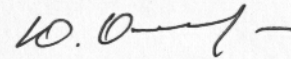


потверд
0-95

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ

ОЧЕРЕТЯНИЙ Юрій Олександрович



УДК 621.575.932:621.565.92

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ
ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ АБСОРБЦІЙНИХ
ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ**

Спеціальність 05.05.14 – Холодильна, вакуумна та
компресорна техніка, системи кондиціювання

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

б) провести математичне моделювання процесів гідродинаміки і теплома-сообміну в елементах АХП в умовах змінної орієнтації в просторі і розробити заходи щодо усунення несприятливої дії;

в) провести експериментальні дослідження АХП в різних умовах експлуатації з метою підтвердження результатів моделювання;

г) вивчити особливості роботи АХП з джерелами теплової енергії різної фізичної природи;

д) розробити нові схеми енергозберігаючих транспортних АХП і сформулювати рекомендації для проектування дослідних і серійних моделей.

Об'єктом дослідження вибрані АХП з об'ємом холодильної камери від 35 до 40 дм³, розміщені на малих морських судах, як найбільшою мірою схильних до дії зовнішніх динамічних дій (качання, трясінню, крену і диферентам).

Предметом дослідження є робочі режими, температурні і енергетичні характеристики, схеми і конструкції транспортних АХП з об'ємом холодильної камери від 35 до 40 дм³.

Методи дослідження:

а) теоретичні – з використанням апарату математичного моделювання, аналітичних і чисельних методів дослідження математичних моделей АХА і їх елементів (моделювання процесів гравітаційного перебігу потоків по малонахилених поверхнях елементів АХА при зовнішньому динамічному впливі качання і процесів теплома-сообміну при конденсації парової водоаміачної суміші на внутрішній поверхні вертикального каналу дефлегматора);

б) експериментальні – при визначенні температурних і енергетичних характеристик досліджених і серійних моделей АХП («Київ» АП-35 і «Київ» АЛ-35) за різних умов експлуатації: в стаціонарному; при трясці на модельному ударному стенді; в умовах експлуатації маломасштабних морських суден, а також з різними джерелами теплової енергії.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

Вперше:

– встановлений діапазон параметрів вітрових хвиль і амплітуди кильового качання судна, при якому забезпечується стабільна робота АХП, зокрема показано, що працездатність сучасних стаціонарних АХП в умовах експлуатації маломірних морських суден зберігається при орієнтації площини елементів АХА по діаметральній площині судна, з визначальним впливом на його роботу подовжнього кильового качання судна при швидкості вітру не більше 3 м/с. При великих збуреннях вітрових хвиль слід розміщувати АХП на спеціальних платформах, що забезпечують стабілізацію конструкції в просторі;

– отримані результати експериментальних досліджень АХП при роботі з різними джерелами теплової енергії (етилловий спирт, гас, зріджений пропан), зокрема в реальних режимах експлуатації на маломірних судах;

– вивчені особливості роботи АХП в умовах ударних навантажень з частотою 10, 20 і 30 ударів в хвилину, а для компенсації їх несприятливих дій розроблена оригінальна конструкція АХА, в якій досягається стабілізація подачі рідкої фази робочого тіла за допомогою перфорованої пластини (у ресивері міцного ВАР) і лабіринтових каналів (у дефлегматорі і конденсаторі);

– показано, що температурний потенціал (220...260 °С) продуктів згорання при каталітичному способі спалювання в палинковому пристрої генератора дозволяє забезпечити достатній динамічний натиск для організації режиму вимушеного охолодження теплорозсіюючих елементів АХА (конденсатора і абсорбера).

Отримали розвиток:

– методика розрахунку генераторного вузла в частині математичного моделювання процесів фазового переходу на внутрішній поверхні вертикального підйомного каналу дефлегматора, яка враховує особливості фізичного процесу конденсації з бінарної газової суміші і дозволяє при наявності результатів експериментальних досліджень визначити в будь-якому перерізі дефлегматора АХА масову витрату пари, температуру і склад пари;

– підхід до проектування теплома-сообмінної апаратури, що працює в умовах качання, трясінні, крену і диферентах, що враховує напрям відхилення, в частині мінімізації впливу зовнішніх динамічних навантажень за рахунок зміни конструкції елементів АХА і створення системи стабілізації АХП в просторі;

– підхід до створення енергозберігаючої системи управління АХП, заснований на форсованому запуску АХА з непрацюючого стану, в частині обліку температури зовнішнього повітря при виборі значення теплового навантаження генератора – в моделі АХП «Київ» АЛ-35 енергозбереження, в порівнянні з позиційним управлінням, при температурі зовнішнього повітря 25 °С досягає 17 %.

Новизна конструкторсько-технологічних рішень, запропонованих і апробованих в даній роботі, захищена двома патентами України на корисні моделі.

Практичне значення отриманих результатів

Результати експериментальних досліджень режимів роботи АХП в транспортних умовах передані у відділ головного конструктора промислово-будівельної групи «Антарес» (колишній «Васильківський завод холодильників») і можуть бути використані для проектування нових моделей транспортних холодильників і міні-барів.

Розроблений в рамках дисертаційної роботи каталітичний палинковий пристрій використовується при ремонтних роботах (заміна палинкового пристрою) транспортних абсорбційних холодильників типу F 400 EGP «Electrolux» ТОВ «Юг-Сервіс-центр» м. Одеса.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень і результатів:

– справедливості математичних моделей підтверджується порівняльним аналізом розрахункових і експериментальних результатів, при цьому граничними умовами є параметри реальних моделей;

– результати експериментальних досліджень отримані з використанням сучасного вимірювального устаткування, що дозволяє забезпечити необхідну точність.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи докладалися на щорічних наукових конференціях професорсько-викладацького складу і наукових співробітників ОНМУ в період 2007-2010 рр. і ОНАХТ в період 2004-2010 рр., а також на: науково-методичній конференції «Людина та навколишнє середовище» (Одеса, 2004, 2005); науково-практичній конференції «Перспективне направле-

ния развития пищевой промышленности» (Одеса, 2004); Міжнародному симпозиумі «Черноморская каравелла – 2004» (Одеса, 2004); Міжнародній науково-практичній конференції «Промисловий холод і аміак» (Одеса, 2006); Міжнародній науково-методичній конференції «Автоматизация судостроительного производства и подготовка инженерных кадров: состояние, проблемы, перспективы» (Миколаїв, 2007); IV-му Міжнародному форумі виноробів і екологів (Одеса, 2007); V-ому науковому семінарі «Математическое моделирование и информационные технологии» (Одеса, 2007); I-й Міжнародній науково-технічній конференції «Холод в энергетике и на транспорте: современные проблемы кондиционирования та рефрижерации» (Миколаїв, 2008); 74-й науковій конференції молодих вчених Київського національного університету харчових технологій (Київ, 2008); VII-й Міжнародній науково-технічній конференції «Техника и технология пищевых производств» (Могильов, 2009); IV-му всеукраїнському науково-технічному семінарі «Удосконалення малої холодопелотехніки і забезпечування нею технологічних процесів» (Донецьк, 2009); науково-технічній конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки та технологій» (Одеса, 2010).

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

Публікації. Результати дисертації опубліковані в 9 наукових спеціалізованих виданнях України, визнаних ВАК (без співавторів 2), а також в 18 тезах доповідей на міжнародних і регіональних конференціях. Отримано 2 патенти України на корисні моделі.

Структура і об'єм роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і п'яти додатків. Загальний об'єм роботи – 211 сторінок, включаючи 54 рисунки, 11 таблиць і 213 найменувань джерел. Об'єм додатків – 59 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертації, показаний її зв'язок з існуючими науковими програмами. Сформульована мета і завдання дослідження. Розглянута наукова новизна отриманих результатів. Приведені дані про практичне значення результатів, особистий внесок претендента, апробацію роботи і публікації основних результатів.

У першому розділі проведений аналіз сучасного стану виробництва і тенденцій розвитку АХП. Відмічений внесок в розробки АХП А.М. Березіна, В.М. Буза, О.Б. Василюва, В.В. Двірного, О.Г. Долотова, В.В. Завертаного, В.В. Лільних, З.М. Лазуренка, А.В. Ліхаревої, О.В. Мазура, Л.І. Морозюк, Г.І. Овечкина, Г.М. Оліфера, Ю.В. Осипова, Г.Ф. Смірнова, Н.П. Третьякова, Д.С. Тюхая, В.А. Хобіна, М.Ф. Хоменка, В.Ф. Чернишова, Г. Штірліна, С.В. Ярового, а також Ю.І. Дем'яненка – в розробки тепломасобінних пристроїв у складі суднових холодильних систем.

Проведений порівняльний аналіз питомого енергоспоживання АХП з різним об'ємом холодильної камери при роботі з електричними джерелами (рис. 1) і з паликовими пристроями.

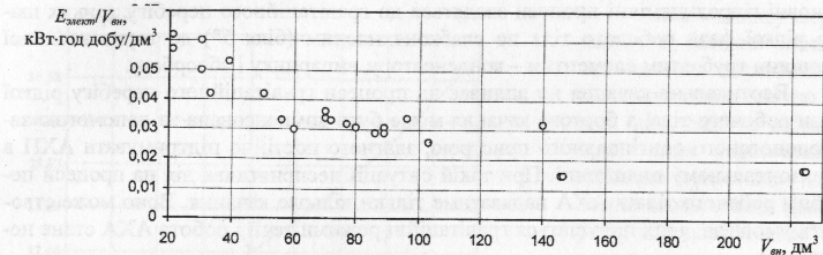


Рис. 1. Залежність питомого об'ємного енергоспоживання АХП при роботі на електроенергії від значення об'єму холодильної камери.

Аналіз приведених результатів показує, що найбільш низькі енергетичні характеристики серед вибраних для аналізу моделей АХП мають міні-холодильники з корисним об'ємом від 21 до 39 дм³. Питоме енергоспоживання в них вище, ніж в апаратах з корисним об'ємом холодильної камери 224 дм³, в середньому, в 3,3 разу при роботі з електричними джерелами енергії і в 5,5 разів при роботі з паликовими пристроями. Приведені дані показують доцільність проведення досліджень моделей абсорбційних міні-холодильників з об'ємом холодильної камери до 40 дм³, при чому вони повинні стосуватися як конструкції АХА, так і способів управління.

Вивчена можливість використання відомих технічних рішень для досягнення поставленої мети. Виконаний детальний аналіз відомих методів розрахунку і моделювання елементів і конструкцій транспортних АХП.

В рамках цих напрямів для досягнення мети представленої дисертаційної роботи сформульовані конкретні завдання теоретичних і експериментальних досліджень.

Другий розділ присвячений моделюванню процесів тепломасообміну і гідродинаміки в елементах АХА у складі транспортних АХП при роботі на маломірних морських судах.

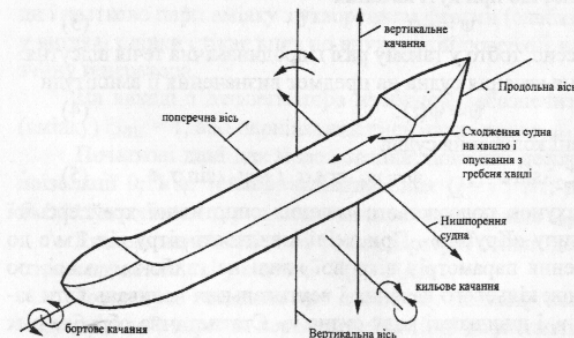


Рис. 2. Типи качання маломірного морського судна.

Розрізняють декілька типів качання, що викликається морськими вітровими хвилями, що діють на судно (рис. 2): а) кильове качання – виражається в підйомі і опусканні носової і кормової частин судна; б) бортове качання – змінний нахил судна на один або

інший борт; в) вертикальне качання – загальний підйом і опускання судна.

Важливо відзначити, що АХА жорстко пов'язаний з корпусом судна і вимушений сприймати всі коливальні збурення навколишнього водного середовища, а основні гідродинамічні процеси зводяться до гравітаційного перебігу тонких шарів рідкої фази робочого тіла по слабконахиленим (біля 5°) до горизонтальної площини трубчатим елементам – конденсатору, випарнику і абсорберу.

Вертикальне качання не впливає на процеси гравітаційного перебігу рідкої фази робочого тіла, а бортове качання може бути компенсована за допомогою запропонованого оригінального пристрою, здатного постійно підтримувати АХП в горизонтальному положенні. При такій ситуації несприятлива дія на процеси перебігу робочого тіла в АХА надаватиме тільки кільове качання. Воно може створити умови, за яких порушуються гравітаційні режими течії і робота АХА стане неможливою.

Проведено математичне моделювання впливу кільового качання судна на процеси гравітаційної течії по слабконахилених поверхнях АХА в умовах регулярного хвилювання на морі.

Як базові співвідношення при гравітаційній плівковій течії були використані формули для визначення товщини плівки рідини при ламінарній течії по похилій поверхні.

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{3\nu_{жс} \cdot g_0}{\sin(\alpha + \psi)}} \quad (1)$$

При плівковій конденсації на похилій поверхні товщина конденсату визначається співвідношенням

$$\delta = \sqrt[4]{\frac{4\lambda_{жс} \cdot \mu_{жс} \cdot (T_n - T_c) \cdot x}{r \cdot \rho_{жс}^2 \cdot g \cdot \sin(\alpha + \psi)}} \quad (2)$$

де $\lambda_{жс}$ – коефіцієнт теплопровідності конденсату, Вт/(м·К); $\mu_{жс}$ – коефіцієнт динамічної в'язкості конденсату, Па·с; $\rho_{жс}$ – густина конденсату, кг/м³; r – теплота фазового переходу, Дж/кг; T_n – температура насичення пари, К; T_c – температура похилої поверхні, К; x – подовжня (уздовж похилої поверхні), м; α – кут відхилення робочих похилих поверхонь АХА від горизонталі.

З формул (1) і (2) видно, що при куті качання

$$\psi = -\alpha \quad (3)$$

співвідношення втрачають сенс, тобто у такому разі гідродинамічна течія відсутня.

Проведені дослідження качання судна на предмет визначення її амплітуди

$$\psi = \psi(t) \quad (4)$$

Розглядалися вимушені коливання судна

$$\zeta = \zeta_1 \cdot \cos \sigma_\kappa t + \zeta_2 \cdot \sin \sigma_\kappa t; \quad \psi = \psi_1 \cdot \cos \sigma_\kappa t + \psi_2 \cdot \sin \sigma_\kappa t \quad (5)$$

Був виконаний розрахунок подовжнього качання спортивної крейсерської парусної яхти «Архімед» типу «Круїзер». При зміні швидкості вітру від 1 м/с до 10 м/с були отримані значення параметрів вітрової хвилі на глибокому морі, по яких проводиться розрахунок кільового качання і вертикальних коливань яхти залежно від швидкості вітру v , і швидкості ходу судна v_0 . Статистична обробка цих результатів дає залежність, представлену на рис. 3.

З рис. 3 витікає, що умова (3) $\alpha = -\psi = 5^\circ$ відповідає швидкості вітру < 3 м/с. При швидкостях вітру, що перевищують дане значення робота АХП в традиційному виконанні неможлива.

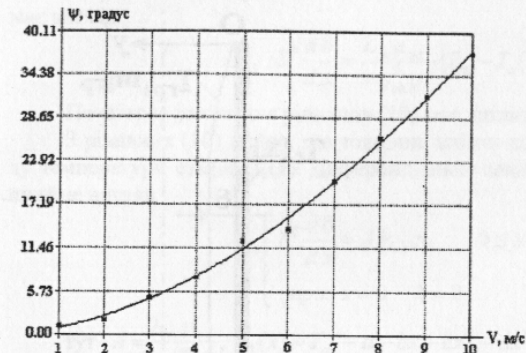


Рис. 3. Залежність амплітуди кільового качання від швидкості вітру.

Аналіз впливу вертикального качання показав, що частоти вертикальних коливань судна значно нижчі, ніж частоти вібрацій, при яких застосування АХА не допустиме. Виконаний також аналіз прискорень, що досягаються при вертикальному качанні на одиницю маси. Показано, що максимальне прискорення менше g і вертикальне качання маломірного судна не впливає на роботу АХА.

При великих збуреннях вітрових хвиль слід розміщувати АХП на спеціальних платформах, що забезпечують стабілізацію конструкції в просторі.

Генераторний вузол АХА складається з генератора-термосифону, дефлегматора і рідинного теплообмінника і є одним з найважливіших елементів, що визначає енергетичну ефективність роботи всього АХА. Основним завданням його є подача пари холодильного агента (аміаку) в конденсатор з одночасним його очищенням, яке відбувається в дефлегматорі.

Теплові режими дефлегматора є своєрідними індикаторами енергетичної ефективності роботи АХА. Контролюючи температуру в характерних точках дефлегматора можна підтримувати енергозберігаючі режими роботи абсорбційного холодильного приладу. Дефлегматор є підйомним каналом (круглого перетину) частково теплоізольований, а решта частини каналу охолоджується навколишнім повітрям (рис. 4). У верхній частині дефлегматора відбувається конденсація пари води і частково пари аміаку з утворенням флегми (слабкий розчин аміаку у воді), яка у вигляді плівки стікає вниз по внутрішній поверхні каналу в збірник слабого розчину генератора.

На виході з дефлегматора необхідно забезпечити концентрацію хладагента (аміаку) $\xi_{NH_3} = 1$, або парціальний тиск насичення p_{NH_3} .

Початкові дані для моделювання: довжина дефлегматора 0,18 м; висота теплоізоляції 0,11 м; теплове навантаження $Q = 75$ Вт; діаметр труби дефлегматора $\varnothing 0,011$ м; температура навколишнього середовища $t_{окр} = 22$ °С.

Експериментальні дані по температурі стінки дефлегматора залежно від висоти h представлені у вигляді $T_{cm} = T(h)$.

Розглянуте завдання про ламінарну плівкову конденсацію двокомпонентної (водааміачної) пари на вертикальній стінці дефлегматора. На вертикальній стінці, температура якої є змінною по висоті $T_{cm}(x)$ відбувається конденсація пари рідини,

що змішуються (рис. 5). Плівка флегми, товщину якої позначимо через $\delta = \delta(x)$, тече ламінарно.

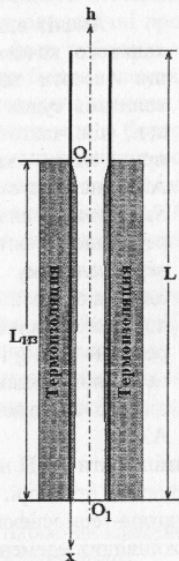


Рис. 4. Схема потоків в дефлегматорі АХА.

При дослідженні приймаються наступні допущення: сили інерції, що виникають в плівці конденсату, зневажаючи малі в порівнянні з силами в'язкості і силами тяжіння; конвективне перенесення теплоти в плівці, а також теплопровідність уздовж неї неістотні в порівнянні з теплопровідністю уперек плівки; тертя на межі розділу парової і рідкої фаз відсутнє; температура зовні поверхні плівки конденсату постійна і дорівнює T_{zp} при заданому тиску пари (T_{zp} — невідома і підлягає визначенню); фізичні параметри конденсату не залежать від температури; сили поверхневого натягнення на вільній поверхні плівки не впливають на характер її течії; щільність пари мала в порівнянні з щільністю конденсату.

Прийняті допущення дозволяють істотно спростити математичне формулювання завдання. Рівняння теплопровідності та руху мають наступний вигляд:

$$\frac{d^2 T}{d y^2} = 0, \quad (6)$$

$$\mu_{жс} \frac{d^2 V_x}{d y^2} = -\rho_{жс} g, \quad (7)$$

де $\mu_{жс}$ — динамічна в'язкість флегми, Па с; $\rho_{жс}$ — густина флегми, кг/м³.

Граничні умови:

$$\text{при } y = 0 \quad T = T_c(x), \quad V_x = 0; \quad (8)$$

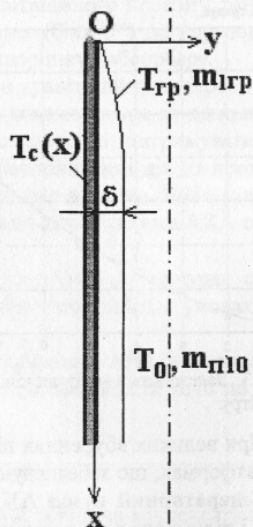


Рис. 5. Схема перебігу плівки флегми по вертикальній поверхні дефлегматора.

$$\text{при } y = \delta(x) \quad T = T_{zp}, \quad \frac{\partial V_x}{\partial y} = 0. \quad (9)$$

Диференціальне рівняння щодо змінної товщини плівки конденсату $\delta = \delta(x)$ має вигляд

$$\delta^3 \frac{d \delta}{d x} = \frac{\lambda_{жс} \mu_{жс}}{r \rho_{жс}^2 g} \cdot (T_{zp} - T_c(x)). \quad (10)$$

Початкова умова для рівняння (10) має вигляд при $x = 0 \quad \delta = 0$.

З рівняння (10) видно, що товщина плівки конденсату залежить від розподілу температури стінки $T_c(x)$. Диференціальне завдання (10) в безрозмірній формі прийме вигляд

$$\begin{cases} \delta^3 \frac{d \delta}{d x} = A P_4(x), & 0 \leq x \leq 1 \\ \text{при } x = 0 \quad \delta = 0 \end{cases}, \quad (11)$$

$$\text{тут } A = \frac{\lambda_{жс} \mu_{жс}}{r \rho_{жс}^2 g}, \quad P_4(x) = T_{zp} - a - bx - cx^2 - dx^3 - ex^4.$$

При рішенні завдання (11) визначали функцію $T_c(x)$ за експериментальними даними. Рішення даної задачі

$$\delta_1(x) = (a_1 x - b_1 x^2 + c_1 x^3 - d_1 x^4 + e_1 x^5)^{0.25}. \quad (12)$$

У виразі (12) прийняті наступні позначення $\delta_1 = \frac{\delta}{\sqrt[4]{A}}$, $a_1 = 4 T_{zp} - 216,650792$,

$b_1 = 8,9034392$, $c_1 = 1,6273148$, $d_1 = 0,13831019$, $e_1 = 0,00520833$.

Розглянуте завдання про ламінарну плівкову конденсацію рідин, що змішуються, не є завершеним, оскільки конденсована плівка флегми представляє суміш води і аміаку. Теплофізичні властивості флегми $\lambda_{жс}$, $\rho_{жс}$, $\mu_{жс}$, r , а також температура на поверхні конденсату T_{zp} є невідомими, оскільки ці величини залежать від концентрації кожного компоненту флегми.

У зв'язку з цим необхідно проаналізувати процеси перенесення в суміші пари що відбуваються в ядрі потоку дефлегматора. Слід мати на увазі, що водоаміачна пара у всьому об'ємі на значній відстані від поверхні розриву є насиченою, її температура і тиск дорівнюють відповідно T_0 і p , відповідні стану насичення. У насиченому стані знаходиться також поверхня конденсату. Температури поверхні розділу фаз T_{zp} відповідають масові долі в парі m_{n1zp} і $m_{n2zp} = 1 - m_{n1zp}$ і масові долі в рідині (флегмі) $m_{жс1zp}$ і $m_{жс2zp} = 1 - m_{жс1zp}$. У загальному випадку $m_{n1zp} \neq m_{жс1zp}$ і $m_{n2zp} \neq m_{жс2zp}$.

Проведено дослідження процесів перенесення в паровій фазі. Поля швидкостей, температури і конденсації аміаку в прикордонних шарах описуються рівняннями:

$$\begin{cases} V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_x}{\partial y} = g \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right) + v \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2}, & \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} = 0 \\ V_x \frac{\partial T}{\partial x} + V_y \frac{\partial T}{\partial y} = a \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \\ V_x \frac{\partial m_1}{\partial x} + V_y \frac{\partial m_1}{\partial y} = D \frac{\partial^2 m_1}{\partial y^2} \end{cases} \quad (15)$$

Всі фізичні властивості пари, що входять в ці рівняння, вважаються постійними, виключаючи густину суміші ρ .

Рівняння (15) допускає перетворення цих рівнянь в приватних похідних до системи звичайних диференціальних рівнянь.

Вводиться незалежна змінна (автомодельне перетворення) і нові невідомі функції, а також додаються граничні умови і умови сполучення на поверхні розділу. Результати розрахунків приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Основні розрахункові параметри режиму роботи дефлегматора при номінальному тепловому навантаженні генератора АХА

Ділянка дефлегматора	Температура, °С	Концентрація аміаку, кг/кг суміші	Масова витрата, кг/с
Вхід парової суміші в дефлегматор	114,36	0,94	$1,696 \cdot 10^{-5}$
Вихід флегми з дефлегматора	126,96	0,36	$0,1585 \cdot 10^{-5}$
Вихід пари аміаку з дефлегматора (вихід в конденсатор)	46,04	1	$1,538 \cdot 10^{-5}$

Наведені в табл. 1 результати розрахунків задовільно узгоджуються з даними експериментальних досліджень серійних АХП типу «Київ» АШ-35.

Третій розділ присвячений проведенню і аналізу експериментальних досліджень транспортних АХП в умовах качання, трясіння, крену і диферентах на різних видах теплової енергії.

Об'єкти досліджень – АХП, виготовлені на ВЗХ із застосуванням серійних технологій: переносний холодильник «Київ» АЛ-35 типу скриня; холодильник-бар «Київ 20-5» типу шафа.

Енергетична ефективність об'єктів дослідження визначалася за допомогою теплового коефіцієнта АХА.

$$\eta = \frac{Q_0}{Q_2}, \quad (16)$$

де Q_0 – холодопродуктивність випарника АХА; Q_2 – дійсне теплове навантаження на генераторі АХА.

Для визначення холодопродуктивності залежно від значень температур в холодильній камері t_k і навколишнього середовища $t_{окр}$ використовувався розрахунковий метод:

а) для моделі АХП «Київ» АЛ-35

$$Q_{ТП} = 0,191 - 0,4231 \cdot t_k - 0,000175 \cdot t_k^2 + 0,42397 \cdot t_{окр} + 0,0002032 \cdot t_{окр}^2, \quad (17)$$

б) для моделі АХП «Київ-20-5»:

$$Q_{ТП} = 0,305 - 0,4914 \cdot t_k + 0,491076 \cdot t_{окр} + 0,0003288 \cdot t_{окр}^2. \quad (18)$$

На першому етапі вивчалася робота АХП на малих морських судах. Випробування АХП «Київ 20-5» були проведені на борту спортивної крейсерської парусної яхти «Архімед» типу «Круїзер». Джерелом теплового навантаження був лабораторний пальниковий пристрій на зрідженому пропані. Для інтенсифікації процесу теплообміну в зоні генерації був встановлений мідний гвинтовий турбулізатор потоку продуктів згоряння. Продукти згоряння відводилися по витяжному каналу і викидалися в атмосферу. Середня витрата зрідженого пропану у випробуваннях склала 12 г/год. (288 г/добу). Вивчався вплив орієнтації елементів АХА з гравітаційним перебігом робочого тіла (конденсатора, випарника і абсорбера) по відношенню до діаметральної площини судна – подовжнє і поперечнє. Випробування проводилися в характерних умовах експлуатації яхти «Архімед» – при кільовому качанні і крені судна на лівий борт з виходом АХП на робочий режим: при подовжньому по відношенню до діаметральної площини судна розташуванні елементів АХА з гравітаційним перебігом робочого тіла; при поперечному по відношенню до діаметральної площини судна розташуванні елементів АХА з гравітаційним перебігом робочого тіла.

Аналіз результатів першої серії випробувань показав, що час виходу на робочий режим АХП практично однаковий як для стаціонарних умов роботи, так і для умов морського походу. Це говорить про те, що можливі несприятливі чинники, пов'язані з порушенням циркуляції рідкої фази робочого тіла при знакозмінному кільовому качанню, компенсуються інтенсифікацією процесів тепломасообміну у випарнику і абсорбері АХА. При розташуванні холодильника перпендикулярно ходу судна при крені як на лівий, так і на правий борт спостерігалися збої в подачі рідкої фази робочого тіла, а при крені в 20° (відхиленні від вертикальної орієнтації) робота АХП припинялася.

Вивчалася і робота АХП в умовах ударних навантажень. Випробування моделі «Київ» АЛ-35 були проведені на стендовому устаткуванні НДІ «Шторм» (м. Одеса). Об'єкт дослідження встановлювався і закріплювався на платформі ударного стенду. З урахуванням вимог нормативних документів величина ударного прискорення підтримувалася на рівні 1 g.

Результати першої серії випробувань з виходом на режим при одночасному включенні ударного навантаження (10, 20 і 30 ударів в хвилину) показали працездатність об'єкту дослідження, при цьому у всіх випадках мала місце тенденція зниження температури ребра випарника і холодильної камери.

Як заздалегідь і передбачалося із загальних фізичних уявлень, мали місце скачки температур в зонах перебігу рідинних потоків – в ЖТО, генераторі і в абсорбері. Ці скачки температур пов'язували з активним перемішуванням і перерозподілом рідкої фази робочого тіла між елементами АХА при ударному навантаженні.

В процесі проведення випробувань спостерігалися як тривалі температурні пульсації, так і короткочасні. Тривалі пульсації тривалістю 10-20 хвилин супро-

воджувалися зміною температури від 20 до 45 °С, а короткочасні тривалістю 1-5 хвилин – зміною температури від 5 до 15 °С.

Найбільша амплітуда пульсацій температури спостерігалася при мінімальному ударному навантаженні (10 ударів в хвилину), а мінімальна амплітуда – при середній величині (20 ударів в хвилину).

У **четвертому розділі** представлені енергозберігаючі транспортні АХП, розроблені на основі досвіду експериментальних досліджень. Так, наприклад, аналіз результатів натурних морських випробувань дозволив запропонувати конструкцію АХП з подовжніми шарнірами, яка в мінімальному ступені схильна до несприятливих дій крену і бортового качання.

Досвід експериментальних досліджень АХП в умовах ударних навантажень показав, що, незважаючи на існування деяких сприятливих режимів, в більшості випадків ударні навантаження надають негативну дію – збільшують термічну напругу в зоні підведення тепла і знижують енергетичну ефективність АХА. Запропоновано вирішення цієї проблеми за рахунок того, що на вході дефлегматора АХА встановлюється віддільник рідини, а між зливним каналом конденсатора і магістраллю рідкого аміаку – емність, частково заповнена рідким аміаком таким чином, що вихід зливного каналу знаходиться під рівнем рідини, при цьому в ресивері в об'ємі рідкого ВАР встановлюється горизонтальна перфорована пластина. Пропонована конструкція дозволяє стабілізувати подачу рідкого аміаку у випарник АХА, слабкого ВАР в абсорбер, а міцного ВАР – на вхід генератора.

Пропонується також оригінальна конструкція пальника, яка дозволяє створити якісну легко-газову суміш і рівномірно розподілити полум'я по всій поверхні каталізатора. Це досягається за рахунок того, що камера змішувача виконана у вигляді трьох, розташованих рівномірно по колу корпусу отвори, через які здійснюється ежектуюче підсмоктування зовнішнього повітря для рівномірного змішування з мінімальним струменем газу, що виходить з форсунки.

З використанням нової конструкції пальника проводилося вивчення місця її положення щодо жарового стакана генератора. За наслідками досліджень було визначено оптимальну відстань між нижньою частиною жарового стакана і верхньою частиною пальника – від 0,005 до 0,010 м.

Вивчалися також способи підведення тепла до генераторного вузла – через серійну гільзу з відкритим витяжним каналом для газів, що йдуть, і з турбулізатором потоку (мідним і жерстяним), вставленим в штатну гільзу генераторного вузла. Випробування показали доцільність установки турбулізатора потоку гарячих продуктів згорання в зоні підведення тепла генераторного вузла АХА.

Проведено вивчення перспектив застосування етилового спирту і гасу як теплоносіїв для пальникового пристрою. Відповідними пальниковими пристроями при проведенні експериментальних досліджень були – стандартна лабораторна спиртівка і побутова газові лампа.

Масова витрата етилового спирту в експериментальних дослідженнях складала 0,307 кг/добу, а гасу – 0,340 кг/добу. Температура зовнішнього повітря складала 16,5...16,8 °С при роботі АХП на етиловому спирті і 17,0...17,2 °С – при роботі АХП на гасі.

Аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що:

а) при роботі з етиловим спиртом і гасом досягаються необхідні режими охолодження в холодильній камері, причому з неробочого стану вихід на режим з температурою не вище плюс 5 °С досягається за 85...90 хв;

б) за рівних умов роботи відсутність турбулізатора потоку продуктів згорання у витяжному каналі не дозволяє забезпечити штатні режими охолодження.

Перспективи застосування на морському транспорті має холодильна камера з блоковими АХА. Вона розроблена для випадку прямого використання енергії вихлопних газів ДВЗ суднового транспорту як гріючого середовища для генератора АХА. Відмінною особливістю схеми є застосування декілька модульних АХА.

У стаціонарних умовах проводилося і вивчення способів підведення комбінованого теплового навантаження на генератор АХА холодильника-скрині «Київ» АЛ-35. Теплове навантаження в дослідженні змінювалося в діапазоні від 50 Вт до 110 Вт через 10 Вт. Нижня межа діапазону теплового навантаження генератора відповідає початку працездатності АХА в частині запуску перекачувального термосифону.

Верхня межа теплового навантаження генератора обмежена початком активних корозійних процесів.

Для знаходження алгоритму комбінованого теплового навантаження були виконані експериментальні дослідження пускових режимів АХП з неробочого стану.

Показана доцільність роботи з тепловим навантаженням, що змінюється в часі, на генераторі АХА залежно від заданої температури в холодильній камері – при запуску – режим «форсаж», з максимально високим значенням теплового навантаження, потім перехід на номінальний режим (рис. 6). Енергозбереження, в порівнянні з позиційним управлінням, при $t_{\text{окр}} = 25\text{ °С}$ досягає 17 %.

Розроблені конструкції АХА з інтенсифікацією теплообміну на теплорозсіюючих

поверхнях. Для інтенсифікації режимів охолодження теплорозсіюючих елементів АХА (абсорбера і конденсатора) були проведені серії експериментів з вимусеним їх обдуванням зовнішнім повітряним вентилятором.

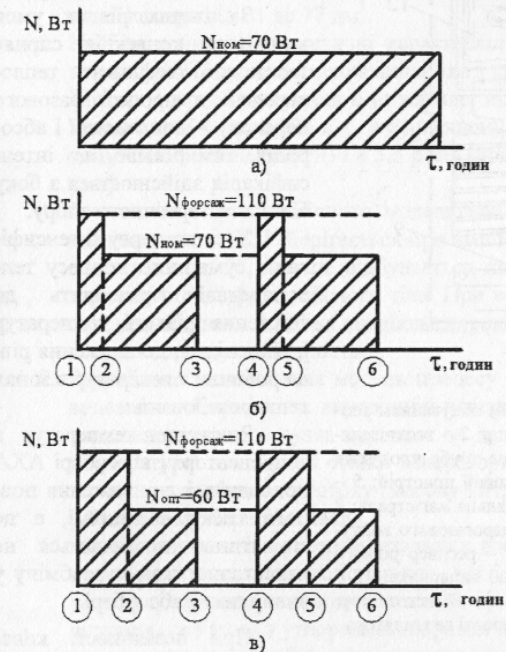


Рис. 6. Режими підвода теплового навантаження до АХП при різних температурах зовнішнього повітря: а) 30...32 °С; б) 25...30 °С; в) 18...25 °С.

Експериментальні дослідження показали, що при низьких температурах зовнішнього повітря (16...21 °С) ефект зовнішнього охолодження практично невідчутний – зниження температур в холодильній камері складає 0,8...1,2 °С, при температурах 22...26 °С ефект досягає 2,6 °С, а при 30...33 °С – 5,3 °С.

З урахуванням знайдених ефектів охолодження була запропонована оригінальна конструкція (рис. 7) транспортного АХП з вимушеним обдуванням теплорозсіюючих елементів АХА (абсорбера і конденсатора), при цьому як спонукач циркуляції запропоновано використовувати температурний потенціал продуктів згорання (220...260 °С), що проходять по вентиляційному каналу.

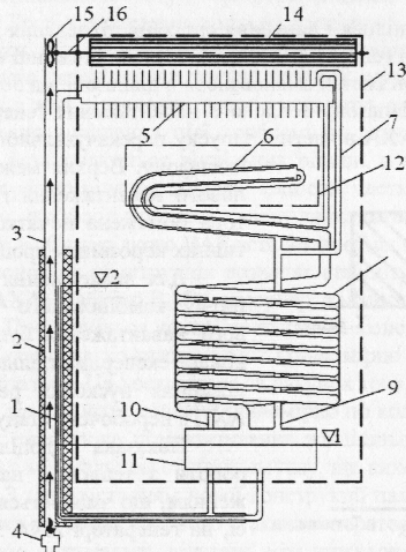


Рис. 7. Схема АХА з вимушеним обдуванням теплорозсіюючих елементів: 1 – генератор; 2 – теплоізоляція генераторного вузла; 3 – витяжна труба продуктів згорання, що відходять; 4 – паливний пристрій; 5 – конденсатор; 6 – випарник; 7 – зрівняльна магістраль; 8 – абсорбер; 9 – опускна магістраль парогазового контуру; 10 – канал слабкого розчину; 11 – ресивер рідкого розчину; 12 – теплоізоляційний короб випарника; 13 – корпус холодильного приладу; 14 – осьовий вентилятор; 15 – вісь вентилятора; 16 – приводні лопаті вентилятора.

При незмінності конструкції АХА це дозволяє поліпшити енергетичні характеристики циклу – підвищити холодопродуктивність випарника і тепловий коефіцієнт.

Робота вентилятора 14 створює вимушений перебіг повітря навколишнього середовища в зоні розташування теплорозсіюючих елементів АХА – конденсатора 5 і абсорбера 8.

За інших рівних умов вимушена конвекція сприяє зростанню коефіцієнта теплопередачі в процесі фазового переходу – конденсації і абсорбції, тим більше, що інтенсифікація здійснюється з боку більшого термічного опору.

У свою чергу інтенсифікація сумарного процесу теплопередачі призводить до зниження різниці температур і, відповідно, до зниження рівня робочих температур в зонах теплорозсіювання.

Зниження температур в конденсаторі і абсорбері АХА приводить і до зниження повного тиску в системі, а це сприятливо позначається на характеристиках масообміну у випарнику і абсорбері.

ВИСНОВКИ

1. На основі теоретичного аналізу, аналітичних і експериментальних досліджень розроблені методи підвищення надійності та енергетичної ефективності транспортних АХП, а також конструкції для їх реалізації. У абсолютних значеннях енергоспоживання відмінність на межах вибраного діапазону корисного об'єму холодильних камер (від 21 до 224 дм³) складає від 2,7 до 3,0 разів, відповідно, при роботі на гасі та електричній енергії, при цьому об'єм холодильної камери збільшується в 10,7.
2. Мінімальне значення питомого енергоспоживання при експлуатації АХП як при роботі з електричними нагрівачами, так і з паликовими пристроями досягається в моделях з об'ємом холодильної камери понад 146 дм³. Середній діапазон значень питомого енергоспоживання мають моделі АХП з об'ємом камер від 77 до 146 дм³. Відповідно максимальний діапазон значень питомого енергоспоживання має місце в моделях з корисним об'ємом холодильної камери від 21 до 77 дм³.
3. Найбільш низькі енергетичні характеристики серед вибраних для аналізу моделей АХП мають мініхолодильники з корисним об'ємом від 21 до 39 дм³. Питоме енергоспоживання в них вище, ніж в апаратах з корисним об'ємом холодильної камери 224 дм³, в середньому, в 3,3 разу (при роботі з електричними джерелами енергії) і в 5,5 разів (при роботі з паликовими пристроями).
4. Результати гідродинамічного моделювання показують, що працездатність стаціонарного АХП зберігається при амплітуді кільцевого качання судна, що не перевищує 5°, інакше відбувається порушення гравітаційних процесів перебігу рідкої фази робочого тіла. При великих збуреннях вітрових хвиль слід розміщувати АХП на спеціальних платформах, що забезпечують стабілізацію конструкції в просторі.
5. Розроблена математична модель процесу конденсації пари води і аміаку з водоаміачної суміші на внутрішній поверхні підйомного каналу дефлегматора генераторного вузла дозволяє за даними експериментальних значень температури зовнішньої стінки генераторного вузла, встановити всі характеристики двофазного потоку (масову витрату, температуру, концентрацію) у будь-якому перерізі каналу.
6. Аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що час виходу на робочий режим як стаціонарного, так і транспортного АХП при роботі в умовах трясіння практично однаковий. Це свідчить про те, що несприятливі чинники, пов'язані з утворенням парових пробок в зоні підведення тепла генераторного вузла АХА компенсується інтенсифікацією процесів теплома-сообміну у випарнику і абсорбері.
7. Результати експериментальних досліджень в умовах дії морського качання показали працездатність АХП з розташуванням його АХА паралельно ходу руху судна. При перпендикулярному розташуванні відбуваються збої в перебігу рідкої фази робочого тіла. У перспективних дослідженнях і розроб-

ках доцільно змінити конструкцію генераторного вузла і перейти до схеми перекачуального термосифону, а також передбачити елементи конструкції, що дозволяють уникнути неконтрольованих стік аміаку.

8. Збільшення ефективності роботи паливкових пристроїв до 10 % можливо при допомозі: локалізації теплових втрат; здійснення контролю за використанням теплової енергії; раціонального управління подачею теплового навантаження в генераторний вузол АХА; забезпеченню практично повного згоряння.
9. Проведені експериментальні дослідження АХП «Київ» АЛ-35 з паливковими пристроями різних типів показали його працездатність при використанні доступних органічних теплоносіїв (етиловий спирт, газ, зріджений пропан).
10. Показана доцільність роботи з тепловим навантаженням, що змінюється в часі, на генераторі АХА залежно від заданої температури в холодильній камері – при запуску – режим «форсаж», з максимально високим значенням теплового навантаження, потім перехід на номінальний режим. Енергозбереження, в порівнянні з позиційним управлінням, при $t_{окр} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ досягає 17 %.
- 11.3 урахуванням знайдених ефектів охолодження запропонована оригінальна конструкція транспортного АХП з обдуванням вентилятором теплоізолюючих елементів АХА (абсорбера і конденсатора), при цьому спонукачем циркуляції запропоновано використовувати температурний потенціал продуктів згоряння (220...260 $^{\circ}\text{C}$), що проходять по вентиляційному каналу.

ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Титлов А.С. Испытания абсорбционных холодильников в транспортных условиях / А.С. Титлов, Ю.А. Очеретяный // Обладнання та технології харчових виробництв. Темат. зб. наук. пр., Донецьк : 2004. – № 11. – С. 113-117.
2. Очеретяный Ю.А. Результаты испытания абсорбционного холодильника в транспортных условиях / Ю.А. Очеретяный, А.С. Титлов, Н.Д. Захаров // Холодильная техника і технологія. – 2004. – № 4. – С. 19-24.
3. Очеретяный Ю.А. Испытание на парусной яхте абсорбционного холодильника с горелочным устройством / Ю.А. Очеретяный, С.К. Чернышов, А.К. Ширишков, А.С. Титлов // Холодильная техника і технологія. – 2006. – № 6. – С. 49-51.
4. Очеретяный Ю.А. Сравнительный анализ энергопотребления бытовых абсорбционных холодильников различного назначения / Ю.А. Очеретяный, А.С. Титлов, Н.Д. Захаров // Холодильная техника і технологія. – 2007. – № 1. – С. 29-32.
5. Очеретяный Ю.А. Результаты испытаний транспортного абсорбционного холодильника с горелочным устройством // Холодильная техника і технологія. – 2007. – № 2. – С. 34-37.
6. Очеретяный Ю.А. Изучение особенностей работы бытового абсорбционного холодильника в транспортных условиях / Ю.А. Очеретяный, С.К. Чернышов, А.К. Ширишков, А.С. Титлов, Н.Д. Захаров // Наукові праці ОНАХТ, Одеса : 2007. – № 31. – Т. 1. – С. 129-132.
7. Очеретяный Ю.А. Моделирование двухфазных потоков на подъемном участке системы генератор-дефлегматор абсорбционно-диффузионного холодильного // Проблемы техники. – 2009. – № 2. – С. 145-157.
8. Очеретяный Ю.А. Исследование влияния качки маломерного судна на процессы плечного течения рабочего тела по наклонным поверхностям теплообменных элементов бытовых

абсорбционных холодильных агрегатов (АХА) / Ю.А. Очеретяный, В.Х. Кириллов, А.С. Титлов // Холодильная техника і технологія. – 2009. – № 6. – С. 32-37.

9. Очеретяный Ю.А. Экспериментальные исследования транспортного абсорбционного холодильника «Київ» АЛ-35 / А.С. Титлов, Ю.А. Очеретяный // Харчова наука і технологія. – 2009. – № 4. – С. 84-88.

10. Декларационный патент на полезную модель № 18462 Украина, МПК(2006) F 25 В 15/10. Холодильник для парусной яхты / О.С. Титлов, Ю.О. Очеретяный, М.Д. Захаров, С.К. Чернышов (Украина). – № 200604524; заявл. 25.04.2006; опубл. 15.11.2006, Бюл. № 11.

11. Декларационный патент на полезную модель № 18505 Украина, МПК(2006) F 25 В 15/10. Абсорбционно-диффузионный холодильный агрегат / О.С. Титлов, Ю.О. Очеретяный, М.Д. Захаров (Украина). – № 200604813; заявл. 03.05.2006; опубл. 15.11.2006, Бюл. № 11.

Особистий внесок автора в наукові праці:

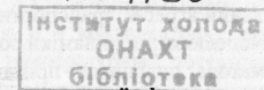
- 1) проведення експериментальних досліджень, обробка, аналіз і узагальнення їх результатів, підготовка матеріалів до публікації (поз. 1-3, 6, 9);
- 2) обробка, аналіз і узагальнення результатів, підготовка матеріалів до публікації (поз.4);
- 3) створення методик розрахунку, аналіз і узагальнення результатів розрахунку, підготовка матеріалів до публікації (поз.8);
- 4) складання описів до винаходу, експериментальне обґрунтування (поз.10,11).

АНОТАЦІЯ

Очеретяный Ю.О. Підвищення надійності та енергетичної ефективності транспортних абсорбційних холодильних приладів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.14 – холодильна, вакуумна та компресорна техніка, системи кондиціонування. Одеська державна академія холоду, Одеса, 2011.

Дисертація присвячена розвитку наукових та інженерних основ створення апаратів побутової холодильної техніки абсорбційного типу. Об'єкти досліджень – АХП з об'ємом холодильної камери від 35 до 40 дм³, розміщені на малих морських судах, як найбільшою мірою піддані впливу зовнішніх динамічних впливів (качання, трясіння, крену і диференту). Аналіз сучасного рівня техніки показав, що найбільш низькі енергетичні характеристики серед моделей АХП мають міні-холодильники з корисним об'ємом від 21 до 39 дм³. При моделюванні процесів гравітаційного перебігу рідкої фази робочого тіла по малонахиленим трубчастим елементам було показано, що вертикальне качання маломірного судна не впливає на роботу АХА. При кільшовому качанні амплітуда коливань не повинна перевищувати 5°, що відповідає швидкості вітру до 3 м/с, причому частота кільшового качання значно менше допустимих значень. При великих амплітудах вітрових хвиль на малих судах слід застосовувати спеціальні АХП, в яких передбачені елементи, що запобігають несприятливій дії качання на гідродинаміку потоків робочого тіла. Розроблено математичну модель процесів фазового переходу на внутрішній поверхні вертикального підйомного каналу дефлегматора, яка дозволяє по відомому розподілу температур визначити параметри потоку пари (масову витрату, температуру, концентрацію). Отримано результати експериментальних досліджень транспортних АХП при роботі з різними джерелами теплової енергії, у тому числі і в



реальних режимах експлуатації на маломірних судах. Розроблено підходи: до проектування тепломасообмінної апаратури, яка працює в умовах качання, трясіння, крену і диференту, і враховує напрямок відхилення судна; до створення енергозберігаючої системи управління, що ґрунтується на форсованому запуску АХП з непрацюючого стану з урахуванням температури зовнішнього повітря – енергозбереження, у порівнянні з позиційним управлінням, досягає 17 %. Проведено експериментальні дослідження АХП «Київ» АЛ-35 з палинковими пристроями різних типів – показана працездатність при використанні доступних органічних теплоносіїв (етиловий спирт, гас, зріджений пропан). Запропоновано оригінальну конструкцію транспортного АХП з вимушеним обдуванням теплорозсіючих елементів АХА (абсорбера і конденсатора), при цьому в якості спонукача циркуляції використовується температурний потенціал продуктів згорання (220...260 °С). У рамках розробки енергозберігаючих заходів, була створена оригінальна конструкція пальника, яка дозволяє створити якісну повітряно-газову суміш і рівномірно розподілити полум'я по всій поверхні каталізатора. Випробування пальника показали доцільність встановлення турбулізатора потоку гарячих продуктів згорання в зоні підведення тепла генераторного вузла АХА.

Ключові слова: абсорбційний холодильний прилад, абсорбційний холодильний агрегат, транспортні умови, надійність роботи, качання, трясіння, диферент, моделювання динаміки зовнішнього впливу на елементи, теплові режими дефлегматора, палинкові пристрої, енергозберігаючі режими роботи холодильного приладу.

АННОТАЦИЯ

Очеретяный Ю.А. Повышение надежности и энергетической эффективности транспортных абсорбционных холодильных приборов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.14 – Холодильная, вакуумная и компрессорная техника, системы кондиционирования. Одесская государственная академия холода, Одесса, 2011.

Диссертация посвящена развитию научных и инженерных основ создания аппаратов бытовой холодильной техники абсорбционного типа. В частности, в работе рассматриваются задания, связанные с созданием надёжных и энергетически эффективных абсорбционных холодильных аппаратов транспортного типа. Для решения этих задач выполнен целый комплекс теоретических и экспериментальных исследований. Объекты исследований – АХП с объемом холодильной камеры от 35 до 40 дм³, размещенные на малых морских судах, как в наибольшей степени подверженные воздействию внешних динамических воздействий (качке, тряске, кренам и дифферентам). Анализ современного уровня техники показал, что наиболее низкие энергетические характеристики среди моделей АХП имеют мини-холодильники с полезным объемом от 21 до 39 дм³. Удельное энергопотребление у них выше, чем в аппаратах с полезным объемом холодильной камеры 224 дм³, в среднем, в 3,3 раза (во время работы с электрическими источниками энергии) и в 5,5 раз (во время работы с горелочными устройствами). При моделировании процессов гравитационного течения жидкой фазы рабочего тела по слабонаклонен-

ным трубчатым элементам показано, что вертикальная качка маломерного судна не оказывает влияния на работу АХА. Для килевой качки амплитуда колебаний не должна превышать 5°, что соответствует скорости ветра до 3 м/с. При больших амплитудах ветровых волн на малых судах следует применять специальные АХП, в которых предусмотрены элементы, предотвращающие неблагоприятное воздействие качки на гидродинамику потоков рабочего тела. Разработана математическая модель процессов фазового перехода на внутренней поверхности вертикального подъемного канала дефлегматора, которая позволяет по известному распределению температур определить параметры потока пара (массовый расход, температуру, концентрацию). Получены результаты экспериментальных исследований АХП при работе с различными источниками тепловой энергии, в том числе и в реальных режимах эксплуатации на маломерных судах. Разработаны подходы: к проектированию тепломассообменной аппаратуры, работающей в условиях качки, тряски, кренах и дифферентах и учитывающий направление отклонения судна; к созданию энергосберегающей системы управления, основанной на форсированном запуске АХП из неработающего состояния с учетом наружной температуры. Проведены экспериментальные исследования АХП с горелочными устройствами различных типов, работающих на этиловом спирте, керосине, сжиженном пропане. Предложена оригинальная конструкция транспортного АХП с вынужденным обдувом теплорассеивающих элементов АХА (абсорбера и конденсатора), при этом в качестве побудителя циркуляции используется температурный потенциал продуктов сгорания (220...260 °С). В рамках разработки энергосберегающих элементов была создана оригинальная конструкция горелки, которая позволяет создать качественную воздушно-газовую смесь и равномерно распределить пламя по всей поверхности каталізатора. Исследования горелки показали целесообразность установки турбулізатора потока гарячих продуктів згорання в зоні підвода тепла генераторного вузла АХА. Перспективи применения на морском транспорте имеет холодильная камера с блочными АХА, которая разработана на случай прямого использования энергии выхлопных газов ДВС судового транспорта в качестве греющей среды генератора АХА.

Ключевые слова: абсорбционный холодильный прибор, абсорбционный холодильный агрегат, транспортные условия, надежность работы, качка, тряска, дифферент, моделирование внешнего воздействия на элементы, тепловые режимы дефлегматора, горелочные устройства, энергосберегающие режимы работы холодильного прибора.

ABSTRACT

Ocheretyany Y.A. Increase of reliability and power efficiency of transport absorption refrigeration devices. – Manuscript.

The thesis for degree of candidate technical science by speciality 05.05.14 – Refrigeration, Vacuum and Compressor Technique, Conditioning Systems. The Odessa State Academy of Refrigeration, Odessa, 2011.

The thesis is devoted to the development of scientific and engineering basis for creation of devices of household refrigeration absorption type. In particular, we consider

the problems associated with the creation of reliable and energy-efficient absorption refrigeration apparatus of the transport type. A mathematical model of phase transition on the inner surface of the vertical lift channel reflux condenser, which allows the known temperature distribution to determine the parameters of the steam flow (mass flow, temperature, concentration). The results of experimental studies of transport ARU working with different sources of thermal energy, including real-mode operation on small vessels. The approaches to the design of heat and mass transfer equipment, operating in a roll, shake, heel and trim, which take into account the direction of the deviation of the vessel. Proposed energy-saving management system, based on a forced run ARU from idle state and takes into account the value of the outside air temperature (energy saving, compared with position control, reaching 17 %). Experimental studies ARU with burners of various types – shows the efficiency of using available organic coolant (ethyl alcohol, kerosene, LPG). Prospects for application in maritime transport has refrigerating chamber with block ARU, which has been developed for the case of direct energy use exhaust engine transport ship as a heating medium generator ARU.

Keywords: absorption refrigeration unit, absorption cooling unit, transportation, reliability, rocking, shaking, trim, modeling the dynamics of external influence on the elements, thermal reflux condenser, burners, power-saving modes.