

Авторефер

п 44

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ

УДК 621.57.536

ДІАССАНА БАНЯН

**ТЕРМОДИНАМІЧНІ АСПЕКТИ ВИБОРУ
РОБОЧИХ СУМІШЕЙ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН ТА
ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ДЛЯ ТРОПІЧНИХ КРАЇН**

Спеціальність: 05.04.03- холодильна та кріогенна техніка,
системи кондиціонування

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса- 1997

Автореферат є рукописом

Робота виконана в Одеській державній академії харчових технологій

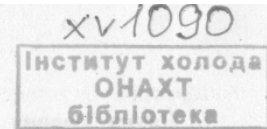
- Научний керівник - Доктор технічних наук, професор
ЧАЙКОВСЬКИЙ Владислав Феліксович,
Одеська державна академія харчових технологій,
професор кафедри теплохолодотехніки
- Научний консультант - Кандидат технічних наук, доцент
МОРОЗЮК Лариса Іванівна, Одеська
державна академія холоду, професор кафедри
холодильних та компресорних машин
- Офіційні опоненти - Доктор технічних наук, професор кафедри
кріогенної техніки Одеської державної
академії холоду
ЛАВРЕНЧЕНКО Георгій Костянтинович
- Кандидат технічних наук ГЛІКСОН Анатолій
Лєвович, заступник директора по науковій роботі
НПФ «Нові технології», м. Одеса
- Ведуча організація- НВО «Веста», м. Київ

Захист відбудеться 22 12 1997 г. у 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої Ради Д.05.20.01 при Одеській державній академії холоду, за адресою 270026, м. Одеса, вул. Дворянська, 1/3.

Дисертацію можна ознайомитися у бібліотеці ОДАХ.

Зроблено "22" "11" 1997г.

Р.К.Никульшин



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Значна кількість тропічних країн має слабку економіку, яка базується на сільському господарстві. Зріст народонаселення та валютна його потреба не мають балансу з об'ємом виробництва та вживання фруктів та овочей. Показник фактичного виробництва окремих продовольчих культур встановлює існуючі та потенційні можливості кожної країни. Якщо частина врожаю гине, то в країні має місце дефіцит переробних технологій.

Холод як засіб консервування дає змогу зберегти врожай без зміни головних властивостей продуктів; харчової цінності, маси, смаку та зовнішнього вигляду.

Запровадження штучного холоду в країнах з тропічним кліматом зв'язане з декількома показниками та обмеженнями. Підвишена температура навколишнього середовища є причиною зросту температури та тиску конденсації, і це знижує показники ефективності будь-якої холодильної машини та теплового насосу. Пов'язана з цим явищем додаткова витрата енергії має негативний вплив на навколишнє середовище (атмосферу планети), розмір якого може бути оцінений показником TEWI.

Використання існуючих робочих речовин холодильних машин та теплових насосів у цих умовах значно обмежено, тому **метою цієї роботи** треба вважати розгляд можливостей зміни конструкції, схем і апаратів холодильних машин та теплових насосів згідно з умовами підвищених температур конденсації робочих речовин; пошук робочих речовин для цих машин, які б задовільнили екологічним вимогам і які мають високі значення термодинамічної ефективності поряд з невеликим робочим стиском у компресорі, з урахуванням підвищеної температури навколишнього середовища, яка ідентифікує умови тропічного клімату.

Для досягнення головної мети були поставлені завдання:

- вивчити головні напрями досліджень сучасних робочих речовин холодильних машин та теплових насосів;
- вивчити метод термодинамічного аналізу циклів холодильних машин та теплових насосів з чистою робочою речовиною та запровадити його до дослідження циклів цих машин на сумішах;
- розробити метод вибору складу суміші для машин тропічного виконання на базі термодинамічних та теплофізичних властивостей компонентів;
- дослідити і визначити особливості процесів зовнішнього підведення та відведення тепла в машинах, внутрішньої регенерації тепла з змінною теплоємністю вологої пари;
- розробити нові схеми і цикли холодильних машин і теплових насосів на базі сумішей що до високих температур навколишнього середовища.

Наука новина роботи підтверджується вибором об'єктом досліджень холодильних машин та теплових насосів з сумішами як з робочими речовинами. Автором запропоновано концептуальну модель вибору робочої речовини для холодильних машин та теплових насосів у тропічному виконанні, розроблено метод визначення оптимального складу суміші для подібних умов, термодинамічного аналізу циклів з сумішами та на його основі запроваджені нові схеми та цикли, які мають високу термодинамічну ефективність.

Вперше встановлена спроможність використання водоаміачної суміші у компресорних холодильних машинах та теплових насосів тропічного виконання та розроблені схеми та цикли цих машин.

Теоретична цінність роботи полягає в розробці метода термодинамічного аналізу циклів з сумішами, метода оцінки незворотніх витрат енергії в циклі та запропоновані засоби їх зменшення за допомогою синтезу нових схем та циклів.

Практична цінність роботи полягає у розробці метода проєктування холодильних машин та теплових насосів, який дозволяє вибрати схему машини та цикл для запропонованої суміші або для конкретної машини підібрати робочу суміш таким чином, щоб на початку проєктування машина вже відповідала б високій термодинамічній ефективності. Метод розрахунку циклів може бути запроваджений в навчальному процесі або в інженерних розрахунках.

Основні положення, які виносяться на захист

1. Метод термодинамічного аналізу циклів холодильних машин та теплових насосів з послідовним включенням в цикл незворотніх витрат в окремих процесах з врахуванням термодинамічних і теплофізичних властивостей сумішей у кожному з них, в том числі теплоти змішування.
2. Метод утворення практичних схем холодильних машин та теплових насосів з врахуванням характеру зміни теплоємності вологої пари суміші в процесах підведення та відведення тепла.
3. Метод вибору складу робочої суміші для конкретних зовнішніх умов, зокрема для підвищених температур навколишнього середовища тропічних країн.

Реалізація результатів досліджень

Роботи по дальшому вивченню і практичному використанню матеріалів дисертації входять в плани держбюджетних науково-дослідних робіт кафедри теплохолодотехніки Одеської державної академії харчових технологій та кафедри холодильних і компресорних машин Одеської державної академії холоду.

Апробація роботи

Наслідки роботи були представлені на 55 і 56 наукових конференціях ОДАХТ, Одеса, 1995 і 1996 роки; на IX Міжнародній конференції "Удосконалення процесів та апаратів хімічних, харчових та нафтохімічних виробництв" ОДАХТ, Одеса, 1996 рік; на Міжнародній конференції "Application for natural refrigerants", Арахус, Данія, 1996 рік; на 5-ій Міжнародній конференції "Energy agency conference heat pumping technologies", Монреаль, Канада, 1996 рік; на Міжнародному Симпозіумі "Advances in Computational Heat Transfer", Чесме, Турція, 1997 рік; на Міжнародній конференції "Pompe a chaleur, maitrise de l'energie et rechauffement de la planete", Лінц, Австрія, 1997 рік.

Структура і об'єм дисертації

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури, який включає 129 найменувань, 2 додатків. Робота викладена на 122 сторінках машинодрукованого тексту, уключаючи 56 малюнків та 8 таблиць.

ЗМІСТ РОБОТИ

Холодильні та теплонасосні системи відносяться до розряду складних. Високоякісне їх створення можливе тільки тоді, коли всебічно та вірно оцінені умови для розміщення і режимів їх функціонування. У кожній місцевості або країні є індивідуальні енергетичні, економічні, екологічні та соціальні умови, які встановлюють робоздатність машин, і в дисертації розроблена концептуальна модель взаємного зв'язку між цими умовами і створенням холодильних машин та теплових насосів.

З всього численного матеріалу, який втілений в концептуальній моделі, в роботі дослідження торнається лише малого вузького питання та формалізується його відносини з усіма іншими. Детється про вибір робочих речовин для холодильних машин та теплових насосів.

Холодильна та теплонасосна техніка базується на використанні невеликої кількості головних робочих речовин (R717, R744, R11, R12, R22, R502, R142). За останні 10 років чисельність її ще зменшилась, бо стали діяти міжнародні документи, які заборонили вживання робочих речовин (R11, R12, R502) що містять хлор.

Щодо пошуку альтернативних робочих речовин, то в сучасних умовах він проводиться у трьох напрямках: - синтез нових речовин; - використання природних речовин: - створення сумішей з використанням відомих компонентів.

Вивчення нових робочих речовин (R134a, R143a, R32) і природних речовин привело до того, що їх кількість теж обмежена, крім цього жодний з них не спроможний повністю замінити попереднього. Тому дослідники звернулися до сумішей

робочих речовин, які містять в собі кращі якості компонентів. В роботі віддана перевага третьому напрямку.

Великі заслуги в дослідженні сумішей належать Бошняковичу Ф., Чайковському В.Ф., Бадилькесу І.С., Розенфельду Л.М., Лавренченку Г.К., Кузнецову А.П., Дімітрієву В.И., Kгuse H., Watanabe K., Rademacher R. та іншим.

Науковий внесок в цих вчених в науку про суміші та їх використання в холодильних машинах та теплових насосах надали авторів змогу виконати своє дослідження, спираючись на велику базу даних та використовуючи існуючий научний досвід в цілях створення машин для тропічних умов.

Як встановлює концептуальна модель, має перспективу така суміш, в якій крім позитивних економічних та енергетичних показників, присутній ще позитивний екологічний TEWI-критерій.

Для умов Республіки Малі критерій TEWI. формалізовано у наступному вигляді

$$TEWI = [(GWP)_x I_n + (GWP)_x m_x (1 - \alpha_p) + (GWP)_n m_n] + n E_T \beta. \quad (1)$$

В ньому перший доданок враховує витік робочої речовини; другий - витіг при незворотності використаного устаткування; третє - витіг з теплоізоляції при її виготовленні; четвертий - виділення CO₂ при виробництві електроенергії на електростанціях.

Перші три доданки - це прямий внесок в TEWI, четвертий - непрямий (енергетична частка). В рівнянні (1): $\alpha = 0$, оскільки побутова техніка в Малі в даний час не використовується; $\beta = 0,513$, показник Французьких та Німецьких електростанцій, які збудовані та зараз функціонують в Малі, а також гідроелектростанцій.

Компоненти майбутніх сумішей були екологічно перевірені (вплив на озоновий шар та парниковий ефект), та встановлена їх взаємодія з конструкційними матеріалами та мастилами. На підставі цієї роботи були запропоновані напрями дослідницької роботи і вказані перспективні суміші для подальшого вивчення (R22/R142b, R143a/R125, R318/R600a, R143a/R152a, R22/R134a, R152/R134a, R290/R600a, H₂O/NH₃, NH₃/R290).

Робота з сумішами мала наперед змінювати концентрацію компонентів, щоб наприкінці дослідження вона відповідала вимогам, які заявлені робочим речовинам машин тропічного виконання. При цьому оцінювалась термодинамічна ефективність циклу одноступеневої холодильної машини чи теплового насоса при температурі конденсації не нижче 45°C, різниці тиску не більше 1,2 МПа та ступеню стиску не більше 8.

Щоб прогнозувати і підібрати потрібну суміш, автор разом з доцентом кафедри загального машинобудування ОДАХ Анисимовим В.М. розробили метод розрахунку термодинамічних властивостей сумішей вуглеводневих речовин в однофазній області і при рівновазі фаз за даними чистих компонентів. Метод перевірено при використанні його для сумішей добре відомих і які мають велику

кількість вірогідних експериментальних даних. Фазові рівноваги досліджували у понад 30 різних сумішей для тропічного клімату в діапазоні температур - 70...+50°C з різними концентраціями компонентів. Серед перевірених сумішей перевагу здобули: R318c/R600a, R22/R142b, R143a/R125, R142b/R152, R123/R142b, R32/R125.

Наступним кроком наукового пошуку робочих речовин був їх термодинамічний аналіз і зворотніх циклів з ними. Залишаючи принцип загального метода порівняння термодинамічних якостей холоагентів, запропонований Р.Планком, і аналіза дійсних термодинамічних циклів, розроблений В.С. Мартиновським, як основу, в роботі запроваджено метод, як оцінювати незворотні витрати енергії в окремих процесах з сумішами, їх індивідуальний вплив на коефіцієнт перетворення COP машини. На підставі термодинамічної оцінки вироблені рекомендації до вибору концентрації суміші, удосконаленню циклів, майбутні схеми машин.

Перший крок термодинамічного аналізу зроблено з умовами:

- підведення тепла у випарникові та відведення тепла в конденсаторові відтворюється при постійній температурі;
- теплота зміщення є відсутньою.

Як показує аналіз, величина внутрішніх незворотніх втрат в процесі м'яття буде залежати від відношення теплоємностей компонентів суміші на лівих суміжних кривих. Те ж саме відноситься до внутрішніх втрат при стиску, які залежать від відношення теплоємностей на правій суміжній кривій та перегретій пари. Головним незалежним параметром при оцінці має бути концентрація суміші. Прийняті умови відповідають циклам з азеотропними сумішами, а термодинамічний аналіз циклу здійснюється методом послідовного переходу з зворотнього зразка до дійсного циклу в повній аналогії з циклами однокомпонентних речовин. Зворотнім має бути цикл Карно.

Суміші холоагентів належать до групи розчинів, які відрізняються між собою з системи хімічної природи компонентів та типу міжмолекулярних взаємодій. Тому теплота зміщення для всіх сумішей у діапазоні $1 > \xi > 0$ може приймати різні значення: $q_c < 0$, $q_c = 0$, $q_c > 0$, для деяких з них q_c істотно змінюється залежно з температурою. Таким чином, термодинамічна досконалість буде в значній мірі залежати від величини q_c та її знака, бо вона входить в вираз для C_{cm} і τ_{cm} . Кипіння (конденсація) неазеотропної суміші супроводжується зростанням (зниженням) температури, тому теплоємність вологої пари може бути переданою в загальному виді:

$$C_{cm} = x \left(\frac{\partial h^*}{\partial t} \right)_{p, t^*} + (1-x) \left(\frac{\partial h^*}{\partial t} \right)_{t^*} \quad (2)$$

Враховуючи у першому наближенні, що теплоємність вологої пари суміші C_{cm} є лінійна функція від T, ξ (мал.1,а) можна констатувати, що з C_3 машина може працювати з джерелом постійної температури. З C_1 суміш може

використатися в машинах, які працюють з джерелами із змінною температурою. Якщо процес кипіння повторює характер процесу охолодження холодоносія, тоді незворотні втрати можуть бути найменшими.

Таким же чином розглянуто єдину суміш, але з декількома концентраціями (мал.1,б). При зміні $1 > \xi > 0$ ізобарна теплоємність вологої пари $C_{вл}$ двічі прямує до нескінченності, очевидно що для суміші існує ξ_s , при якій $C_{вл} = C_{вл}^{min}$.

Дійсний характер зміни теплоємності вологої пари $C_{вл} = f(\xi_t)$ може бути знайдено за допомогою термодинамічних рівнянь.

Теплоємність розчину на суміжній кривій у рівноважному стані відповідно до ξ_t

$$\left(\frac{\partial h'}{\partial t}\right)_{p,\xi'} = \left(\frac{\partial q_{11}}{\partial t}\right)_{p,\xi'} + (1-\xi') \left(\frac{\partial h'_{вв}}{\partial t}\right)_p + \xi' \left(\frac{\partial h'_{RH}}{\partial t}\right)_p \quad (3)$$

Теплоємність пари на суміжній кривій у рівноважному стані

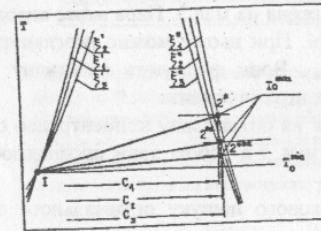
$$\left(\frac{\partial h''}{\partial t}\right)_{p,\xi''} = (1-\xi'') \left(\frac{\partial h''_{вв}}{\partial t}\right)_p + \xi'' \left(\frac{\partial h''_{RH}}{\partial t}\right)_p \quad (4)$$

Якщо в рівняння (2) підставити значення теплоємностей з рівнянь (3) і (4), то маємо теплоємність вологої пари при концентрації ξ_t .

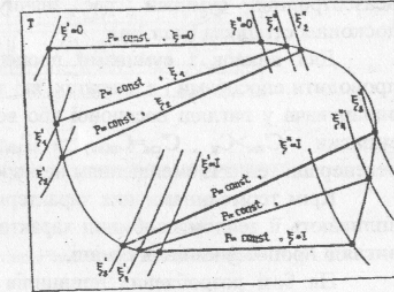
Треба звернути увагу на те, що малі значення теплоти зміщення існують у сумішей полярних рідин (вода, амміак та інші). В будь якому разі теплота зміщення повинна бути врахованою для реальної оцінки можливостей суміші.

Наприклад автор наводить характер зміни теплоємності вологої пари $C_{вл}$ що до водоаміачної суміші, яка має параметри $\xi = 0,9$ і $p = 0,3$ МПа та характер відображення ізобари $p=f(\xi_t)$ в області вологої пари (рис.2). Все, про що автор писав вище має висновок : у загальному випадку при термодинамічній оцінці цикла зворонтім зразком може бути цикл Лоренца, але, маючи на увазі, що процеси підведення і відведення тепла здійснюються при незмінних тисках, тому зразком має бути цикл Джоуля. Будь який відступ від циклу Джоуля буде супроводжений незворотними втратами. Трансформація циклу від еталонного до реального зображена на мал.3. Запроваджую розроблений метод для кожній суміші можна знайти конкретний тип машини і вказати той інтервал температур, в якому енергетична ефективність має максимальне значення.

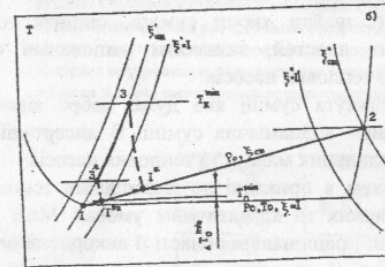
В багатьох випадках при заданій різниці температур кипіння з випаровува виходить волога пара. Вона формує свої термодинамічні циклі і незворотні втрати в них. В роботі проаналізовано цикл с внутрішнім роз'єднанням і зміщенням потоків для стиснення сухої насиченої пари. Незворотність в процесі зміщення доповнює внутрішні втрати. Щоб провести термодинамічний аналіз автор пропонує трансформацію циклу від еталонного до дійсного з внутрішнім роз'єднанням робочої речовини, як вказано на мал.4.



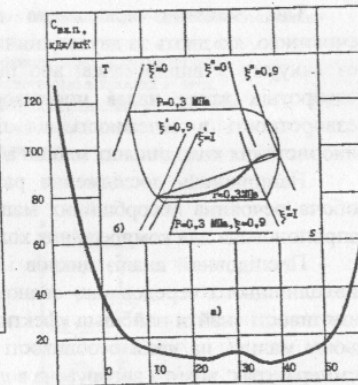
Мал.1,а Порівняння сумішей з різними теплоємностями вологої пари



Мал.1,б порівняння теплоємностей вологої пари однієї суміші при незмінному тиску і різними концентраціями



Мал1,в Незворотні втрати в процесі м'яття суміші



Мал.2 Теплоємність вологої пари (а) і ізобара вологої пари (б) водоаміачної суміші.

Додаткові втрати в процесі м'яття пов'язані з підвищенням мінімальної температури кипіння, тому охолодження рідини після конденсатора для неазеотропних сумішей грає значну роль в підвищенні термодинамічної досконалості цикла (мал.1,в).

Для циклов з сумішами процеси внутрішньої регенерації тепла можна проводити способами і в апаратах, які зображена на мал.5. Пара може виходити з випарувача у вигляді насиченої або вологої. При цьому можна розглянути такі випадки: $C'_{см} > C_{п}$, $C'_{см} = C_{п(вл)}$ та $C'_{см} < C_{п(вл)}$. Вони формують практичну схему регенерації тепла із зменшенням незворотніх втрат в машині.

Крім термодинамічних характеристик на оптимальну концентрацію суміші впливають її тепломасообмінні характеристики, і в роботі вони проаналізовані у вигляді процесу кипіння суміші.

На базі розроблених принципів наукового пошуку оптимального складу суміші в роботі відокремлені конкретні суміші вуглеводневих речовин: R318с/R600а, R152а/R142b, R143/R152а, R32/R125, R22/R142b, R143а/R125, і наведено порівняння характеристик циклов з чистими холодоагентами (R11, R12, R22, R502), вказано на раціональні схеми машин для цих сумішей в інтервалі робочих температур. Нові суміші потребують створення нових схем холодильних машин та теплових насосів. На мал.6 наведена схема машини, її цикл для суміші з розчинними компонентами та повністю нерозчинними компонентами.

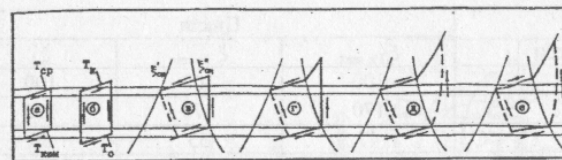
Такі машини призначено для заміни машин з однокомпонентною речовиною, які діють за двухступінним циклом для отримання низьких температур без вакууму у випарувачеві або підвищених температур конденсації. Аналіз незворотніх втрат надав можливість знайти якості суміші, оцінити головні незворотності в залежності від цих якостей, зазначити раціональні сфери використання холодильних машин або теплових насосів.

Наприкінці дослідження розглянута суміш яка дуже добре відома як робоча речовина абсорбційних машин - водоаміачна суміш. В дисертації вона запропонована для компресійних холодильних машин та теплових насосів.

Послідовний аналіз циклов і схем в прикладі до підвищених температур навколишнього середовища, економічних та кліматичним умовам Малі надав можливість знайти найбільш ефективні і раціональні області її використання. При цьому мались на увазі особливості циклів: кипіння і конденсація при змінних температурах; вихід з випарувача вологої пари; присутність процесів внутрішнього роз'єднання і змішення потоків. На мал.7 надано значення COP для теплофікаційного цикла в порівнянні різних схем при змінних концентраціях суміші.

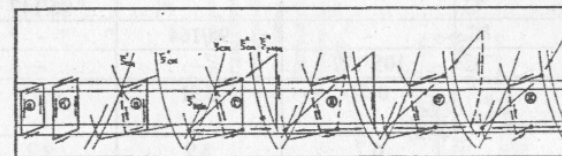
На мал.8 наведено приклад схеми і циклу водоаміачного компресійного високотемпературного теплового насосу для виготовлення висококонцентрованих фруктових соків з використанням сонячної енергії як джерела низькопотенційного тепла.

У таблиці 1 наведені розрахунки такої машини для різних концентрацій водоаміачної суміші.



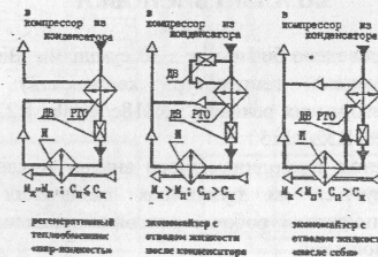
Мал.3 Перехід від еталонного цикла до дійсного:

- зворотній цикл Лоренца (Джоуля); б) цикл з зовнішньою незворотністю;
- цикл з незворотністю в процесі м'яття;
- цикл з стиском сухої насиченої пари;
- цикл з незворотністю у процесі стиску;
- цикл з зовнішньою незворотністю при змінній теплоємності вологої пари.



Мал.4 Перехід від еталонного цикла до дійсного з внутрішнім роз'єднанням і змішенням потоків:

- зворотній цикл Лоренца (Джоуля); б) цикл з зовнішньою незворотністю;
- цикл з зворотнім стиском вологої пари і незворотністю в процесі м'яття;
- цикл з внутрішнім роз'єднанням і зворотними процесами стиску і змішення;
- цикл з внутрішньою незворотністю в процесі змішення;
- цикл з внутрішньою незворотністю в процесі стиску;
- цикл зі всіма внутрішніми незворотностями.



Мал.5 Способи регенерації тепла «рідина-пара» в циклах з сумішами.

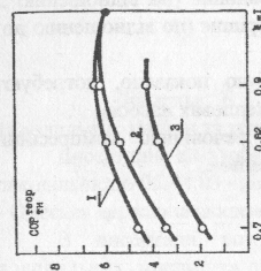
Параметри		Цикли		
		$\xi_{P_k \max}$	$\xi_{P_o \min}$	ξ_1
T_k^{\min}	°C	100	100	100
T_k^{\max}	°C	170	170	170
T_o^{\min}	°C	47	55	65
$T_1 (T_o^{\max})_2$	°C	95	93	96
P_o , МПа		0.2	0.12	0.12
P_k , МПа		1.6	0.96	0.55
ξ , кг/кг		0.4	0.3	0.2
T_M / T_N	°C	-	-	96/147
T_E / T_F	°C	-	94/164	-
T_C / T_B	°C	105/177	-	-
x_1 , кг/кг		0.51	0.91	0.95
$COP_{TH}^{теор}$		6.2	8.9	9.2

Таблиця 1.

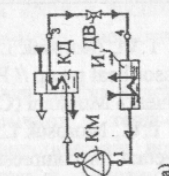
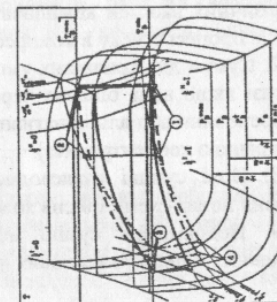
Головною перевагою водоаміачної суміші є те, що вона належить до натуральних робочих речовин, має низьку вартість, володіє порівнянно високою термодинамічною ефективністю. Це становить її на перше місце серед сумішей для кліматичних умов тропічних країн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз було проведено більш ніж з 30 сумішами. Він встановив, що для тропічних умов (підвищеної температури конденсації) найбільш придатні слідує суміші вуглеводневих речовин : R318c/R600a, R22/R142b, R143a/R125, R142b/R152, R123/R142b, R32/R125.
2. Розроблено метод термодинамічного аналізу циклів на неазеотропних сумішах, який базується на принципах визначення термодинамічного досконалення однокомпонентної робочої речовини і циклу, які запропонували Р.Планк та В.С. Мартиновський.
3. Розроблені нові схеми і цикли на сумішах для тропічних умов.
4. Вибір робочих сумішей, також як і вибір систем холодильних машин та теплових насосів, повинен виконуватись з врахуванням економічних, енергетичних, екологічних, соціальних і кліматичних умов окремої країни або місцевості.
5. Зовнішні незворотності в циклах на неазеотропних сумішах залежать від теплоємності вологої пари в процесах підведення та відведення тепла.



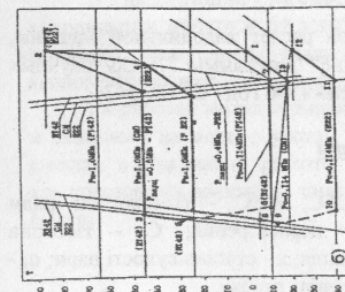
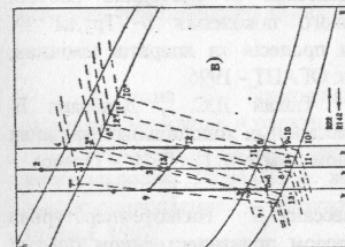
Мал.7 Теоретичний коефіцієнт перетворення водоаміачного теплового насоса в залежності від концентрації:
 1 - тепловий насос з віддільним рідни,
 2 - тепловий насос з десорбером,
 3 - тепловий насос з економайзером,
 • - $COP_{TH}^{теор}$ для аміачного теплового насоса.



а)

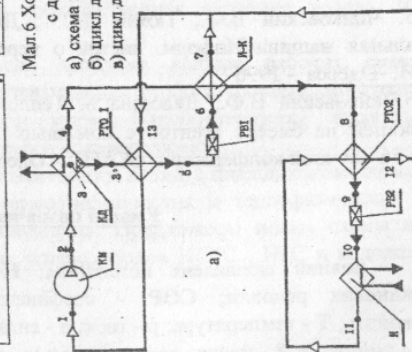
б)

Мал.8 Схема (а) і цикл (б) водоаміачного високотемпературного теплового насосу.



Мал.6 Холодильная машина с сумішами с двухступенной конденсацией.

- а) схема машины;
 б) цикл для нерозчинних компонентів,
 в) цикл для розчинних компонентів.



а)

6. Внутрішні незворотності в процесі м'яття залежать не тільки від теплофізичних якостей компонентів, але ж і від теплоти зміщення компонентів суміші; в процесі стиску в компресорі - від концентрації пари.

7. Суміш для тропічних умов може бути розцінена перспективною тільки в тому разі якщо вона оцінена через COP циклу як зовнішнє (по відношенню до чистої речовини або альтернативної суміші), так і внутрішнє (по відношенню до її самої з різною концентрацією).

8. Нові суміші вуглеводневих речовин, як було показано, потребують створення нових схем і циклів холодильних машин та теплових насосів.

9. Водоаміачна суміш може бути робочою речовиною компресійних холодильних машин та теплових насосів в тропічних умовах.

Основний зміст дисертації надано в роботах:

1. Morosuk T.V., Morosuk L.I., Diassana B., Schemes and cycles of the water - ammonia compressor heat pump // Proc. 5th International energy agency conference heat pumping technologies. - Montreal (Canada).- 1996.- P. 747-751.

2. Morosuk T.V., Morosuk L.I., Tchaikovsky V.,F., Diassana B., Water-ammonia solution as a refrigerant for compressor refrigeration machines // Proc. 2-nd International conference on the use of non-artificial substances. - Aarhus (Denmark).- 1996.- P. 375-382

3. Анисимов В.Н., Горыкин С.Ф. Диассана Б. Методика расчета термодинамических свойств хладагентов нового поколения // Труды IX Международной конференции "Удосконалення процесів та апаратів хімічних, харчових та нафтохімічних виробництв".- Одеса: ОГАПТ.- 1996.

4. Чайковский В.Ф., Морозюк Л.И., Тюхай Д.С., Диассана Б. Неазетропные смеси хладагентов в парокомпрессионных холодильных машинах // Информ. листок о передовом производственном опыте // ЦНТЕИ. - Одесса. - 1996.

5. Чайковский В.Ф., Тюхай Д.С., Диассана Б. Низкотемпературная холодильная машина//Информ. листок о передовом производственном опыте// ЦНТЕИ. -Одесса. - 1996.

6. Чайковский В.Ф., Диассана Б. Тепловой расчет холодильной машины, работающей на смесях агентов с помощью "h-ξ" диаграммы // Сб. научных трудов 56 научной конференции ОГАПТ. - Одесса.- 1996 год.- С. 325-343.

Умовні позначення

TEWI - повний еквівалент потепління; HCFC, HFC - гомологічні ряди вуглеводневих речовин; COP - коефіцієнт перетворення; C - ізобарна теплоємність; T - температура; p - тиск; h - ентальпія; x - ступінь сухості пари; q_t - теплота зміщення; ξ - масова концентрація; π - ступінь стиску;

індекс зверху: ' - насичена (рівноважна) рідина; " - насичена (рівноважна) пара; індекс знизу: см - суміш; к - конденсація; о - кипіння; п - пара; вл - воложна пара; RH - компонент з низькою температурою кипіння; RB - компонент з підвищеною температурою кипіння; t - загальний.

Анотація

Диассана Б. Термодинамичні аспекти вибору робочих сумішей холодильних машин та теплових насосів для тропічних країн.- Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.04.03 - холодильна та криогенна техніка, системи кондиціонування. - Одеська державна академія холоду, Україна, Одеса, 1997.

В дисертації розглянуто проблему вибору робочих сумішей для холодильних машин та теплових насосів для країн з тропічним кліматом на прикладі Республіки Малі, враховуючи її економічні, енергетичні, екологічні та соціальні особливості.

Розроблено метод термодинамічного аналізу циклів холодильних машин та теплових насосів з врахуванням термодинамічних і теплофізичних якостей сумішей, в тому числі теплоти зміщення. Запропоновані нові схеми і цикли компресорних машин та сумішах вуглеводневих речовин HCFC, HFC і водоаміачній суміші.

Ключові слова: холодильна машина, тепловий насос, суміш робочих речовин, термодинамічний аналіз, термодинамічні якості, термодинамічні цикли.

Диассана Б. Термодинамические аспекты выбора рабочих смесей холодильных машин и тепловых насосов для тропических стран.- Рукопись.

Диссертація на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.03 - холодильная и криогенная техника, системы кондиционирования. - Одесская государственная академия холода, Украина, Одесса, 1997.

В диссертации рассмотрена проблема выбора рабочих смесей для холодильных машин и тепловых насосов для стран с тропическим климатом на примере Республики Мали с учетом экономических, энергетических, экологических и социальных факторов ее существования.

Разработан метод термодинамического анализа циклов холодильных машин и тепловых насосов с учетом термодинамических и теплофизических свойств смесей, в том числе теплоты смешения. Предложены новые схемы и циклы компрессорных машин на смесях углеводородов HCFC, HFC и водоаммиачной смеси.

Ключевые слова: холодильная машина, тепловой насос, смесь рабочих веществ, термодинамический анализ, термодинамические свойства, термодинамические циклы.

Diassana Bagnan Thermodynamical aspects choice mixtures of refrigerants for the refrigeration machines and the heat pumps for the tropical countries.- Manuscript.

Thesis for a scientific degree of doctor of science (engineering) Ph.D. by specialty 05.04.03 - the technique of the refrigeration and cryogenic machines and air conditioning systems. - Odessa State Academy of Refrigeration, Ukraine, Odessa, 1997.

In the dissertation examine problem of the choice of the refrigerant mixtures for the refrigeration machines and heat pumps, for tropic countries in example of Republic Mali, with consideration of economic, ecological, energetic and social factors, his existence.

Realized method of the thermodynamic analysis of cycles of the refrigeration machines and the heat pumps with consideration of thermodynamic and the thermophysical properties of the mixtures and proposed news schemes and cycles of the compressor machines by HCFC, HFC and water-ammonia mixture.

Key words: refrigeration machines, heat pumps, mixtures of substances, thermodynamical analysis, thermodynamical properties, thermodynamical cycles.

Diassana Bagnan