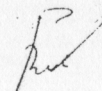


Авторефер.
В-19

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ

Василів Олег Богданович



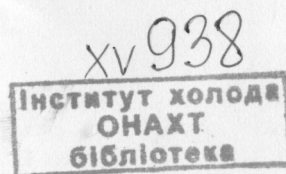
УДК 621.575.932: 621.565.92

**ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ АПАРАТІВ РІЗНОГО
ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З АБСОРБЦІЙНО -
ДИFUЗІЙНИМИ ХОЛОДИЛЬНИМИ МАШИНАМИ**

Спеціальність 05.04. 03 - холодильна і криогенна техніка,
системи кондиціювання

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук



Одеса – 1998

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеській державній академії харчових технологій, Міністерство Освіти України.

Науковий керівник - кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Тітлов О.С., Одеська державна академія харчових технологій, доцент

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор, Чепурненко В.П., Одеська державна академія холоду, проректор по навчальній роботі

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Гліксон А.Л., "Інститут нових технологій", м. Одеса, зам. директора по науковій роботі

Провідна організація - Одеська державна морська академія, кафедра автоматизації суднових паросилових установок, Міністерство Освіти України.

Захист відбудеться 30 червня 1998 р. о 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої ради Д. 05.20. 01 при Одеській державній академії холоду (ОДАХ) за адресою: 270100, Україна, м. Одеса, вул. Дворянська, 1/3 – зал засідань Вченої ради.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотечі ОДАХ за адресою 270100, Україна, м. Одеса, вул. Дворянська, 1/3

Розісланий 29 Травня 1998 р.

Нікульшин Р. К.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність дослідження. Комплекс науково-технічних, а в першу чергу, економічних проблем, пов'язаних з переходом холодильної техніки на озонобезпечні фреони, розв'язати не під силу сьогодні більшості країн світу, в тому числі Україні і всім країнам СНД. Ситуація ускладнюється тим, що згідно з Монреальським протоколом, прийнятим до виконання всім світовим співтовариством, з 1996 року заборонено на виробництво найбільш поширеного озоноруйнівного холодоагенту R12. В Україні практично всі, які знаходяться в експлуатації, компресійні моделі побутової холодильної техніки, що складають біля 90% від загального числа, використовують його як робоче тіло. В останній час моделі на озонобезпечному R134a почали вироблятися АТ «NORD» (м. Донецьк), хоча вартість нової продукції, наближається до світової і недоступна для основної маси населення.

Умови, які склалися, змушують розробників побутової холодильної техніки звертати увагу на абсорбційно-дифузійні холодильні машини (АДХМ), що можуть бути одним з альтернативних варіантів переходу на озонобезпечні холодоагенти. Їхнє робоче тіло - водоаміачний розчин з добавкою інертного газу (водень, гелій), екологічно абсолютно безпечний. Воно не руйнує озоновий шар Землі і не сприяє утворенню «парникового» ефекту.

Абсорбційні моделі в 1,3... 1,5 рази дешевше, мають більш тривалий ресурс і надійніші, ніж компресійні. За рахунок відсутності в їхніх конструкціях компресора. При цьому абсорбційні холодильники абсолютно безшумні і можуть використати при експлуатації як електричні, в тому числі низької якості (діапазон напруги в мережі змінного струму від 170 до 250 В), так і неелектричні (природний газ, біогаз, дизельне паливо і т. д.) джерела енергії.

Для споживача основний критерій в оцінці і виборі побутового холодильного апарата є його вартість. Сьогодні, коли вартість енергоносіїв наближається до світової, споживач починає враховувати сумарну вартість, куди входить не тільки базова (початкова) вартість, але й вартість експлуатації холодильного апарата.

Разом з тим існуючі абсорбційні апарати мають нижчу, порівняно з компресійними, енергетичну ефективність, що істотно обмежує їхню область застосування. В значній мірі такий стан зумовлений не скільки більш низькою, в порівнянні з компресійними моделями, термодинамічною ефективністю, стільки недостатньою науковою і інженерною пробкою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася в рамках Державної науково-технічної програми Міністерства машинобудування, військово-промислового комплексу і конверсії України «Совершенствование и развитие производства бытовой холодильной техники» (Розділ 6.) і Державної науково-технічної програми

Держкомітету України з питань науки і технології (п. 5.51. 3. «Методи і засоби практичної реалізації пріоритетних напрямлений енергозбереження в економіці України») і Координаційного плану Міністерства Освіти України і 51 «Наукові основи створення нових енерго- і ресурсозберігаючих технологій, машин і апаратів для харчової промисловості (ГР. №01. 97. U016061), а також у відповідності з планами бюджетної (ГР № 0195U 003455) і госпдогвірних (№№ 50/93; 42/94; 42/94-ДС; 24/95) НДР Одеської державної академії харчових технологій.

Мета цієї роботи є оптимізація побутових апаратів з АДХМ різного функціонального призначення з мінімальною сумарною вартістю.

Наукову новизну становлять такі результати:

- термодинамічна модель циклів АДХМ різного функціонального призначення;
- математична модель режимів роботи дефлегматора АДХМ;
- алгоритм оптимізації абсорбційних холодильних апаратів з мінімальною сумарною вартістю;
- результати експериментальних досліджень апаратів з АДХМ різного функціонального призначення в широкому діапазоні режимних параметрів;
- інженерна методика розрахунку апаратів з АДХМ різного функціонального призначення;
- методика розрахунку екологічних характеристик побутових компресійних і абсорбційних холодильних апаратів, працюючих на різних енергоносіях.

В роботі захищаються наступні **наукові положення**:

1. Спільне врахування особливостей нестационарних режимів роботи теплоізолюваних конструкцій та АДХМ дозволяє знизити сумарну вартість холодильного апарату.

2. Максимальна енергетична ефективність абсорбційного холодильного апарату досягається при постійному двокаскадному теплопідводі до термосифону, з зміною абсолютних величин теплових навантажень в залежності від температури навколишнього середовища.

Практична цінність досліджень полягає в такому:

1. Розроблена інженерна розрахунку використовується при конструюванні нових моделей побутових апаратів з АДХМ на ВЗХ.

2. Запропоновані принципи зниження енергоспоживання побутових апаратів з АДХМ в широкому діапазоні температур навколишнього середовища використовуються на ВЗХ при розробці електронних систем регулювання.

Особистий внесок пошукача. У роботах, надрукованих в співавторстві, дисертанту належать окремі теоретичні розробки, постановка і виконання експерименту, науковий аналіз результатів досліджень, формулювання висновків і пропозицій.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи

доповідалися на щорічних наукових конференціях професорсько-викладацького складу і наукових співробітників ОДАХТ протягом 1995-1998 рр.. на конференції «Управління ефективністю енерговикористання» (Одеса, червень 1995), на обласній науково-технічній конференції «Рациональне енерговикористання і економія паливно-енергетичних ресурсів (Одеса, червень 1996 р.), на науково-методичній конференції «Людина і навколишнє середовище: проблеми безперервної екологічної освіти в вузі» (Одеса, вересень 1996 р.), на міжнародній конференції «Екология и продукты питания (Одеса, жовтень 1995 р.), на міжнародній науково-технічній конференції «Холод и пищевые производства», (Санкт-Петербург, жовтень 1996 р.), обласній науково-технічній конференції «Пути повышения эффективности переработки и хранения сельскохозяйственной продукции» (Одеса, листопад 1996 р.), на обласній науково-практичній конференції «Решения проблем рационального использования топливно-энергетических ресурсов, экономики и экологии» (Одеса, липень 1997 г.), на міжнародних науково-практичних конференціях «Перспективные направления развития экологии, экономики, энергетики» (Одеса, листопад 1997 і березень 1998).

Публікації. Основний зміст дисертації викладено в 7 статтях опублікованих у наукових журналах та 5 статтях у збірниках наукових праць і в 2 депонованих рукописах.

Структура і об'єм роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, бібліографії і 7 додатків. Основний зміст викладено на 228 сторінках машинописного тексту, містить 53 рисунки на 51 сторінці, 8 таблиць на 7 сторінках, додатків на 33 сторінках, список літератури зі 158 найменувань.

Сучасний рівень розробок і поставлення задач дослідження

Проведений аналіз сучасного стану розробок і виробництва побутових абсорбційних холодильних апаратів різного функціонального призначення показав, що основні зусилля розробників направлені на підвищення енергетичної ефективності апаратів з АДХМ. Для систематизації відомих та пошуку нових напрямків досліджень була запропонована класифікація апаратів з АДХМ за функціональним призначенням, конструктивним виконанням і температурним режимом.

Апарати з АДХМ були поділені на традиційні – тільки холодильної дії та суміщеної дії, що забезпечують в одному апараті як холодильне зберігання, так і теплову обробку харчових продуктів, напівфабрикатів і сировини, за рахунок утилізації непридатного тепла холодильного циклу.

В класифікаційні схеми вперше були включені «комбіновані» конструкції камер, які включають в себе як елементи «шафи», так і «скрині».

Проведений огляд сучасного стану засобів розрахунку термодинамічних

параметрів і теплофізичних властивостей робочого тіла, процесів тепломасообміну в елементах АДХМ і оптимальної товщини теплоізоляції.

На підставі аналізу задач практичного застосування, класифікаційних схем і сучасного стану методів розрахунку апаратів з АДХМ були обгрунтовані задачі досліджень.

Засоби розрахунку оптимальних вартісних параметрів апаратів з АДХМ

На першому етапі була розроблена методика термодинамічного розрахунку, відмінною особливістю якої є: а) представлення магістралей, які зв'язують елементи АДХМ, у вигляді окремих теплообмінників, що дозволяє оцінити теплові втрати на транспортних ділянках; б) виділення на дефлегматорі зони, температурний потенціал якої може забезпечити режими додаткової НК на рівні 70 °С; в) використання в схемі генераторного вузла з барботажним ректифікатором.

Вхідними даними є: а) склад інертного газу (водень, гелій або їхня суміш); б) рухомі перепади парціальних тиску у випарникові й абсорбері АДХМ $\Delta P_{\min}$, $\Delta P_{\max}$; в) температури: 1) нижча $v_{\min}$ і вища $v_{\max}$ випаровування; 2) навколишнього середовища $t_{o.c.}$; 3) потоків у ректифікаторі; 4) перепади температур у характерних точках циклу між потоками і навколишнім середовищем.

Повний тиск в системі визначається з урахуванням величини температурного напору між конденсатором і навколишнім середовищем. Далі розрахунок проводиться поелементно, при цьому вихідні параметри попереднього елемента є вхідними для наступного. Розглядається конструкція трипоточного випарника, до виходу якої надходять потоки ПГС і рідкого аміаку з $v = \Theta = t_{o.c.}$, а режим випаровування прямоточний.

Розрахунок проводиться для 1 кг аміаку, що випаровується при цьому визначається питома кількість (на 1 кг аміаку), що циркулює (баластних) пари аміаку та інертного газу ПГС:

$$M_X = \frac{B}{A - B}, M_G = M_X A, A = \frac{1 - \xi_{x(\min)}}{\xi_{x(\min)}}, B = \frac{1 - \xi_{x(\max)}}{\xi_{x(\max)}},$$

а також слабкого ВАР і флегми.

На основі теплового і матеріального балансу визначаються питомі теплові навантаження випарника (q_0), термосифона (Q_{TC}), абсорбера (q_A), конденсатора (q_K), дефлегматора (q_D), РТО (q_{LH}) і проміжних теплообмінників ($q_{H1} \dots q_{H5}, q_{CH}$). При складанні рівняння теплового балансу АДХМ тепловими втратами з ректифікатора нехтують ($q_R=0$), а підйомний дефлегматор поділяється на дві ділянки, одна з яких – високотемпературна зв'язана у тепловому відношенні

з додатковою НК.

Енергетична ефективність традиційних холодильних апаратів оцінюється як: $\eta' = q_0/q_{TC}$, апаратів з додаткової НК, як $\eta'' = (q_0 + q_{D2})/q_{TC}$.

В зв'язку з великим числом параметрів (22), які визначають ефективність циклу АДХМ, аналіз їхнього впливу був проведений на модельному – "ідеальному" циклі, де були відсутні: а) температурні перепади між елементами АДХМ і навколишнім середовищем і між потоками в теплообмінних елементах; б) теплові втрати в навколишнє середовище з ЖТО і транспортних магістралей; в) рухомі перепади в процесах випаровування і абсорбції.

У такому циклі має місце рівність температур ректифікатора (T'_R), виходу (T'_T) і входу (T'_T) термосифона і слабкого ($T_{LH(w)}$) ВАР. Температура міцного ВАР на вході рідинного теплообмінника визначається з умови його теплового балансу ЖТО, а на вході в термосифон – з рівняння теплового балансу ректифікатора з допущенням про рівність температур парової суміші на виході ректифікатора $t'_{G(f)}$ і $T_{G(f)}$. В такому «ідеальному» циклі АДХМ теплові втрати мають місце тільки при дефлегмації парового потоку і підігріві міцного ВАР до температури насичення.

Вхідними даними тут є: ξ_{He} ; $v_{\min}$ ($v_{\max}$); ($t_{o.c.}$).

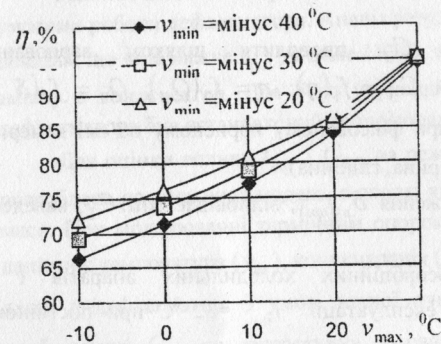
Аналіз результатів розрахунку «ідеального» циклу показав, що склад інертного газу не впливає на енергетичну ефективність циклу АДХМ. Перехід від водню ($\xi_{H2}=0$) до гелію ($\xi_{He}=1$) призводить лише до зростання кількості інертного газу, що циркулює (M_G) в 2 рази, що зв'язано з відмінністю молекулярних мас гелію і ускладнює роботу контуру природної циркуляції.

Найбільший вплив на величину η виявляє $v_{\max}$ (рис. 1).

Рис. 1. Вплив максимальної температури випаровування на енергетичну ефективність «ідеального» циклу АДХМ

При збільшенні $v_{\max}$ від мінус 10 до 30 °С зростання η складає 40-42%. Зміна $v_{\min}$ від мінус 40 °С до мінус 20 °С при $v_{\max} = \text{const}$ практично не впливає на η ($\Delta \approx 1\%$).

При прагненні параметрів якого-або циклу АДХМ до "ідеального" буде



мати зростання величини η , що визначає зниження енергетичних і вартісних витрат при експлуатації холодильного апарату.

Разом з тим перехід до "ідеального" циклу можливий тільки при прямуванні рухомих напорів до нуля, що призводить до зростання масогабаритних параметрів елементів АДХМ. Обмежувальними чинниками при цьому є габарити, маса і сумарна вартість холодильного апарату (C_3), включаючи базову (початкову) вартість АДХМ ($C_{АДХМ}$), камери і експлуатації в встановлений період (C_3). При пошуку оптимуму (мінімуму) C_3 необхідно враховувати, що:

а) величина C_3 напряму зв'язана, як з величиною холодопродуктивності Q_0 , так і з енергетичною ефективністю роботи АДХМ (η) т. Е. При $\eta = \text{const}$, зростання Q_0 викликає зростання C_3 , а при $Q_0 = \text{const}$, зростання η знижує C_3 ;

б) при $\eta = \text{const}$ величина Q_0 буде знижуватися при збільшенні товщини теплоізоляції ($\delta_{из}$) камери до критичного значення ($\delta_{из(кр)}$);

в) збільшення $\delta_{из}$ призводить до зростання величини C_K .

При розрахунку теплоприпливів в камери апаратів з АДХМ різного функціонального призначення було враховано специфіку сучасних конструкцій: а) розташування випарника в задній стінці камери; б) наявність додаткових теплоприпливів від теплорозсіюючих елементів; в) встановлення цілісного алюмінієвого короба в НТВ для перехоплення теплоприпливів; г) тепловий вплив з сусідніми камерами.

Запропоновано оптимізацію C_3 проводити шляхом варіювання величини $\delta_{из}$ на основі залежностей $C_3 = f_1(\eta)$; $\eta = f_2(Q_0)$, $Q_0 = f_4(\delta_{из})$; $C_K = f_1(\delta_{из})$; $C_{АДХМ} = f_5(\delta_{из})$, при фіксованому корисному об'ємі камери і двох її геометричних параметрах (ширина, глибина).

Графічна інтерпретація знаходження $\delta_{из(опт)}$, відповідає $\min C_3$, наведена на рис. 2.

Специфіка проектування абсорбційних холодильних апаратів є в забезпеченні в "жорстких" умовах експлуатації $t_{о.с.} = 32^\circ\text{C}$ при постійному режимі роботи (КРВ=1).

Очевидно, що при зменшенні $t_{о.с.}$ всі елементи апарата, за виключенням дефлегматора, мають можливість роботи в більш сприятливих умовах, тобто з «запасом».

Для чисельної оцінки таких додаткових можливостей було проведене моделювання нестационарних температурних режимів теплоізоляційних камер абсорбційних апаратів, що мають місце при $t_{о.с.} < 32^\circ\text{C}$.

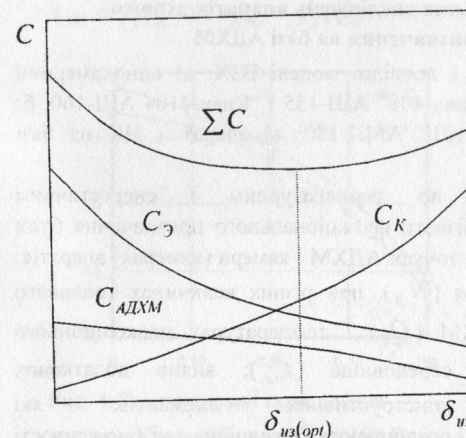


Рис. 2 Спосіб визначення оптимальної товщини ізоляції за вартісними характеристикам

В основі математичного описання використовувався чисельний засіб кінцевих різниць. Для розв'язання системи з п-алгебраїчних рівнянь використовувався матричний спосіб (неявний спосіб). Теплостоком в НТО і НК є внутрішній алюмінієвий корпус, зв'язаний в тепловому відношенні відповідно з випарником АДХМ, конденсатором ДФТС, а в ХК – ребриста панель.

Вхідними даними є: а) геометричні характеристики камер і теплофізичні властивості матеріалів; б) температури навколишньої середовища і камер; г)

КРВ АДХМ.

Моделювання проводилося як в пускових періодах, так і при циклічному режимі роботи.

Режими подачі аміаку в випарник і непридатного тепла в НК визначаються умовами роботи дефлегматора. Аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що чим нижче $t_{о.с.}$, а отже і КРВ, тим більші втрати при транспортуванні аміаку в конденсатор. Для його усунення по всій довжині підйомної ділянки дефлегматора був встановлений теплоізоляційний кожух.

Для оцінки впливу $t_{о.с.}$ і $Q_{ТС}$ на режими роботи такого дефлегматора була розроблена математична модель, в основі якої лежать рівняння збереження тепла і маси. При моделюванні термічним опором і теплоємністю нехтували. Вхідними даними є температура (v_{ax}), концентрація (ξ_{ax}'') і розхід (G_{ax}) парового потоку на вході в дефлегматор. З умов повної очистки аміаку ($\xi_{вых}''=1$) і забезпечення необхідного $G_{вых}$ в «жорстких» умовах ($t_{о.с.}=32^\circ\text{C}$) визначалася товщина теплоізоляційного кожуха дефлегматора ($\delta_{ном}$). При $t_{о.с.} < 32^\circ\text{C}$ визначалися залежності $Q_{вых} = f(t_{о.с.})$ при $\xi_{вых}''=1$, а також величини $Q_{ТС(\min)} = f(t_{о.с.})$ при яких на всій підйомній ділянці дефлегматора підтримувалася температура насичення аміаку.

Результати експериментальних досліджень апаратів різного функціонального призначення на базі АДХМ

Об'єкти дослідження – серійні і дослідні моделі ВЗХ: а) однокамерний холодильник з НТО (**) типу “Кристалл-408” АШ-155 і “Киев-410» АШ-160; б) абсорбційний морозильник “Стugna-101” АМЛ-180; в) апарат з НК на базі “Кристалл-408» АШ-155.

Для отримання інформації по температурним і енергетичним характеристикам апаратів з АДХМ різного функціонального призначення були визначені: температури в характерних точках АДХМ і камери (камерах) апаратів; величини добового енергоспоживання (N_3), при різних величинах теплового навантаження на термосифоні АДХМ (Q_T) і температурах навколишнього

середовища ($t_{o.c.}$); вплив додаткових конструктивних елементів, які розширюють функціональні можливості (НК з системою теплопідводу на базі ДФТС), чи дозволяють підвищити енергетичну ефективність (теплоізоляційне покриття на всій довжині дефлегматора), також різних способів підведення теплового навантаження до термосифону.

З метою перевірки висловлених раніше припущень про доцільність встановлення теплоізоляції на всій довжині дефлегматора АДХМ (до початку конденсатора), на першому етапі були проведені порівняльні експериментальні дослідження серійних і конструкцій модернізованих апаратів (рис. 3).

В модернізованій конструкції на повітряній ділянці був встановлений теплоізоляційний кожух, виготовлений з мінеральної вати. Еквівалентний діаметр

кожуха відповідав критичному діаметру ізоляції при роботі АДХМ в «жорстких» умовах і склав 0.070... 0.075 м.

Аналіз наведених залежностей показує, що застосування теплоізоляційного кожуха призвело до зниження рівня температур, як в ХК так і в НТО (на 2... 5 °С) в діапазоні $Q_T = 30... 90$ Вт, а при $90 < Q_T \leq 110$ Вт мала місце зворотна ситуація, а в діапазоні $Q_T = 70... 90$ Вт мав місце екстремум (мінімум функції)

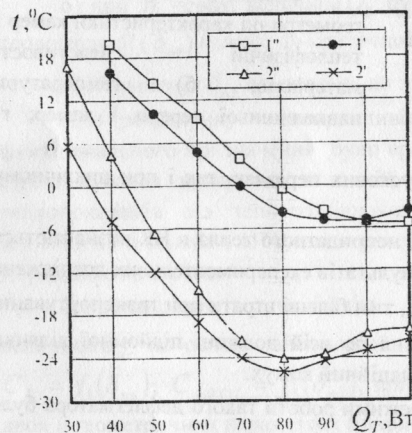


Рис. 3. Вплив величини теплового навантаження на температуру в НТВ і холодильній камері (модель «Кристалл-408») 1', 1'' - ХК, 2', 2'' - НТО. 1', 2' - модернізована модель, 1'', 2'' - серійна модель

В модернізованій конструкції на повітряній ділянці був встановлений теплоізоляційний кожух, виготовлений з мінеральної вати. Еквівалентний діаметр

$$t_{\text{ЛК}} = f_1(Q_T) \text{ і } t_{\text{НТО}} = f_2(Q_T).$$

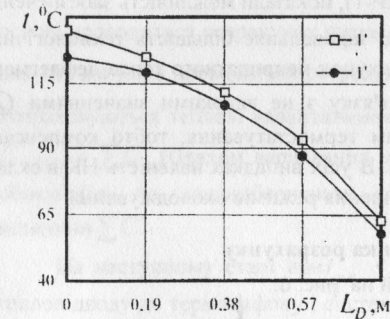


Рис. 4. Температурні поля дефлегматора «Киев-410» при $Q_{TC}=100$ Вт і різних температурах навколишнього середовища $t_{o.c.}$: 1' - 25 °С; 1'' - 32 °С ($t_{\text{НТО}} \leq \text{мінус } 12^\circ\text{C}$, $t_{\text{ЛК}} \leq 5^\circ\text{C}$).

В дослідженнях мінімальне енергоспоживання мало місце при постійному режимі теплопідводу з зміною його величини від $Q_{TC(\text{min})}$, що відповідає «очікуваному» режиму, до $Q_{TC(\text{max})}$ - режиму охолодження, при цьому величина $Q_{TC(\text{min})}=40$ Вт була визначена при математичному моделюванні режимів роботи дефлегматора.

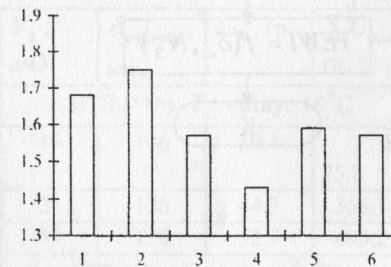


Рис. 5. Енергетичні характеристики «Київ-410» при різних способах подачі теплового навантаження на термосифон: 1 - «70»; 2 - «110-0» (серійний); 3 - «110-40»; 4 - «70-40»; 5 - «130-70-0»; 6 - «110-70-0».

Наявність мінімуму зв'язана з зростанням вмісту води в прововому потоці на вході в конденсатор (рис. 4), з наступним зниженням Q_0 , $t_{\text{НТО}}$. Аналогічні результати отримані для моделей «Кристал-408» і «Стugna-101».

Для вивчення режимів роботи абсорбційних апаратів в широкому діапазоні температур навколишнього середовища були проведені дослідження при змінних величинах теплопідводу (рис.5).

У всіх випадках підтримували температуру на вході в конденсатор не вище від температури насичення аміаку при робочому тиску: при цьому додержувалися вимоги ДГСТ

Режим постійного теплового навантаження дозволяє знизити теплову потужність генераторного вузла і позбутися додаткових енерговитрат, зв'язаних з виштовхуванням інертного газу в пусковий період з дефлегматора. Його реалізація дозволила знизити N_3 серійних моделей ВЗХ від 12 % до 21 % і при цьому перевести модель «Киев-410» з класу (**) в клас (***).

При дослідженні апаратів з НК повітряного і рідинного типу тепловий зв'язок дефлегматора АДХМ і НК об'ємом 35 дм³ здійснювався за допомогою двофазного термосифона.

Дослідження проводилися як в стаціонарному ($t_{o.c.} = 32^\circ\text{C}$, $KPB=1$), так і в нестационарному режимах ($t_{o.c.} < 32^\circ\text{C}$, $KPB < 1$), показали можливість забезпечення теплових режимів НК на рівні 70°C , що задовольняє більшість технологічних процесів термічної обробки в побуті, за рахунок непридатного тепла дефлегмації (Q_D). В апаратах з рідинними НК, в зв'язку з не високими значеннями $Q_D = 20 \dots 25$ Вт, найбільш прийнятний режим термостатування, тобто компенсації теплових втрат в навколишнє середовище. В усіх випадках наявність НК в складі холодильної шафи не призводила до погіршення режимів охолодження.

Інженерна методика розрахунку

Алгоритм розрахунку представлений на рис. 6.

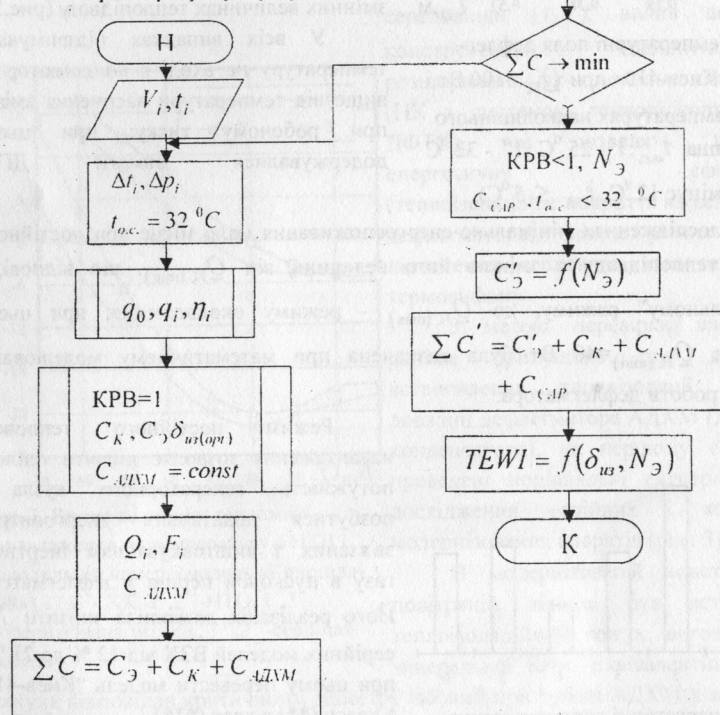


Рис. 6. Алгоритм розрахунку оптимальних параметрів абсорбційного холодильного апарату

Основними вхідними даними при розрахунку абсорбційних апаратів є величина корисного об'єму V_i і рівень температур охолодження t_i . Для

«жорстких» умов експлуатації задаються на основі експериментальних досліджень температурні і рухомі перепади Δt_i і Δp_i в циклі АДХМ, а на їхній основі проводиться розрахунок питомих теплових навантажень (q_0, q_i) і η . Далі, для тих же умов проводиться розрахунок $\delta_{w(opt)}$ без врахування вартості АДХМ. Розраховуються теплові навантаження (Q_i), геометричні параметри АДХМ (F_i), C_{AZVM} і ΣC . Шляхом варіювання вхідних параметрів $\Delta t_i, \Delta p_i$ і з урахуванням обмеження по масогабаритним характеристикам проводиться мінімізація величини ΣC .

На наступному етапі при $t_{o.c.} < 32^\circ\text{C}$ і $KPB < 1$ проводиться вибір способу теплопідводу до термосифону і системи автоматичного регулювання. Оцінюються величина N_3 , по якій і визначається C'_3 при $t_{o.c.} = 25^\circ\text{C}$. На останніх етапах визначається кінцева величина сумарної вартості $\Sigma C'$, що і представляє інтерес для споживачів.

На завершення проводиться розрахунок техногенного впливу оптимальних конструкцій апаратів з АДХМ на навколишнє середовище.

Інженерна методика дозволяє отримати оптимальні ($C_\Sigma \rightarrow \min$) геометричні розміри камер холодильних апаратів. Результати розрахунків для найбільш широко розповсюджених на практиці параметричних рядів подані в таблиці.

Таблиця
Оптимальні геометричні і вартісні характеристики параметричних рядів камер абсорбційних апаратів

V_K , дм ³	$\delta_{w(opt)}$, мм	C_K , гр	ΣC_{opt} , гр	V , дм ³	$\delta_{w(opt)}$, мм	C_K , гр	ΣC_{opt} , гр
НТВ (***) - $T_K = \text{мінус } 18^\circ\text{C}$				«Нульова» камера - $T_K = 0^\circ\text{C}$			
15	146	39.4	2	50	121	45.4	260.9
			75.8				
25	136	44.7	356.1	100	111	79.6	599.6
40	128	52.7	495.2	200	106	130.0	1416.9
НТВ (**) - $T_K = \text{мінус } 12^\circ\text{C}$				Холодильна камера - $T_K = 5^\circ\text{C}$			
15	143	38.3	242.6	100	101	70.5	421.8
25	134	43.7	304.7	150	99	93.8	577.4
40	127	52.1	412.4	210	97	120.5	791.1

При розрахунку були використані ціни на матеріали і електричну енергію в І кварталі 1998 року. Матеріал теплоізоляції пінополіуретан.

В таблиці були використані оптимальні величини товщини ізоляції бокових

стінок, які межують з навколишнім середовищем.

Аналіз результатів, наведених в таблиці, показує, що розрахункові оптимальні величини товщин теплоізоляції значно перевищують існуючі. Так, в ХК оптимальна товщина теплоізоляції більше в 2 рази, а в НТВ – 1.3 рази. Отримані результати відповідають тенденції збільшення товщини теплоізоляції в холодильних апаратах ведучих фірм Європи.

Вибір об'єму НК здійснювався за допомогою номограм і проводиться з урахуванням типу теплоізоляції і наявної величини Q_D (рис. 7).

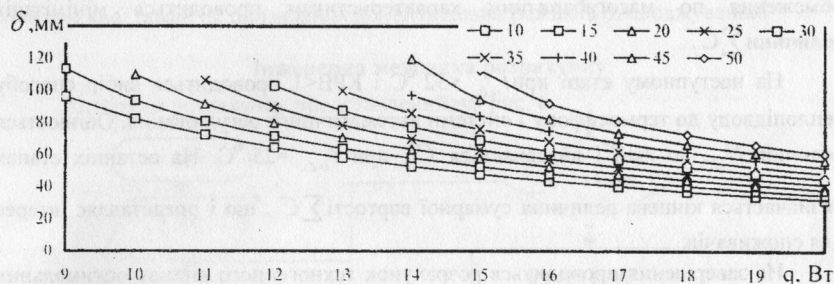


Рис. 7. Залежність для визначення товщини ізоляції нагрівальних камер абсорбційного апарата (матеріал ізоляції - пінополіуретан)

N_p , шт

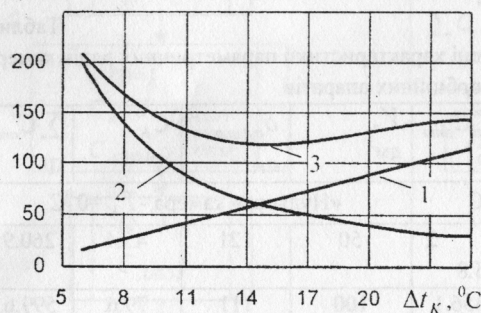


Рис. 8. Співвідношення між числом ребер повітряного конденсатора АДХМ і температурним напором

1 - «чистий» конденсатор пари аміаку; 2 - «переохолоджувач» рідкого аміаку; 3 - сумарне число ребер

Геометричні параметри конденсатора при $Q_K = \text{const}$ визначаються шляхом знаходження величини температурного напору ($\Delta t_K = t_K - t_{oc}$), при якому число ребер (довжина) мінімальна (рис. 8).

Показано задовільне сходження результатів математичного моделювання і реальних температурних полів дефлегматора, що дозволяє визначити оптимальні режими теплопідводу в широкому діапазоні t_{oc} .

Порівняльний аналіз вартісних і екологічних параметрів апаратів побутової холодильної техніки

Один з способів оцінки техногенного впливу енергетичного обладнання на навколишнє середовище є критерій TEWI:

$$TEWI = [(GWP)_x L] + [(GWP)_x m_1 (1 - \alpha_R)] + [(GWP)_H m_2] + nE\beta$$

де $(GWP)_x$ - параметри холодоагенту - робочого тіла; $(GWP)_H$ - параметри холодоагенту - вспінювача; L - маса витoku холодоагенту при експлуатації, кг; n - встановлений термін експлуатації (для побутової холодильної техніки - 10 років); m_1 , m_2 - маса холодоагенту, а також, робочого тіла і вспінювача, кг; α_R - коефіцієнт повернення холодильного обладнання, що використовувалося (в країнах ЕЭС складає 0.75, в країнах СНД дорівнює нулю); E - величина річного енергоспоживання при експлуатації, кВтг/рік; β - маса CO_2 , що виділяється при виробництві 1 кВтг електроенергії на електростанціях, $kgCO_2/kWh$.

Порівняльний аналіз абсорбційних і компресійних систем проведений для сучасних моделей світового рівня, які становлять різноманітні типи побутового холодильного обладнання: а) однокамерний з НТВ (**); б) двокамерні з МК (***)

в) морозильні камери (***). Розрахунок проведений для умов експлуатації в Україні та в ЄЕС (приклад Німеччини). При проведенні аналізу припускалося, що: а) як вспінювач всіх моделей, а також робоче тіло компресійних систем є R134a; б) абсорбційні холодильні системи можуть використовувати як електричні, так і неелектричні (шляхом прямого використання теплоти згорання органічного палива) джерела енергії (природний газ, пропан-бутан, дизельне паливо).

В розрахунках використовувалися приведені до 1 dm^3 корисного об'єму величина добового електроспоживання і видаток органічного палива.

Аналіз одержаних результатів дозволив зробити такі висновки:

а) розроблені моделі істотно перевищують як за вартістю (в середньому - на 35 %), так і за екологічними (в середньому - на 37 %) експлуатаційними характеристиками кращі зарубіжні моделі й вітчизняні аналоги абсорбційного холодильного обладнання;

б) в умовах, що склалися в Україні, експлуатація нових моделей на органічному паливі чинитиме такий самий або менший, у порівнянні з компресійними, техногенний вплив на навколишнє середовище. при цьому в країнах ЄЕС ситуація аналогічна.

в) вартість експлуатації нових моделей, працюючих на природному газі, у порівнянні з компресійними, в Україні і країнах ЄЕС істотно (в середньому на 62%) нижче;

г) у країнах ЄЕС економічно вигідна, у порівнянні з компресійними, експлуатація нових моделей абсорбційних холодильників типу (**), об'ємом до 155 дм³, на органічному паливі.

Висновки

1. При створенні побутових абсорбційних холодильних апаратів з мінімальною сумарною вартістю необхідно проводити спільну оптимізацію її складових - вартості камери, холодильної машини й експлуатації і при цьому враховувати особливості роботи як камери, так і АДХМ в нестаціонарних режимах.

2. Конструювання енергозберігаючих побутових абсорбційних холодильних апаратів повинно проводитися як з урахуванням можливості використання непридатного тепла холодильного циклу для функціонування додаткової нагрівальної камери, так і відповідного корегування режиму енергоспоживання при зміні температури навколишнього середовища.

3. Тепловий режим додаткової нагрівальної камери на рівні температур 70 °С може бути забезпечений за рахунок утилізації непридатного тепла дефлегмації без надання несприятливого впливу на режими охолодження.

4. У зв'язку з відсутністю експлуатаційної вартості нагрівальної камери при її розробці зважають на:

а) наявність певного типу теплової ізоляції та на її вартість;

б) величина корисного обсягу НК;

в) ергономічні характеристики - співвідношення між довжиною, шириною і висотою.

5. Для підвищення холодопродуктивності АДХМ, через зниження втрат аміаку на підйомній ділянці дефлегматора ця ділянка повинна бути повністю закрита теплоізоляційним кожухом, причому термічний опір такого кожуха має забезпечувати повну очистку парового потоку аміаку в «жорстких» умовах експлуатації ($t_{a.c.} = 32^{\circ}\text{C}$) і підтримання необхідного режиму охолодження.

6. Мінімальне енергоспоживання в абсорбційних холодильниках з повністю теплоізолюваним дефлегматором досягається при постійному тепlopідводі до термосифону АДХМ з переходом з більшого на менше теплове навантаження при досягненні порогової величини температури виходу дефлегматора. і на більше - при необхідності збільшення холодопродуктивності.

7. В умовах, що склалися, експлуатація енергозберігаючих абсорбційних холодильників буде виявляти рівний з компресійними моделями аналогічного класу техногенний вплив на навколишнє середовище.

8. Максимальну енергетичну ефективність мають абсорбційні холодильні апарати з широким діапазоном температур зберігання від мінус 18 °С до 12 °С, тобто, двох-трьох-чотирьохкамерні моделі.

9. Склад інертного газу не впливає на величину енергетичної ефективності циклу АДХМ.

Умовні позначення

ВАР – водоаміачний розчин; ДФТС – двофазний термосифон; РТО – рідинний теплообмінник; НК – нагрівальна камера; НТВ – низькотемпературне відділення; ПГС – парогазова суміш; ХК – холодильна камера; ODP – потенціал руйнування озонового шару; GWP – потенціал глобального потепління; TEWI – повний еквівалент глобального потепління; температура: $t_{o.c.}$ - навколишнього середовища, v - рідкого аміаку, Θ - парогазової суміші; ξ - концентрація; x – відноситься до аміаку; Γ – відноситься до газу; He (H_2) – відноситься до гелію (водню) – min (max) – відноситься до мінімального (максимального) параметру; (**), (***) – відноситься до НТВ з температурою не вище, відповідно, мінус 12 °С, та мінус 12 °С.

Список опублікованих праць

1. Василів О.Б. Оптимізація режимів роботи побутових абсорбційних холодильних апаратів різного функціонального призначення // Наукові праці Одес. держ. акад. харч. технологій. / М-во освіти України. Вип.1 -Одеса, 1998. -Вип. 18, С. 174-179.

2. Тітлов О.С., Завертаний В.В., Василів О.Б. Побутові холодильники для фермерських та селянських господарств // Техніка АПК. -1995. -N 4. -С.31-32.

3. Титлов А.С., Васылив О.Б. Разработка нового типа бытовых аппаратов // Холод. дело. -1997. -N 3. -С. 21.

4. Титлов А.С., Васылив О.Б. Разработка параметрических рядов низкотемпературных камер различного функционального назначения на базе АДХМ /Хранение и перераб. сельхоз. сырья. -1997. -N 5. -С. 39-40.

5. Тітлов О.С., Василів О.Б., Тюхай Д.С. Нові апарати для первинної термічної переробки та зберігання харчових продуктів // Техніка АПК. -1998. -№1. -С.14.

6. Титлов А.С., Рыбников М.В., Завертаний В.В., Васылив О.Б. Использование тепловых труб и термосифонов в абсорбционных холодильниках // Холод. техника. -1998. -N2. С. 12-13.

7. Титлов А.С., Васылив О.Б., Тюхай Д.С. Новые конструкции аппаратов для фермерских и крестьянских хозяйств // Аграрная наука. -1998. -N 2. -С. 24.

8. Титлов А.С., Васылив О.Б. Новые модели низкотемпературных камер абсорбционного типа. // Холод. дело. -1997. -N 5. -С. 30.

9. Титлов А.С., Васылив О.Б. Методика расчета и оптимизации термодинамических параметров холодильного цикла АДХМ / Одес. гос. акад. пищ. технологий. -Одесса. 1996. -14 с.: -Деп в ГНТБ Украины 27.03.1996., №786.

10. Титлов А.С., Васылив О.Б., Завертаний В.В. Математическая модель температурных полей абсорбционного холодильного аппарата /Одес. гос. акад. пищ. технологий. -Одесса. 1996. -14 с.: -Деп в ГНТБ Украины 27.03.1996., №785.

11. Титлов А.С., Васылив О.Б., Тюхай Д.С., Мазур А.В. Экспериментальные

исследования абсорбционных холодильных аппаратов различного функционального назначения //Сб. науч. статей "Перспективные направления развития экологии, экономики и энергетики." -Одесса: АОЗТ ИРЕНТТ, 1997. -С. 272-277.

12. Васылив О.Б. Методика оптимизации стоимостных параметров бытовых абсорбционных холодильных аппаратов /Науч. труды междунар. науч.-практич. конф.«Экология человека и проблемы воспитания молодых ученых».Часть II, - Одесса: Астропринт, 1997.-С. 298-300

13. Титлов А.С., Васылив О.Б., Богук Ю.С. Анализ стоимостных и экологических эксплуатационных характеристик бытовой холодильной техники /Сб. науч. статей "Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов, экономика, экология". -Одесса: АОЗТ ИРЕНТТ, 1997. -С. 10-12.

14. Титлов А.С., Васылив О.Б. Новая концепция расчета циклов безнасосных холодильных машин //Сб. науч. статей "Перспективные направления развития экологии, экономики и энергетики." -Одесса: АОЗТ ИРЕНТТ, 1997. -С. 278-283.

Анотація

Василів О. Б. Оптимізація режимів роботи апаратів різного функціонального призначення з абсорбційно-дифузійними холодильними машинами. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.04. 03 - холодильна і криогенна техніка, системи кондиціонування. - Одеська державна академія холоду, Одеса, 1998.

Дисертація присвячена питанням оптимізації режимів роботи побутових апаратів з абсорбційно-дифузійними холодильними машинами (АДХМ) різного функціонального призначення за мінімальною сумарною вартістю.

У роботі розглядаються питання зниження сумарної вартості апаратів з АДХМ шляхом підвищення енергетичної ефективності холодильного циклу і знаходження оптимальних розмірів теплоізоляційних покриттів камер, а також питання використання непридатного тепла холодильного циклу для розширення функціональних можливостей побутової техніки. Встановлено, що мінімальне енергоспоживання апаратів з АДХМ при різних умовах експлуатації досягається за рахунок зміни режимів теплопідводу до термосифону.

Ключові слова: абсорбційно-дифузійна холодильна машина, абсорбційний холодильний апарат, математичне моделювання, оптимізація, вартість, екологія.

Аннотация

Васылив О.Б. Оптимизация режимов работы аппаратов различного функционального назначения с абсорбционно-диффузионными холодильными машинами. -Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.04.03 - холодильная и криогенная техника, системы кондиционирования. - Одесская государственная академия холода, Одесса, 1998.

Диссертация посвящена вопросам оптимизации режимов работы бытовых аппаратов с абсорбционно-диффузионными холодильными машинами (АДХМ) различного функционального назначения по минимальной суммарной стоимости.

В работе рассматриваются вопросы снижения суммарной стоимости аппаратов с АДХМ путем повышения энергетической эффективности холодильного цикла и нахождения оптимальных размеров теплоизоляционных покрытий камер, а также вопросы использования бросового тепла холодильного цикла для расширения функциональных возможностей бытовой техники. Установлено, что минимальное энергопотребление аппаратов с АДХМ при различных условиях эксплуатации достигается за счет изменения режимов теплоподвода к термосифону.

Ключевые слова: абсорбционно-диффузионная холодильная машина, абсорбционный холодильный аппарат, математическое моделирование, оптимизация, стоимость, экология.

Summary

Vasylyv O.B. Optimization of Work Regimes of Apparatus of Various Functional Application Based on Absorption-Diffusion Refrigerating Machines. -Manuscript.

Thesis for a candidate degree in the technical sciences by specialty 05.04.03 - refrigerating and cryogenic technique, air-conditioning systems. -Odessa State Refrigeration Academy. Odessa, 1998.

Dissertation is devoted to questions connected with optimization of work regimes of home apparatus with absorption-diffusion refrigerating machines (ADRM) of various functional application in minimum summation cost.

The problems of reduction of summation cost of apparatus based on ADRM in the way of increase of energetic efficiency of refrigerating cycle and finding of optimum dimensions of chamber heat insulating coatings are considered as the questions of use of waste heat of refrigerating cycle for widening of functional possibilities of home technique.

It's settled that minimum energy consumption of apparatus based on ADRM in various operation conditions is achieved due to regime change of heat supply to thermosiphon.

Key words: absorption-diffusion refrigerating machine, absorption refrigerating apparatus, mathematical modeling, optimization, cost, ecology.

Подписано к печати 29.05.98 Формат 60x84 1/16 Заказ № 89. Тираж 100 экз.

Производственно-полиграфический отдел ОЦНТЭИ
Украина, 270026, г.Одесса, ул. Ришельевская 28