

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

теплофізичних властивостей суміші, що розділяється, та масової її продуктивності у головному технологічному процесі виробництва природного газу.

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

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

*Псарьов С. О., аспірант кафедри криогенної техніки ОНАХТ,
Куколев А.К., магістрант ОНАХТ*

Оцінка теплової енергії, що безкорисливо втрачається в різних галузях промисловості, насамперед в енергетиці, є дуже суттєвою. При удосконаленні енергоперетворювальних систем і підвищенні оборотності процесів виробництва й трансформації теплоти можна заощадити велику частину теплової енергії, що втрачається.

Проблема енергозбереження як самостійна задача, так і в контексті використання відновлювальних і нетрадиційних джерел енергії стала однією з найбільш важливих у багатьох країнах світу. Вона нерозривно пов'язана і з екологічною проблемою. Для спільного вирішення обох проблем особлива увага повинна звертатися на ті області, де витрати енергії великі, а можливості її економії значні. Пріоритет належить заходам і рішенням, що можуть привести до максимальної економії з мінімальними витратами.

Зелена енергія - енергетичні ресурси, які отримують з природних відновлювальних джерел: вітру, сонячного випромінювання, припливів, дощу, геотермальних надходжень, які поповнюються природним шляхом. Приблизно 18% споживання енергії в усьому світі задовольняється з відновлювальних енергетичних джерел [1]. Сонячна енергетика - вид нетрадиційної енергетики, який заснований на безпосередньому застосуванні сонячного випромінювання з метою отримання зеленої енергії у вигляді тепла або електроенергії.

Генерування енергії на основі сонячних електростанцій узгоджується з концепцією розподіленого виробництва енергії. Розподілене виробництво електроенергії має на увазі будівництво додаткових джерел електроенергії в безпосередній близькості від споживачів. Потужність таких джерел пов'язана з очікуваною потужністю споживача з урахуванням наявних обмежень (технологічних, правових, екологічних і т.і.) та може варіюватися в широких межах (від двох-трьох до сотень кіловат) [2]

Завдяки розташуванню когенераційних установок безпосередньо у споживачів, стає можливим використання не тільки вироблюваної електроенергії, а й теплової енергії на потреби опалення, гарячого водопостачання та холодостачання самого власника енергетичної установки і (або) сторонніх споживачів, як знаходяться поблизу. Це дозволяє домогтися високої ефективності використання сонячної радіації (майже 90% від потенційної енергії).

Традиційним видом термотрансформаторів, що займають проміжне місце між енергетичними і теплонасосними (холодильними) установками, тому що в більшості випадків мають одиничну продуктивність більш 1МВт (що дуже мало для енергети-

ки і багато для холодильної техніки), є тепловикористальні. Особливість тепловикористальних термотрансформаторів ТТ полягає в з'єднанні в одній машині двох циклів – прямого і зворотного, що також дає можливість переносити елементи теорії на будь-які типи, що працюють: тільки по зворотних термодинамічних циклах, тільки по прямих, по змішаних, комбінованих і гібридних циклах. ТТ самостійно й у складі енергетичних установок відносяться до інтересів малої енергетики.

Сучасні вимоги, зв'язані з екологічною чистотою робочих речовин, у термотрансформаторах, що працюють по зворотних і змішаних циклах, указують на те, що абсорбційні термотрансформатори є альтернативою компресорним. Абсорбційні термотрансформатори АТТ володіють багатьма позитивними якостями:

Увесь розвиток АТТ йшов на основі класичної термодинамічної теорії. З появою нових методів термодинамічного аналізу – прикладної термодинаміки – абсорбційні термотрансформатори знову стали об'єктом термодинамічного вивчення, причому останнім часом велику увагу фахівці приділяють спеціальним типам АТТ.

В понижувальних АТТ для здійснення термодинамічного циклу існують три джерела енергії різних температурних рівнів: високо-, середньо- та низкопотенційне. Три температурних рівні в одноступеневих АТТ взаємозалежні так, що тільки два можуть вибиратися довільно. Третій завжди є функцією будь-яких двох. Показником ефективності роботи будь-якого АТТ є величина зони дегазації $\Delta\xi = \xi_r - \xi_a$ (різниці концентрацій міцного ξ_r та слабкого- ξ_a розчинів). При різному сполученні вихідних температур (гріючого джерела (T_{cap}), середовища, що охолоджує (T_{cep}), і виробленого холоду ($T_{хол}$)) величина $\Delta\xi$ може приймати значення: $\Delta\xi > 0$, $\Delta\xi = 0$, $\Delta\xi < 0$. При нульовому і від'ємному значеннях $\Delta\xi$ цикл одноступеневого АТТ не здійснюється навіть теоретично, однак ці випадки найбільш частіше зустрічаються для сучасних температурних режимів роботи, при використанні нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії як гріючого джерела або використанні середовища, що охолоджує, з підвищеною температурою (опалення і гаряче водопостачання). Для практичної реалізації циклів з сучасними температурними рівнями експлуатації, необхідно застосувати АТТ, що працюють по спеціальних схемах – «з розширеною зоною дегазації».

Різноманітність схемних рішень водоаміачних АТТ йде по шляху удосконалення прямого циклу термохімічного компресора, у той час, як основний процес (зворотний цикл) залишається традиційним: Синтез схемно-циклових рішень традиційно здійснюється з використанням термодинамічного аналізу «методом циклів». «Метод циклів» полягає в поетапному нарощуванні незворотностей в циклі-зразку, які обумовлені реальними умовами роботи кожного елемента в складі холодильної машини. «Метод циклів» - це покроковий метод, основні етапи якого представлені на рисунку 1.

За обмеженою кратністю циркуляції процеси в генераторі 1-2 і абсорбере 3-4 (прямий цикл) неізотермічні. Ця неізотермічність врахована циклом-зразком Лоренца. У зворотному циклі неізотермічність в процесах підведення і відведення тепла зводиться до мінімуму або взагалі відсутня. Виходячи з цього, зворотний цикл можна зобразити циклом Карно 5-6-7-8.

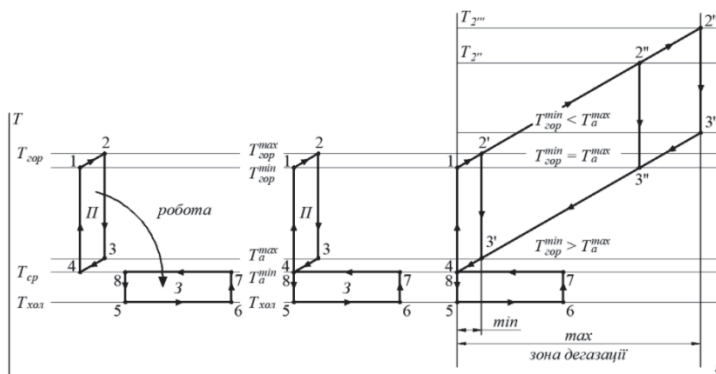


Рис.1. «Метод циклів» у аналізі розширеної зони дегазації

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-

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