей 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 тез доповідей за матеріалами Всеукраїнської науково-технічної онлайн-конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти «**Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології**», Одеса, 2022 р. (19-20 квітня) – 113 с.

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень здобувачів вищої освіти та молодих вчених університетів і академій України.

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

Матеріали подано українською та англійською мовами.

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

Заступники голови:

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;

Члени наукового комітету:

Хмельнюк М.Г. - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, д.т.н., професор;

Мілованов В.І. - заслужений діяч науки і техніки України, д.т.н., професор;

Коновалов Д.Т. - завідувач кафедри Теплотехніки філії НУК ім. адм.Макарова, Херсонська філія, д.т.н., професор;

Тітлов О.С.- завідувач кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики ОНАХТ, д.т.н., професор

Морозюк Л.І. - д.т.н., професор кафедри кріогенної техніки ОНАХТ ;

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.т.н., професор;

Симоненко Ю.М. - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д.т.н, професор;

Жихарєва Н.В.- к.т.н., доцент кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ.

Організаційний комітет:

Голова – д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.;

Науковий секретар - к.т.н. доц. Жихарєва Н.В.

Члени оргкомітету - к.т.н. доц. Зімін О.В., к.т.н., доц. Когут В.О., к.т.н. доц. Яковлева О.Ю., к.т.н., доц. Трандафілов В.В., к.т.н. Грудка Б.Г., стаж-викл. Басов А.М., асп. Сазанський А.Р., асп. Крушельницький Д.О.

РОЗРОБКА ГАЗИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ КИСНЮ

Перегинець С.М., бакалавр ОНАХТ, м. Одеса

Нині у різних галузях машинобудування використовують рідкі кріогенні продукти. Такими товарами, тобто газами за нормальних умов, що знайшли найбільше застосування, є метан, кисень, аргон, азот, водень та гелій. Широке використання зазначених речовин у рідкому стані зумовлено, з одного боку, загальним прогресом розвитку кріогенної техніки: удосконаленням процесів та обладнання для зрідження та вилучення з газових сумішей перерахованих вище продуктів, а також обладнання для зберігання продуктів та їх транспортування.

Системи зберігання рідких кріогенних продуктів та їх видачі споживачам забезпечують накопичення та зберігання продуктів у рідкому вигляді, отримання заданих параметрів продуктів за температурою і тиском та видавання продуктів.

У зв'язку з необхідністю створення рідинних кріогенних систем, враховуючи специфічні властивості продуктів, за останні десятиліття з'явилися численні дослідження окремих процесів, що супроводжують зберігання, газифікацію та транспортування робочих рідин.

Широке застосування у всьому світі отримали кріогенні системи для зберігання та газифікації продуктів розділення повітря, в яких випаровування та підігрів продуктів здійснюються за рахунок конвективного теплообміну з навколишнім повітрям.

Дана робота з розрахунку газифікаційної установки для отримання кисню виконана на базі стандартної газифікаційної установки, що випускається в промисловості.

Газифікаційні установки насосного типу призначені для прийому рідких кріогенних продуктів (аргону, азоту, кисню) з транспортних заправників у резервуар, їх тривалого зберігання з мінімальними втратами, їх подавання на насос з подальшою газифікацією та видачею споживачеві, на наповнювальну рампу або киснепровід.

Спроектовано кріогенні ємності, що призначені для накопичення, зберігання та видачі споживачеві рідких кріогенних продуктів. При розробці конструкції ємностей вирішуються такі питання: вибір форми ємності, системи опор та підвісок, схеми виведення трубопроводів тощо, забезпечення теплового захисту та способу підтримки вакууму в ізоляційних порожнинах; вибір матеріалу судин та інших конструктивних вузлів.

Форму резервуару вибирають з урахуванням його призначення, зручності виготовлення, перевезення та експлуатації. Для забезпечення мінімальних теплоприпливів кращими є сферичні резервуари, оскільки для сфери відношення поверхні до обсягу мінімально.

*Науковий керівник: Грудка Б.Г., к.т.н., доцент
кафедри кріогенної техніки ОНАПТ*

СХЕМА РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ РІДКОГО І ГАЗОПОДІБНОГО НЕОНУ

Дикаренко Л.О., Кісов Ю.І., магістранти ОНАХТ, м. Одеса

Аналіз літературних джерел показує, що більшість промислових установок для розділення неонгелієвої суміші використовують конденсаційний метод. Незважаючи на їх переваги, існуючі конденсаційні установки мають ряд недоліків, до яких належать

неможливість одержання чистого гелію та необхідність використання спеціального холодильного циклу. Розглянемо схему представлену на рис. 1.

Остаточне розділення неонгелієвої суміші на Ne і He відбувається при температурі близько 30 К і здійснюється у насадковій колоні. Для кріогенного забезпечення процесу застосований вбудований дросельний цикл, в якому у якості робочого тіла використовується згадана суміш. У тому випадку, коли продукційний неон, що отримується в установці, виводиться з контуру в рідкому вигляді, потужності вбудованого неонгелієвого циклу виявляється недостатньо.

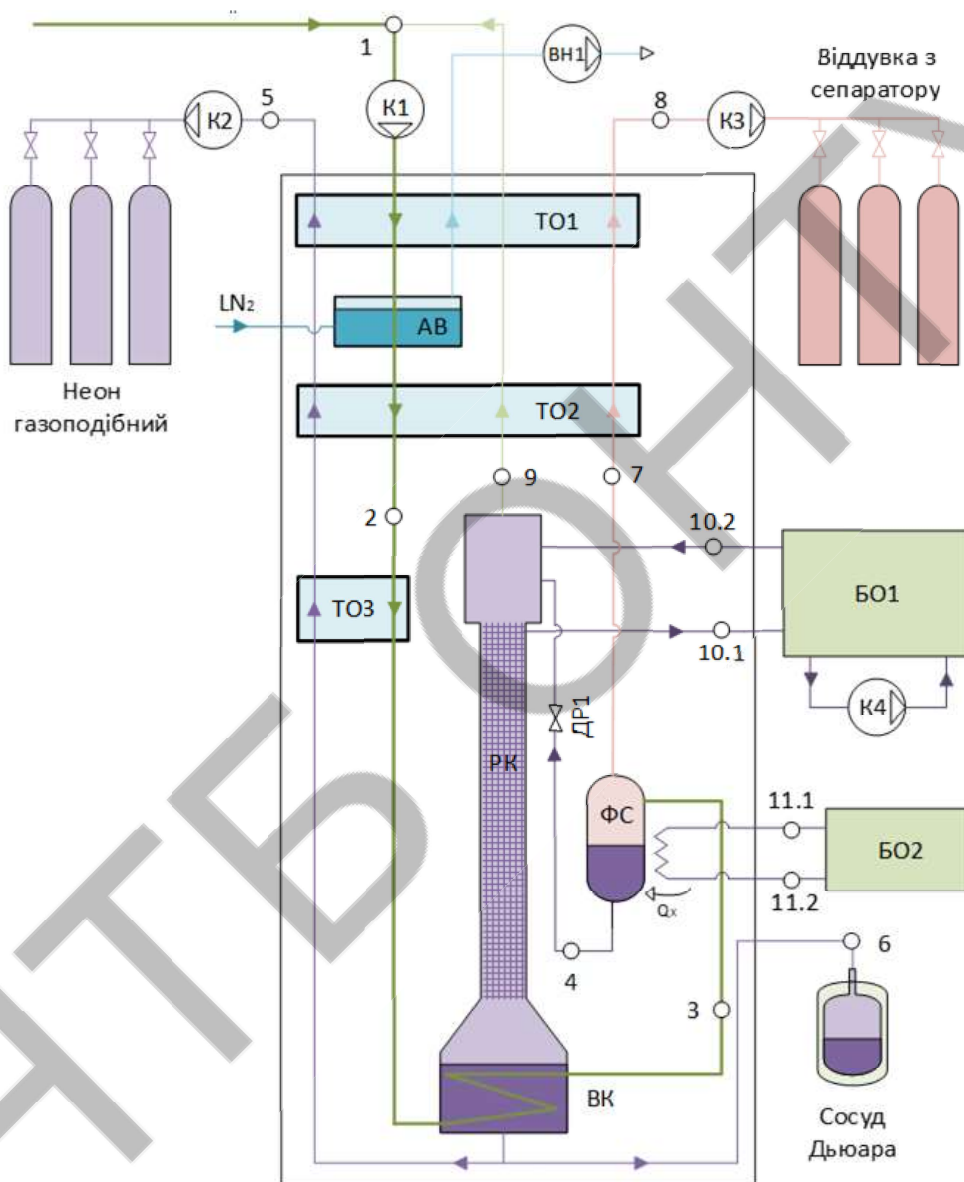


Рис.1. Схема установки ректифікації для отримання чистого неону:
TO1, TO2, TO3 – рекуперативні теплообмінники; АВ – азотна ванна;
BK – змійовик у кубі колони, що виконує функції випарника-конденсатора;
ФС – фазовий сепаратор; РК – ректифікаційна колонна; K1, K2, K3 – мембранні компресори; ВН1 – вакуумний насос для відкачування парів азоту, що кипить у ванні АВ; БО1, БО2 – додаткові рефрижераторні цикли.

Установка працює в такий спосіб. Потік суміші з вмістом неону близько 77% (решта – гелій) стискається компресором K1 до тиску 2,5 МПа. Попереднє охолодження потоку до $T=40\text{K}$ (точка 2) досягається в теплообмінниках-рекуператорах TO1 та TO2, а також

вакуумної азотної ванни АВ. Подальше зниження температури $T=31\text{K}$ суміші (точка 3) відбувається при проходженні суміші через ТО3 та змійовик ВК.

Крім охолодження суміші ВК забезпечує кипіння рідини у кубі колони РК, шляхом перенесення тепла до неї.

Після охолодження в змійовику ВК куба колони порорідинна суміш надходить у фазовий сепаратор ФС. Він слугує для поділу потоку на неоновий концентрат і гелієву віддувку, що містить близько 80% гелію. Віддувка відводиться з контуру через каскад теплообмінників ТО2 і ТО1 для подальшої утилізації. Склад віддувки в точці 7 визначається параметрами фазової рівноваги в сепараторі. Ці умови забезпечуються відповідними засобами кріостатування.

Неоновий концентрат, що складається на 98% з неону (точка 4), дроселюється у верхню частину колони. У процесі ректифікації рідка флегма рухається через шар насадки. Назустріч їй йде потік пари, що утворюється під час кипіння кубової рідини за рахунок тепла змійовика ВК. Внаслідок інтенсивного тепло- та масообміну на насадочній поверхні з флегми випаровується практично весь гелій. Таким чином, за висотою колони встановлюється стійкий градієнт температур та концентрацій від 98% (вгорі) до 99,999% (у кубі).

Кубовий потік чистого неону із сумарним вмістом домішок менше 10 ppm газифікується, відігривається в каскаді теплообмінників (точка 5) та закачується компресором К2 у балони.

У тому випадку, коли продукційний неон, що отримується в установці, виводиться з контуру в рідкому вигляді (точка 6) в посуд Дьюара, потужності вбудованого неонгелієвого циклу виявляється недостатньо. Для підвищення холодопродуктивності до складу установки включений додатковий рефрижераторний цикл БО1 або БО2.

У верхній частині колони утворюється газовий потік віддувки, що складається переважно з неону (точка 9). Після відігріву в теплообмінниках віддувка колони змішується з вхідним потоком суміші в точці 1, стискається компресором К1 і вводиться в контур сепаратора.

Віддувка сепаратора ФС є цінним продуктом і викидати її в атмосферу марнотратно. Переробляти установці РК, тобто. вводити назад у суміш, безглуздо – гелій буде накопичуватися в контурі, викликати наростання тиску, знизить холодопродуктивність циклу. А головне – висока вхідна концентрація гелію не дозволить колоні забезпечити в кубі продукт високої чистоти. Тому гелієвий потік сепаратора точки 7-8 закачується компресором К3 балони.

За наявності БО1 газоподібний неон відбирається над контактним простором колони і спрямовується на нього (точка 10.1). Після проходження БО1 рідина (точка 10.2) дроселюється у колону через ДР2.

Другим варіантом заповнення холодопродуктивності установки є відведення тепла від ФС (точка 11.1 і 11.2), за допомогою рефрижераторного циклу БО2.

Оскільки область температур охолодження від 4 до 30 К є найенергоємнішою, для кріостатування об'єктів у цьому температурному діапазоні застосовні три робочі тіла: неон, водень і гелій, а також неонгелієва суміш.

Виконано порівняльний аналіз неонових та гелієвих рефрижераторних циклів на температурний рівень 27 К, проведено порівняння циклів з циклом на неонгелієвій суміші. Використання водню пов'язане з технічними труднощами. Діапазон його займистості в суміші з повітрям становить 4...75%, в інтервалі концентрацій 18...65% H_2 вибухонебезпечний. З цієї причини водень у якості робочого тіла застосовується вкрай рідко. Вибір неону у якості холодоагенту майже перекриває інтервал між температурами кипіння рідкого азоту та водню. Порівняно з H_2 неон відрізняється низкою експлуатаційних переваг, найважливішими з яких є безпека та відсутність орто- та парапереходу.

*Науковий керівник: Симоненко Ю.М., д.т.н., завідувач
кафедри кріогенної техніки ОНАХТ*

Науковий керівник: Симоненко Ю.М., д.т.н., завідувач

кафедри кріогенної техніки ОНАХТ

- 9 **РОЗРОБКА ГАЗИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ КИСНЮ** 93
Перегинець С.М., бакалавр кафедри кріогенної техніки ОНАХТ
 Науковий керівник: Грудка Б.Г., к.т.н., доцент
 кафедри кріогенної техніки ОНАХТ
- 10 **СХЕМА РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ РІДКОГО І ГАЗОПОДІБНОГО НЕОНУ** 93
Дикаренко Л.О., Кісов Ю.І., магістранти кафедри кріогенної техніки ОНАХТ
 Науковий керівник: Симоненко Ю.М., д.т.н., завідувач
 кафедри кріогенної техніки ОНАХТ
- 11 **УТИЛІЗАЦІЙНА ТУРБОДЕТАНДЕРНА УСТАНОВКА ГАЗОТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ** 96
Шиян Л. Р., магістрант кафедри кріогенної техніки ОНАХТ
 Науковий керівник: Ярошенко В.М., к.т.н., доцент
 кафедри кріогенної техніки ОНАХТ
- 12 **ЛАБОРАТОРНИЙ ЗРІДЖУВАЧ ВОДНЮ З НЕОНОВИМ ХОЛОДИЛЬНИМ ЦИКЛОМ** 98
Чигрін А.О., м.н.с. НДІ ОНАХТ
 Науковий керівник: Симоненко Ю.М., д.т.н., завідувач
 кафедри кріогенної техніки ОНАХТ
- 13 **АНАЛІЗ РОБОТИ ГЕРМЕТИЧНОГО КОМПРЕСОРА НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ХОЛОДОАГЕНТАХ** 100
Дмитрієв К.В., Пазина І.В., магістранти кафедри кріогенної техніки ОНАХТ
 Науковий керівник: Яковлев Ю.О., к.т.н., доцент
 кафедри кріогенної техніки ОНАХТ
- 14 **ВИЛУЧЕННЯ ЦІЛЮВИХ ПРОДУКТІВ ІЗ СУМІШЕЙ, УТВОРЕНИХ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИКОРИСТАННЯ KR І Xe** 102
Ардуанов Р.Ф., магістрант кафедри кріогенної техніки ОНАХТ
 Науковий керівник: : Симоненко Ю.М., д.т.н., завідувач
 кафедри кріогенної техніки ОНАХТ
- 15 **ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ** 103
Плигун Е.В., магістр кафедри кріогенної техніки ОНАХТ
 Науковий керівник: : Буданов В.О., к.т.н., доцент
 кафедри кріогенної техніки ОНАХТ
- 16 **АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ КОМПРЕСОРНО-КОНДЕНСАТОРНИХ СТАНЦІЙ** 105
Мовчан В.В, бакалавр кафедри кріогенної техніки ОНАХТ
 Науковий керівник: Буданов В.О., к.т.н., доцент
 кафедри кріогенної техніки ОНАХТ