

**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.

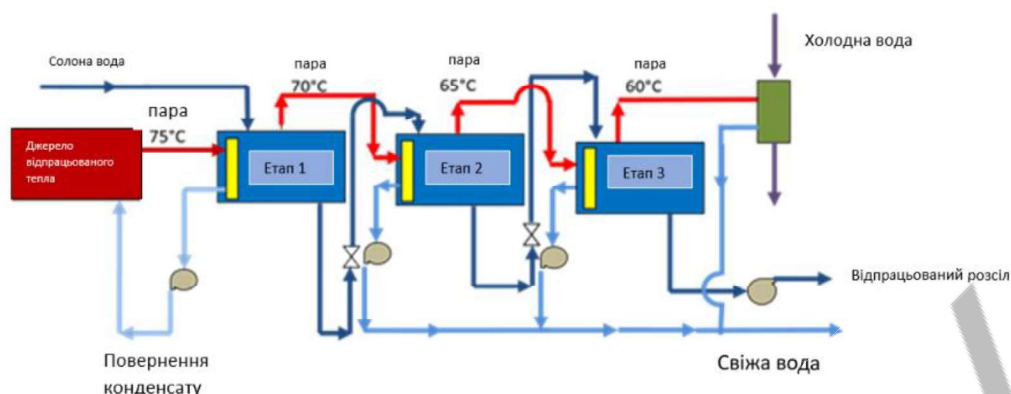


Рис1. Триступенева опріснювальна установка

Необхідна температура скидного тепла 75°C і вище залежно від вмісту солі у воді та системі тиску. Це може бути досягнуто в центрах обробки даних, які використовують двофазні системи охолодження. Скидне тепло при повітряному або рідинному охолодження центри обробки даних потребує посилення. Джерелом тепла високо потенційного є утилізоване тепло енергетичної установки. На виході з установки вода має температуру 27°C , використання скидного тепла під час процесу опріснення здійснюється повністю. Підсумовуючи результати аналізу можна зазначити такі проблеми:

Потрібно багатоступеневий термодинамічний цикл в високих температурах скидного тепла. Переваги – повне використання скидного тепла центрів обробки даних для опріснення передбачає можливу ліквідацію потреби в чиллері.

Проблема - чиста вода на даному етапі розвитку енергетики не є пріоритетом для більшості центрів обробки даних.

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

АБСОРБЦІЙНИЙ ТЕПЛОВИЙ НАСОС ДЛЯ СИСТЕМИ АКУМУЛЯЦІЇ ТЕПЛОТИ ДАТА-ЦЕНТРІВ

*Артем Куколев, аспірант кафедри екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології
ОНАХТ*

Багато центрів обробки даних мають сервери з густиною потужності понад 100 Вт/см^2 і навіть до 200 Вт/см^2 . Збільшення попиту на відведення тепла збільшує витрати, пов'язані з живленням та охолодженням центрів обробки даних. Таким чином, відновлення та повторне використання скидної теплової енергії має потенціал для значного зниження експлуатаційних витрат дата-центру.

Основний бар'єр для повторного використання оперативних скидів в дата-центрах в тому, що скидне тепло має низький температурний потенціал. Температура скидного тепла визначена температурними обмеженнями електроніки, які в більшості випадків залишаються

нижче 85°C . Така низька температура робить теплові скидання досить складними для повторного використання за допомогою звичайних термодинамічних циклів і процесів.

В роботі встановлена можливість акумулювання скидного тепла дата-центру, як метод сучасної утилізації тепла. «Методом циклів» проведено термодинамічний аналіз двох підвищувальних термотрансформаторів. Розглянуто компресорний КТТ та абсорбційний АТТ цикли за наявності трьох джерел тепла: навколишнього середовища з змінною температурою T_x , середньопотенційного с постійною температурою T_m та високо потенційним T_z , що підлягає акумуляції. Цикли надано на рисунку 1

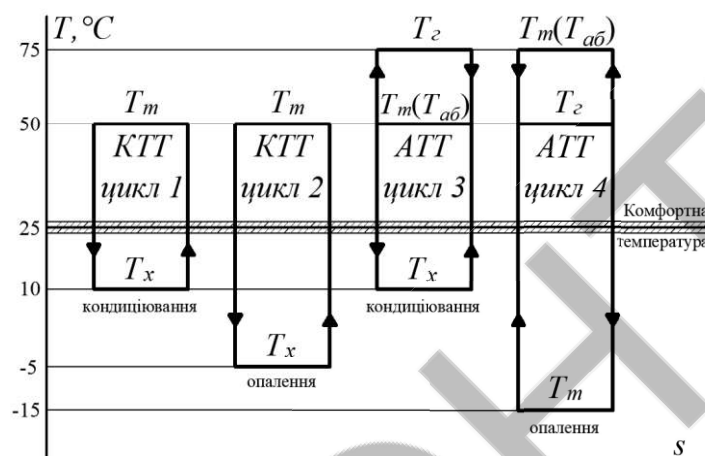


Рис.1. Цикли-зразки АТТ та КТТ термотрансформаторів

Зразками використано еквівалентні цикли Карно, а енергетичну ефективність визначено через відношення температур в процесах підведення та відведення тепла для обох циклів термотрансформаторів. Для підвищувального ТТ

$$COP_{\text{кпідв}} = 1 / COP_{\text{кзниж}} = T_z (T_m - T_x) / T_m (T_z - T_x)'$$

де T_z , T_m , T_x – високо-, середньо-, низькопотенційний температурний рівень джерел тепла, відповідно. Дійсні значення $COP_{\text{дійсн}}$ завжди менші за $COP_{\text{карно}}$ через великі незворотності у прямому циклі за малими різницями температур. Подібні цикли не мають інженерного втілення в компресорних машинах, і розглянуті лише як термодинамічний зразок.

Абсорбційний підвищувальний термотрансформатор АТТ, який іменують «звернена абсорбційна машина» (цикл 4) використовують для опалення за умови середніх температур системи кондиціонування і низьких температур зовнішнього повітря, які спостерігаються під час значних сезонних або добових коливань в умовах континентального клімату.

Прямий цикл здійснюється в інтервалі температур T_z і T_x , оборотний – $T_m(T_{ab})$ та T_z . Як показує термодинамічний аналіз дійсного циклу АТТ, зі зниженням температури зовнішнього повітря збільшується кількість тепла, яке виробляється в абсорбері на рівні $T_m(T_{ab})$. Отже, тепло абсорбції акумулюється і може бути використано і міру необхідності для роботи чилерів або опалення. Суміщені цикли розчину абсорбційного ТТ з термодинамічної точки зору досконаліше КТТ з однокомпонентною речовиною і з зниженням температури навколишнього середовища підвищує ефективність.

Аналіз здійснювався за однаковими вихідними параметрами: в температурному режимі кондиціонування повітря та середньої холодопродуктивності 10...50 кВт. Термодинамічний аналіз показав, що за ступенем термодинамічної досконалості система

Матеріали науково-технічної конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти «Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології», 19 - 20 квітня 2022 р.
тригенерації з КТТ має переваги, а економічний аналіз віддав пріоритет СК – АТТ з водоаміачним розчином як робочою речовиною.

Цикл 4 - представляє абсорбційну машину, процеси якої здійснюються у протилежних напрямках, тому вона може у теплі сезони року працювати як понижувальний АТТ.

*Науковий керівник: Косой Б.В., д.т.н., професор
кафедри екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології ОНАХТ*

СИСТЕМА ТРИГЕНЕРАЦІЇ МАЛОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У ЦЕНТРАХ ОБРОБКИ ДАНИХ

Максим Шараєв, магістр кафедри кріогенної техніки ОНАХТ

Індустрія центрів обробки даних працює в різних масштабах. Величезні центри обробки даних займають площу до 50000 м² і містять тисячі серверних стелажів і кілька мегават використання енергії від центральних електричних мереж. Поряд з ними існують компактні центри обробки даних з невеликою кількістю обчислювальної потужності, що вміщується в малі простори та мають живлення від малих енергетичних установок.

Майже вся електроенергія, що подається на сервери ІТ-устаткування, перетворюється в тепло, що вимагає використання масштабних систем охолодження для підтримки стабільного температурного режиму стійки сервера в безпечному робочому діапазон. Безпосередньо навантаження ІТ-устаткування становить 30% загальної потужності, що підводиться ззовні. Найбільше енергопостачання до 45% йде до системи охолодження, куди відносять кондиціонери, чиллери, вентилятори, зволожувачі. Енергія у кількості 25% йде на обслуговування інфраструктури ЦОД.

Компоненти системи охолодження, на підставі другого закону термодинаміки, мають власні обов'язкові скидання, тому від енергетичної ефективності системи охолодження (COP) залежить показник ефективності ЦОД. З огляду на сучасний стан енергетичної галузі в світі, зростає зусилля по утилізації скидного тепла у всіх типах енергоперетворювальних систем. У роботі розглянуто способи утилізації скидного тепла ІТ-устаткування та малої енергетичної установки шляхом створенні системи тригенерації.

Паливні установки мають утилізаційний котел та виробляють два корисних ефекти: електроенергію та тепло. Електроенергія йде на роботу ЦОД. Тепло вирисовується у двох напрямках: у якості первинної енергії для холодильної машини (чиллера), за прямим призначенням – отриманням гарячої води і опаленням. Для виробництва холоду в систему енергопостачання включені тепловикористальні холодильні машини – абсорбційні, ежекторні або компресорні. Розглянуто термодинамічні цикли вказаних холодильних машин, проведено співставлення термодинамічної ефективності та технічних обмежень для їх використання. З урахуванням усіх оцінних даних переваги мають абсорбційно-резорбційні холодильні машини. За рахунок впровадження систем тригенерації в енергетичній системі ЦОД забезпечується без будь-яких додаткових витрат первинної енергії.

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

**СЕКЦІЯ №2 – НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ХОЛОДИЛЬНІ І КРІОГЕННІ
МАШИНИ ТА УСТАНОВКИ, ГАЗОТУРБІННІ УСТАНОВКИ ТА
КОМПРЕСОРНІ СТАНЦІЇ**

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | ОПРІСНЮВАЛЬНА УСТАНОВКА ЯК ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМИ
ТРИГЕНЕРАЦІЇ ЦЕНТРА ОБРОБКИ ДАНИХ МАЛОЇ ЕНЕРГЕТИКИ | 81 |
| | <i>Анатолій Басов, викладач-стажист, аспірант кафедри кріогенної техніки ОНАХТ</i>
Науковий керівник: <i>Морозюк Л.І., д.т.н., професор</i>
<i>кафедри кріогенної техніки ОНАХТ</i> | |
| 2 | АБСОРБЦІЙНИЙ ТЕПЛОВИЙ НАСОС ДЛЯ СИСТЕМИ АКУМУЛЯЦІЇ
ТЕПЛОТИ ДАТА-ЦЕНТРІВ | 82 |
| | <i>Артем Куколев, аспірант кафедри екоенергетики, термодинаміки та прикладної</i>
<i>екології ОНАХТ</i>
Науковий керівник: <i>Косой Б.В., д.т.н., професор кафедри екоенергетики,</i>
<i>термодинаміки та прикладної екології ОНАХТ</i> | |
| 3 | СИСТЕМА ТРИГЕНЕРАЦІЇ МАЛОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У ЦЕНТРАХ ОБРОБКИ
ДАНИХ | 84 |
| | <i>Максим Шарасв, магістр кафедри кріогенної техніки ОНАХТ</i>
Науковий керівник: <i>Морозюк Л.І., д.т.н., професор</i>
<i>кафедри кріогенної техніки ОНАХТ</i> | |
| 4 | АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ РЕКУПЕРАЦІЇ СКИДОГО ТЕПЛА ЦЕНТРІВ ОБРОБКИ
ДАНИХ | 85 |
| | <i>Ярослав Петушков, магістр кафедри кріогенної техніки ОНАХТ</i>
Науковий керівник: <i>Морозюк Л.І., д.т.н., професор</i>
<i>кафедри кріогенної техніки ОНАХТ</i> | |
| 5 | ТЕПЛОВИЙ НАСОС В СИСТЕМІ РЕКТИФІКАЦІЇ ДЛЯ ЦІЛОРІЧНОГО
ОТРИМАННЯ ЧИСТОГО ПРОПАНАУ З СУМІШІ ПРОПАН-БУТАН | 86 |
| | <i>Євген Костенко, аспірант кафедри кріогенної техніки ОНАХТ</i>
Науковий керівник: <i>Морозюк Л.І., д.т.н., професор</i>
<i>кафедри кріогенної техніки ОНАХТ</i> | |
| 6 | АНАЛІЗ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ СХЕМ АБСОРБЦІЙНО-КОМПРЕСОРНИХ
ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРІВ З ТЕПЛОВИМ ПРИВОДОМ КОМПРЕСОРА | 87 |
| | <i>Сергій Псарьов, аспірант кафедри кріогенної техніки ОНАХТ</i>
Науковий керівник: <i>Морозюк Л.І., д.т.н., професор</i>
<i>кафедри кріогенної техніки ОНАХТ</i> | |
| 7 | ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ PRICO-ПРОЦЕСУ ЗРІДЖЕННЯ
ПРИРОДНОГО ГАЗУ | 88 |
| | <i>Ольга Бородінська, магістр кафедри кріогенної техніки ОНАХТ</i>
Науковий керівник: <i>Соколовська-Єфименко В.В., к.т.н., доцент</i>
<i>кафедри кріогенної техніки ОНАХТ</i> | |
| 8 | КРІОГЕННЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАСАДОЧНИХ КОЛОН З
ВИКОРИСТАННЯМ СТУПЕНЕВОГО КОНДЕНСАТОРА-
ТЕРМОСИФОНУ | 91 |
| | <i>Медушевський Є.В., аспірант кафедри кріогенної техніки ОНАХТ</i> | |