

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

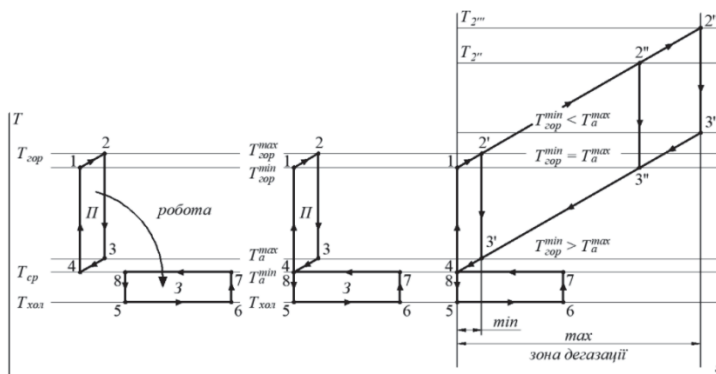


Рис.1. «Метод циклів» у аналізі розширеної зони дегазації

Як було зазначено раніше, температурний рівень двох джерел є вихідними даними для абсорбційної машини з огляду виробництва холоду мають бути зазначені температура охолоджуючого середовища $T_{сер}$ і температура споживача холоду $T_{хол}$. Дві температури визначають вищу температуру в генераторі $T_{гор}$ (температуру гріючого джерела). Якщо температура гріючого джерела менша за відповідне значення, то цикл абсорбційної машини здійснити неможливо. Цикл 1-2'-3'-4 - працездатний цикл за умови мінімальної зони дегазації. При зростанні вищої температури T_2 генерації зростає вища температура абсорбції T_3 , зростає зона дегазації $\Delta\xi$. За великою зоною дегазації вища температура абсорбції T_3 може дорівнювати температурі початку кипіння в генераторі T_1 (цикл 1-2''-3''-4) або навіть вище тієї температури (цикл 1-2'''-3'''-4). В останньому випадку можна застосувати процес «перевищення температур» в прямому циклі, тобто «гарячим» кінцем абсорбера обігріти «холодний» кінець генератора.

За відносно високою температурою гріючого джерела (для водоаміачного розчину 160-200°C) та невеликій різниці тисків конденсації та кипіння в зворотному циклі можна отримати такий режим роботи АТТ. За таких температурних інтервалів АТТ спостерігається зменшення тепла, яке підводиться від зовнішнього джерела, і, як наслідок, підвищується енергетична ефективність машини. Перевищення температур можна здійснити шляхом «зворотного» подавання розчину через абсорбер і генератор. Таке схемно-циклове рішення є останнім етапом в «методі циклів». В аналіз вводяться: реальна робоча речовина, параметри робочої речовини та діаграма стану $h-\xi$ для визначення характеристик дійсного циклу.

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

ДОСЛІДЖЕННЯ УСТАНОВОК РОЗДІЛЕННЯ ПОВІТРЯ З НАДЛИШКОВИМ ЗВОРОТНІМ ПОТОКОМ

Колівашко О.С., магістрант ОНАХТ

До початку ХХ століття, завдяки зусиллям таких видатних вчених і інженерів як К. Лінде, Ж. Клод і П. Гейландт криогенні методи розділення повітря були настільки вдосконалені, що зробили можливим отримання кисню та азоту в промислових масштабах. Цей технологічний прорив послужив основою для радикального підви-

щення якості та збільшення виробництва сталі, скла та азотних добрив, а також дав поштовх для розвитку ракетної техніки.

Кріогенна технологія розділення повітря настільки випередила свій час, що протягом майже всього XX століття кріогенні методи отримання кисню та азоту були поза конкуренцією. Лише наприкінці XX століття, в основному завдяки появі нових матеріалів, у кріогенного методу поділу повітря нарешті з'явилися гідні конкуренти – адсорбційний і мембранний методи отримання кисню та азоту. На даний час адсорбційний і мембранний методи розділення повітря зайняли значний сегмент ринку установок для поділу повітря, головним чином в області малої продуктивності та не високих вимог до чистоти продуктів поділу.

Для підвищення конкурентноздатності кріогенних установок розділення повітря необхідно, в першу чергу, радикально зменшити їх вартість. Саме нижча вартість обладнання для адсорбційних і мембранних установок і, як наслідок цього, малий термін їх окупності, забезпечили значне зростання кількості адсорбційних і мембранних установок, яке спостерігається в останні десятиліття.

Отже, для того, щоб зробити кріогенні установки малої продуктивності конкурентними по відношенню до адсорбційних, необхідно зменшити вартість обладнання кріогенних установок в 2-3 рази. Таке радикальне зниження вартості кріогенних установок неможливо досягти шляхом простого вдосконалення існуючого обладнання. Для досягання поставленої мети необхідно розробити нові підходи до створення кріогенних установок малої і середньої продуктивності.

Одним із прикладів такого принципово нового підходу до створення кріогенних установок малої і середньої продуктивності є установки для отримання газового азоту особливої якості, запропоновані двома провідними виробниками технічних газів. Фірма Air Liquide пропонує установки такого типу під маркою APSA (Advanced Product Supply Approach), а фірма Linde виводить на ринок подібну систему під торговою маркою CRYOSS.

Найбільш дорогими елементами кріогенних установок, що працюють за циклом Клода, є повітряний компресор середнього тиску і детандер. Причому, якщо розглядаються установки малої продуктивності, то для них потрібно буде використовувати більш дорогий і менш надійний поршневий детандер. Тому найбільш очевидним шляхом зменшення вартості кріогенних установок є відмова від цих елементів установки або заміна їх більш простими і дешевими пристроями.

Головною особливістю запропонованої установки є те, що для компенсації втрат холоду в ній використовується запасений в окремій ємності рідкий азот. Це дозволяє різко зменшити вартість установки за рахунок відмови від найдорожчих елементів кріогенних установок – компресора середнього тиску і детандера. Рекуперація холоду здійснюється в кручених трубчастих теплообмінниках, поділ повітря проводиться в колоні дворазовою ректифікації.

Повітря надходить через повітряний фільтр в компресор при температурі навколишнього середовища і стискається до $P = 0.72$ МПа. Далі повітря надходить в теплообмінник-зріджувач, в якому охолоджується зворотними потоками продукційного кисню і відкидного азоту. В цьому теплообміннику відбувається конденсація водяної пари, які перебували в повітрі.

Після теплообмінника-ожижувача повітря проходить надходить в комплексний блок очищення-осушки повітря. Блок очищення-осушки повітря являє собою установку короткоциклової адсорбції. В якості адсорбента використовується синте-

тичний цеоліт. Повітря проходить через адсорбер знизу вгору. Проходячи через адсорбер, повітря очищається від вуглекислого газу, залишків вологи та вуглеводнів. Очищення повітря від вуглеводнів необхідна, щоб уникнути вибухонебезпечних концентрацій вуглеводнів.

У нижній ректифікаційній колоні відбувається поділ повітря на кубову рідину з концентрацією $\sim 35\%$ і азотну флегму з концентрацією $N_2 - 98\%$. Процес поділу суміші відбувається методом ректифікації.

Частина азотної флегми з верху нижньої колони відбирається і надходить на переохолоджувач. У цьому переохолоджувачі азотна флегма охолоджується до температури 82 K і через дросельний вентиль надходить у верхню колону. Для того, щоб компенсувати втрати холоду до установки додатково подається рідкий азот при $T = 77\text{ K}$ і $P = 1.3\text{ бар}$ з окремої ємності. У верхній ректифікаційній колоні відбувається остаточне розділення повітря на чистий кисень концентрацією $\sim 99,7\%$, який збирається в кубі верхньої колони

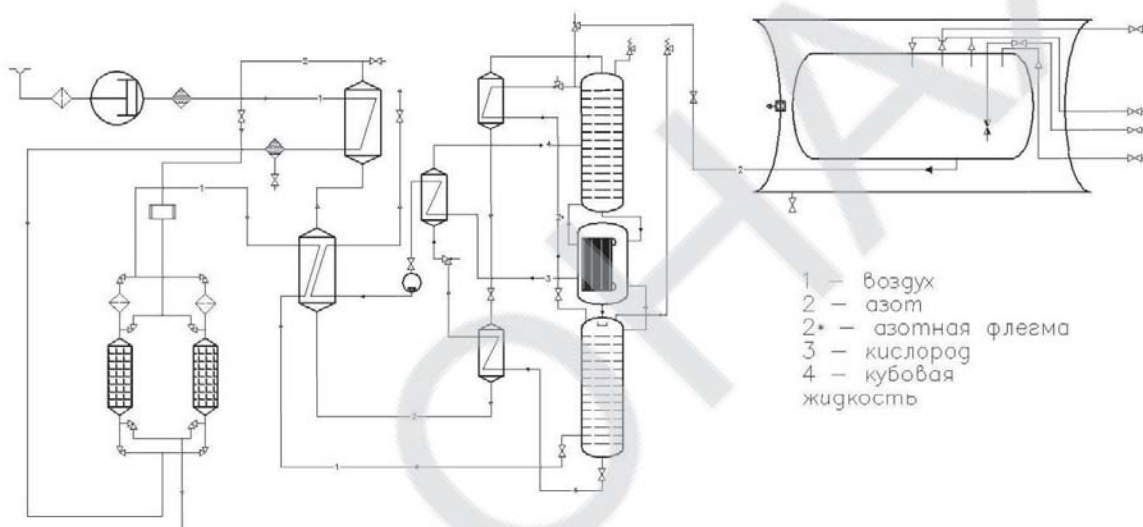


Рис. криогенна установка для виробництва кисню під тиском

Продукційний кисень відбирається з конденсатора-випарника, в рідкому вигляді, та через переохолоджувач поступає до насосу. У насосі рідкий кисень стискається до тиску порядку 16 МПа , далі кисень надходить в основний теплообмінник, в якому відбувається його нагрівання. Відкидний азот відводиться з самої верхньої частини верхньої колони. Азот проходить через охолоджувач азотної флегми і кубовою рідини, і далі надходить в міжтрубний простір основног теплообмінника. Кисень під тиском надходить на наповнювальну раму для наповнення балонів.

Список інформаційних джерел

1. Кравченко М.Б. Воздухоразделительная установка с избыточным обратным потоком// Технические газы. – 2015. – №6. – С. 65-69.
2. Кравченко М.Б. Совершенствование криогенных воздухоразделительных установок малой производительности // Технические газы – 2016. – №2. –С. 42-63.

3. Кравченко М.Б. Моделирование воздуходелительных установок в потоковом симуляторе СОСU/CHEMSEP// Технические газы – 2017. №2. С. – 65-69.

Науковий керівник. Крвченко М.Б , д.т.н.,професор кафедри кріогенної техніки ОНАХТ

ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПРОТІЧНОГО КОНДЕНСАТОРА МЕТОДАМИ ПРИКЛАДНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ

Рудий В. В., магістрант ОНАХТ

Теплообмінники використовують в різних типах енергоперетворювальних систем: установках хімічних виробництв, в опалювальних системах, системах кондиціонування, холодильних і кріогенних установках, в транспортних силових установках. Більшість теплообмінників класифікують, об'єднуючи їх в групи у відповідності до призначення, за типом та схемою руху теплоносіїв через теплообмінник. Проточні теплообмінні апарати складають 70% всього теплообмінного обладнання. У таких теплообмінниках вода є найбільш поширеною робочою рідиною, яка використовується в якості охолоджуючого середовища, технологічної рідини і навіть в якості розчинника. Працездатність теплообмінного апарату залежить не стільки від його типу, скільки від того, наскільки технологічний процес і його параметри відповідають умовам експлуатації.

Експлуатація пов'язана з ризиками, які суттєво впливають на основні характеристики теплообмінника. Наприклад, в теплообмінниках використовують теплоносії, склад, властивості і здатність до утворення відкладів на поверхні яких відомі недостатньо, і умови протікання теплообміну можуть змінюватися досить швидко. Таким чином, при проектуванні завжди присутній елемент невизначеності, який необхідно звести до мінімуму, якщо є будь-які шанси на успіх. Таку змогу надає прикладна термодинаміка.

На сучасному етапі розвитку техніки в процесі проектування прикладна термодинаміка, здійснюючи багатокритерійний аналіз і оптимізацію на його основі, може дати єдино вірне рішення про доцільність впровадження в експлуатацію або вибору режимів експлуатації як цілих енергоперетворювальних систем, так і окремих елементів в їх складі.

В даний час методи, засновані на другому законі термодинаміки (ексергетичний і ентропійний), широко використовуються для оцінки енергетичної ефективності циклів [1]. Такі методи дозволяють зрозуміти дисипативні явища, що впливають на реальні процеси, що відбуваються в енергоперетворювальній системі. Більшість опублікованих статей та наукових звітів присвячено аналізу циклів і обладнання., і в поточній літературі дуже мало досліджень, які розглядають проблему окремих процесів, що відбуваються в циклі [2].

Для аналізу окремих процесів, наприклад, при вивченні тільки одного з потоків теплообмінного апарату використовують «метод мінімізації виробництва ентропії» [3].

Для реалізації цього методу термодинамічну систему призводять до реальних моделей, тобто перетворюють з ідеальної в реальну. Під реальними моделями мають на увазі ті, які містять незворотності в процесі обміну теплом, масою та рух потоків.

СЕКЦІЯ №2 –НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ХОЛОДИЛЬНІ І КРІОГЕННІ МАШИНИ ТА УСТАНОВКИ

МЕТОДИ ТЕРМОДИНАМІЧНОГО АНАЛІЗУ В ОЦІНЦІ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ ВУГЛЕВОДНІВ

Костенко Є.В. аспірант кафедри кріогенної техніки ОНАХТ

Науковий керівник Л.І. Морозюк , д.т.н.,професор кафедри кріогенної техніки ОНАХТ.....132

АНАЛІЗ РОБОТИ КОМПЛЕКСНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ ЯК СКЛАДОВОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ З ЗМІНОЮ ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА ПАРАМЕТРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Бойко Б. О. ,магістрант ОНАХТ

Науковий керівник. В.В. Соколовська-Єфименко, к.т.н.,доцент кафедри кріогенної техніки ОНАХТ.....133

ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ СХЕМНО-ЦИКЛОВОГО РІШЕННЯ КАСКАДНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ.

Крижановський О. В. магістрант ОНАХТ

Науковий керівник Л.І. Морозюк , д.т.н.,професор кафедри кріогенної техніки ОНАХТ.....135

СИНТЕЗ СХЕМНО-ЦИКЛОВОГО РІШЕННЯ АБСОРБЦІЙНОГО ВОДОАМІАЧНОГО ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРА З ПЕРЕВИЩЕННЯМ ТЕМПЕРАТУР «МЕТОДОМ ЦИКЛІВ».

Псарьов С. О., аспірант кафедри кріогенної техніки ОНАХТ,

Куколев А.К.,магістрант ОНАХТ

Науковий керівник Л.І. Морозюк , д.т.н.,професор кафедри кріогенної техніки ОНАХТ.....136

ДОСЛІДЖЕННЯ УСТАНОВОК РОЗДІЛЕННЯ ПОВІТРЯ З НАДЛИШКОВИМ ЗВОРОТНІМ ПОТОКОМ

Колівашко О.С., магістрант ОНАХТ

Науковий керівник. Крвченко М.Б , д.т.н.,професор кафедри кріогенної техніки ОНАХТ.....138

ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПРОТІЧНОГО КОНДЕНСАТОРА МЕТОДАМИ ПРИКЛАДНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ

Рудий В. В., магістрант ОНАХТ

Науковий керівник В.В. Соколовська-Єфименко к.т.н., доцент кафедри кріогенної техніки ОНАХТ.....141

АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМИ ВІДВЕДЕННЯ ТЕПЛА КОНДЕНСАЦІЇ СУДОВОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОБОЧОГО ТІЛА ТА ДЖЕРЕЛА ТЕПЛА

Запорожан Р. І., магістрант ОНАХТ, Чабан. О. магістрант ОНАХТ

Науковий керівник В.В. Соколовська-Єфименко к.т.н., доцент кафедри кріогенної техніки

ОНАХТ.....144

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