

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ**

**КРАСНОВСЬКИЙ ІГОР НАУМОВИЧ**

УДК 621.565

**ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПОБУТОВИХ  
ХОЛОДИЛЬНИКІВ ПРИ ПЕРЕХОДІ НА НОВІ ХОЛОДОАГЕНТИ**

Спеціальність **05.04.03** – Холодильна та криогенна техніка,  
системи кондиціонування

Автореферат дисертації на здобуття наукового  
ступеня кандидата технічних наук

Одеса – 1997



00751544 (Q)

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Донецькому акціонерному товаристві "НОРД"

Наукові керівники:

- кандидат технічних наук, професор Оніщенко Володимир Петрович, Одеська державна академія холоду, завідуючий кафедрою інженерної теплофізики;
- кандидат технічних наук Ландик Валентин Іванович, Донецьке акціонерне товариство "НОРД", президент

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, професор Нікульшин Руслан Костянтинович, Одеська державна академія холоду, професор;
- кандидат технічних наук, доцент Горикін Сергій Федорович, Одеська державна академія харчових технологій, доцент.

Провідна установа - Донецький державний комерційний інститут,  
Міністерство освіти України, м. Донецьк

Захист відбудеться 27 жовтня 1997 р. о 12<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.05.20.01 в Одеській державній академії холоду за адресою: 270026, м. Одеса, вул. Дворянська, 1/3.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ОДАХ за адресою:  
270026, м. Одеса-26, вул. Дворянська, 1/3.

Автореферат розісланий 24 вересня 1997 року.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
д.т.н., проф.

В.О.Календер'ян

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Зниження рівня енергоспоживання нових зразків побутових холодильних приладів (ПХП) є стійкою тенденцією у всесвітній практиці. Важливість та необхідність цілеспрямованих зусиль по забезпеченню неухильного зниження енергоспоживання ПХП ще більш зростає в зв'язку з переходом на озонобезпечні холодоагенти.

У 1987 році з метою збереження озонного шару уряди заінтересованих країн підписали Монреальський протокол. Цей протокол передбачає поступовий мораторій на виробництво та використання хлорфторвуглеводнів, до яких відносилися більшість холодоагентів що застосовувалися в той час.

Сьогодні в промислово розвинутих країнах в ПХП у вигляді альтернативних холодоагентів використовуються R134a, R600a, суміш R290/R600a, ведуться розробки по впровадженню інших сумішей холодоагентів.

Постановою №1274 від 17.10.96 р. Кабінет Міністрів України затвердив Програму припинення виробництва та використання озоноруйнуючих речовин до 2000 р. Зокрема використання R12, що застосовується в ПХП, повинно бути припинено до другого кварталу 1999 р. Що до АТ "НОРД", Програма регламентує заміну R12 на R134a до кінця 1997 р.

Складність проблеми зниження енергоспоживання холодильної техніки при переході на озонобезпечні холодоагенти складається в тому, що термодинамічні показники R134a обумовлюють зниження енергетичної ефективності ПХП. Крім того такий перехід повинен здійснюватися в умовах вже існуючих технологій серійного виробництва.

В цій ситуації розробка методів та технічних засобів забезпечующих подальше підвищення енергетичної ефективності ПХП в умовах переходу на нові холодоагенти є актуальною загальнодержавною проблемою.

Одним із важливих напрямків вирішення цієї проблеми є удосконалення конструкцій основних вузлів агрегата ПХП, забезпечующих його працездатність на нових холодоагентах та подальше покращення енергетичних показників. Сьогодні загально визнано, що R134a не є холодоагентом завтрашнього дня. Тому доцільно також накопичувати досвід розробок, що можуть бути використаними при

впровадженні в ПХП інших альтернативних холодоагентів.

Метою роботи є дослідження закономірностей процесів, що діються в основних вузлах холодильного агрегату, розробка на цій основі технічних рішень, що забезпечували б покращення енергетичних та технологічних показників ПХП (холодильники, морозильники).

Для реалізації цієї мети були сформульовані такі основні задачі:

- розробити математичну модель течії холодоагенту в капілярних трубках холодильних агрегатів та чисельний алгоритм її реалізації, провести співставлення результатів розрахунків з відомими експериментальними даними;
- методами чисельного експерименту провести дослідження течії холодоагенту R134a в капілярній трубці при різних умовах теплообміну на її зовнішній поверхні, на цій основі розробити технічні рішення, що призводять до підвищення ефективності роботи випарувальної системи;
- дослідити вплив параметрів окремих вузлів компресора на його енергетичні показники і на цій основі провести модернізацію серійного компресора для підвищення його енергетичної ефективності при роботі на R134a;
- експериментально дослідити режими роботи холодильного агрегату в натурних зразках побутових холодильників та провести аналіз ефективності запропонованих технічних рішень.

Наукову новизну роботи складають:

- математична модель та алгоритм чисельного аналізу неадіабатних течій холодоагенту в капілярній трубці холодильного агрегату;
- методика модернізації серійних компресорів при переході на нові холодоагенти.

Наукові положення, що захищаються в роботі:

- неадіабатне дроселювання холодоагента в капілярі, який охолоджується із зовнішньої поверхні, дозволяє здійснювати спрямоване подавання рідкої фази в задане місце випарувальної системи, що сприяє покращенню енергетичних та

технологічних показників побутового холодильника–морозильника;

- електромеханічні характеристики електродвигуна герметичного компресора побутового холодильного приладу, що забезпечують енергетичну ефективність холодильного агрегату, повинні визначатись з урахуванням всього діапазону реальних режимів роботи цього компресора, а не тільки одного стандартного режима роботи.

Наукові результати роботи складають:

- розроблено математичну модель неадіабатних течій холодоагентів в капілярних трубках холодильних агрегатів при різних умовах теплообміну на зовнішній поверхні цих трубок;
- розроблено чисельний алгоритм реалізації математичної моделі течії холодоагента в капілярних трубках з різними геометричними параметрами та проведено його апробацію на відомих експериментальних даних за втратами тиску та зміною температури вздовж трубки;
- шляхом чисельного експерименту встановлено, що охолодженням капілярної трубки можна досягти однофазного рідинного режиму течії холодоагенту вздовж трубки, високої якості холодоагенту на його виході в канал випарника. На цій основі розроблено технічне рішення “довгий” капіляр, в якому основна частина капілярної трубки розміщується в каналах випарника;
- встановлено, що шляхом спеціального вибору серійного компресора, як такого, що підлягає доопрацюванню для роботи на новому холодоагенті, можна досягти високих енергетичних показників шляхом модернізації його електроприводу без суттєвих змін в механічній частині компресора. Розроблено розрахунково-експериментальну методику такої модернізації;
- розроблена методика модернізації компресора реалізована стосовно до компресора ХКВ6.65 при переведенні його для роботи з R12 на R134a, внаслідок чого одержано підвищення холодильного коефіцієнту на 12.8% порівняно з роботою базового серійного компресора на R12;
- створено лабораторне обладнання, методики досліджень, що дозволили визначити внесок розроблених технічних рішень в випарувальній системі з “довгим”

капіляром та модернізованому компресорі в зниження енергоспоживання побутового холодильника-морозильника.

Достовірність одержаних наукових результатів, наукових положень забезпечена детальним співставленням розрахункових значень та експериментальних даних різних авторів по течії холодагента в капілярних трубках, порівнянням характеристик модернізованого компресора з експериментальними даними автора, а також результатами експериментальних досліджень нового холодильника-морозильника, проведених автором.

Практичне значення одержаних результатів роботи полягає в тому, що її основні результати впроваджені у виробництво. Запропоновані в роботі технічні рішення використані в серійних компресорах ХКВ6.65-1МО та холодильнику-морозильнику "НОРД-239", що виробляються АТ "НОРД".

Особистий внесок здобувача. Дисертація виконана при наукових консультаціях фахівців ОДАХ (м.Одеса). У окремих етапах роботи брали участь фахівці ДДХТ АТ "НОРД" і співавтори публікацій. Особисто здобувачем визначені завдання і обґрунтовані методи теоретичних досліджень, здійснено математичне моделювання і інтерпретація його результатів. Здобувач виконав постановку, проведення досліджень, аналіз результатів усіх наведених у роботі експериментів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідались на: НТР АТ "НОРД", Всесоюзній науково-технічній конференції "Холод – народному господарству" (Санкт-Петербург, 1991р.), IV Міжнародній конференції з екології (Одеса, 1995 р.), Міжнародній науково-технічній конференції "Удосконалення процесів та апаратів хімічних та нафтохімічних виробництв" (Одеса, 1996 р.), Міжнародній конференції "Application for Natural Refrigerants" (Данія, 1996 р.), Міжнародній конференції "Energy Efficient New Refrigerant" (США, 1996 р.).

За темою дисертації опубліковано 12 друкованих робіт. Із них 2 статті, 9 тез

доповідей на конференціях і 1 патент. Основні публікації наведені у авторефераті.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, 1 додатка і містить 148 сторінок тексту, 29 рисунків, 16 таблиць. Список використаних джерел складається з 173 найменувань.

## ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету досліджень та конкретні задачі роботи, викладено наукові результати, їх новизну та практичне значення. Сформульовано наукові положення, що виходять з одержаних наукових результатів.

В першому розділі розглянуто стан проблеми заміни озоноруйнівних хлорфторвуглеводнів на альтернативні речовини загалом і в ПХП зокрема. Розглянуто сучасні тенденції в проектуванні побутових холодильників, науково-технічні проблеми, що необхідно вирішувати. На цій підставі проаналізовано експериментальні та теоретичні дослідження теплофізичних властивостей R134a, а також течій холодагентів в капілярних трубках, що відображені в наукових публікаціях різних авторів. На підставі проведеного аналізу сформульовано мету та конкретні задачі дисертаційного дослідження.

В другому розділі викладено результати дослідження гідродинаміки та теплообміну при неадіабатних течіях R134a в капілярних трубках ПХП шляхом математичного моделювання процесу, алгоритмізації моделі і наступних чисельних експериментів.

Для дослідження двофазної течії холодагента використані дві моделі. Одна з них - це гомогенна модель, що використовує напівемпіричні співвідношення і представляє собою систему трьох диференціальних рівнянь для надлишкового тиску

$P(Z)$ , температури  $T(Z)$ , масова доля рідини  $X(Z)$ . Інша модель є дворідинна, сформульована на базі аксіом зберігання маси, імпульсу та енергії для потоку в цілому і окремих фаз у вигляді системи з шести диференціальних рівнянь першого порядку для  $P(Z)$ ,  $T_L(Z)$ ,  $T_V(Z)$ ,  $V_L(Z)$ ,  $V_V(Z)$ ,  $X(Z)$ . Індекс  $L$  відносить відповідні величини до рідинного стану, а  $V$  - до парового стану холодоагента. Течія холодагента через капілярну трубку прийнята сталою і одномірною.

Для розрахунків коефіцієнта тертя були використані відомі наближення Альшуля, Блазіуса, Чархилла (Churchill), Халанда (Haaland). Розрахунки термодинамічних властивостей однофазного R134a проведено з використанням відомих рівнянь стану Шуберта (Shubert K.), Елі (Ely J.) та Тілнера-Рота (Tillner-Roth's R.), Краусса (Krauss R.). Розрахунок значень в'язкості та теплопровідності R134a в однофазних областях і в насиченому стані проведено за апроксимаціями Тілнера-Рота, Краусса. Такий підхід забезпечує узгоджену апроксимацію всього комплексу теплофізичних властивостей R134a. Коефіцієнт тепловіддачі при течії в капілярній трубці розраховувався традиційними методами, а коефіцієнт тепловіддачі при кипінні R134a за даними різних авторів приймався від 2000 до 4500 Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Основною величиною, що підлягала обчисленню, було значення витрат холодагента через капілярну трубку при заданих геометричних параметрах (довжина, внутрішній та зовнішній діаметри, шорсткість), умов теплообміну на зовнішній поверхні, значень надлишкового тиску  $P(0)$ , температури  $T(0)$  на вході в капілярну трубку. Розраховувалась також масова доля рідини в потоці, яка характеризує якість холодагента. Проведено також обчислення внутрішнього діаметра капілярної трубки при заданих геометричних параметрах, умов теплообміну, значень тиску, температури на вході та значень витрат холодагента через капілярну трубку.

Здобуті співвідношення, що утворюють математичні моделі, реалізовані у вигляді пакету розрахункових процедур на алгоритмічній мові TurboPascal.

Можливості математичних моделей апробовані шляхом співставлення розрахункових даних з експериментальними даними Мело (Melo, 1995) по значенням тиску та температури при адіабатних течіях R134a. Дворідинна модель дає більш точний збіг експериментальних і розрахункових даних (Рис. 1).

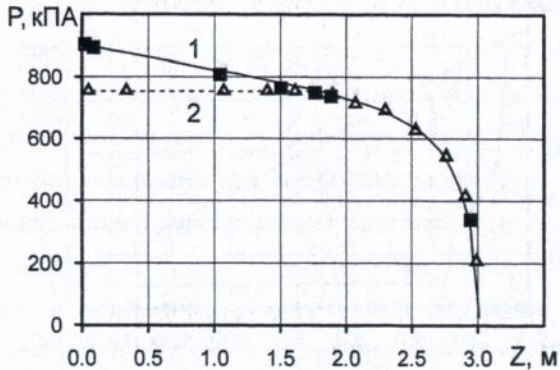


Рис. 1 Порівняння результатів розрахунку з експериментальними даними Мело.

1,2 - розрахункові криві; ■, ▲ - виміряні значення

Аналіз результатів декількох серій розрахункових експериментів дозволив дослідити можливий характер течії холодоагенту в капілярній трубці. В залежності від умов теплообміну на зовнішній поверхні капілярної трубки можливо виділити три типа течій: холодоагент на усьому протязі трубки залишається в рідинній фазі; холодоагент на протязі трубки переходить в двофазний стан, причому доля парової фази постійно зростає; холодоагент на протязі трубки переходить в двофазний стан, причому доля парової фази спочатку зростає, а потім зменшується.

Типова зміна тиску для першого типа течії холодоагенту в капілярній трубці наведена на рис. 2.

Тип течії, в якому холодоагент на усьому протязі трубки залишається в рідинній фазі, представляє практичний інтерес, бо його реалізація дозволяє здійснювати спрямовану подачу холодоагента з високим вмістом рідинної фази в випарувальну систему холодильника. Розрахунки цього типа течії дали змогу обґрунтувати параметри технічного рішення "довгий" капіляр.

У третьому розділі розроблено методику модернізації серійного компресора для роботи на новому холодоагенті (на прикладі модернізації компресора ХКВ6.65 для роботи на R134a).

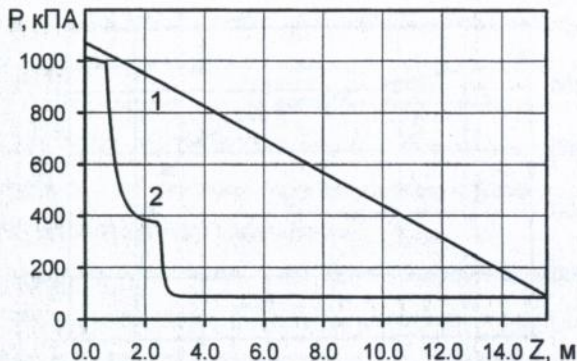


Рис. 2 Типова зміна тиску при течії холодоагенту в капілярній трубці  
 1 - розрахунковий тиск холодоагенту, 2 - тиск насиченої пари, розрахований по температурі холодоагенту.

Спочатку було проведено калориметричні дослідження серійних компресорів ХКВ6.65-1 АТ "НОРД", що були відібрані випадковим способом з виробничого конвєсу, при їх роботі на R12 та R134a. Аналіз одержаних результатів показав, що незважаючи на деяке зниження холодопродуктивності при використанні R134a, компресор ХКВ6.65 може забезпечити роботу навіть у самих енергонапружених моделях холодильників АТ "НОРД". Тому його механічна частина може бути прийнята без змін у новому компресорі. Разом із тим, холодильний коефіцієнт на R134a в серійному компресорі значно знижується, що в основному залежить від характеристик електродвигуна. Тому в даній роботі при переході на R134a для покращення енергетичних характеристик компресора було поставлене завдання розробки нового електродвигуна.

Ця розробка проведена за такою методикою. За відомими розрахунковими співвідношеннями була визначена індикаторна потужність компресора при його роботі в стандартному режимі ( 61.3 Вт). Після оцінки роботи сил тертя були розраховані номінальна потужність та ККД нового електродвигуна (100 Вт та 0.75 відповідно). Ці значення були прийняті базовими (як початкові) для розробки та виготовлення експериментальних зразків електродвигуна.

Для попереднього відбору було виготовлено такі варіанти електродвигунів:

- з електромеханічним пускозахисним реле;
- з електромеханічним пускозахисним реле, пусковим та робочим конденсатором;
- з позисторним пускозахисним реле, пусковим та робочим конденсатором;
- з позисторним пускозахисним реле та робочим конденсатором.

У рамках кожного варіанту двигуни виготовлялись із різними параметрами головної і допоміжної обмоток та з різною довжиною пакету статора. На спеціально розробленому стенді-моментомірі були виміряні реальні електромеханічні характеристики двигунів. Потім на розробленому калориметричному стенді та на стенді перевірки компресорів на запуск були проведені дослідження всіх варіантів електродвигунів в складі компресора (при незмінній його механічній частині). При аналізі результатів оцінювались холодопродуктивність, холодильний коефіцієнт, температура обмоток, стійкість запуску, технологічність, собівартість виготовлення. На основі аналізу цих величин було відібрано, як базовий варіант для подальшої розробки, електродвигун із позисторним пускозахисним реле та робочим конденсатором.

Подальші експерименти проводились з метою підбору ємності робочого конденсатора. На підставі результатів цих експериментів були виготовлені нові зразки двигунів, характеристики яких були досліджені на вказаних стендах (див. табл.1).

Таблиця 1 – Технічні характеристики нового компресора

Технічні характеристики	$T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
	-20	-23.3	-27	-30
Холодопродуктивність – $Q$ , Вт	166	134.0	96.5	68.2
Споживана потужність – $N$ , Вт	135	121.0	106.8	97.0
Холодильний коефіцієнт – $K_e$	1.23	1.11	0.90	0.71

Дослідження показали, що новий компресор при роботі на R134a має холодильний коефіцієнт на 12.8% вищий, ніж у серійного, працюючого на R12, та на 16% вищий, ніж у того ж серійного при роботі на R134a. При цьому

холодопродуктивність нового компресора на R134a менша на 1%, ніж серійного на R12, але на 1% вища, ніж серійного на R134a. Крім того, виготовлення нового електродвигуна потребує на 12.5% менше електротехнічної сталі та на 4% – міді в порівнянні з серійним електродвигуном.

У четвертому розділі подано результати комплексних експериментальних досліджень теплоенергетичних параметрів побутового холодильника-морозильника, в якому впроваджено “довгий” капіляр та модернізований компресор.

Експериментальні дослідження проведено на спеціально розробленому лабораторному обладнанні, основними компонентами якого є термокамера, система вимірювань та управління.

Термокамера – теплоізольоване приміщення з платформою для трьох холодильників, кондиціонером та нагрівачем для створення необхідних температурних режимів, з'єднувальними проводами, екрануючими щитами, комплектом термоелектричних перетворювачів тощо.

Для підвищення точності та достовірності вимірювань система вимірювань і управління розроблена як автоматизована інформаційна система з трьома рівнями контролю і аналізу показників, з персональною ЕОМ на верхньому рівні. Середній рівень – універсальний контролер, що програмується, нижній – датчики і багатоканальний цифровий вимірювальний перетворювач Ш 711/ІІ. До структури технічних засобів входять також ряд спеціальних вузлів, об'єднаних у блок інтерфейса. У цілому система дозволяє управляти режимами роботи об'єкта досліджень, змінювати умови експерименту, автоматично їх підтримувати на необхідному рівні, зберігати та аналізувати великі обсяги експериментальних даних.

Об'єктом досліджень був двокамерний холодильник-морозильник загальним об'ємом 230 л із морозильною камерою в 100 л, розміщеною в нижній частині холодильника. Таке компонування та співвідношення об'ємів відповідають холодильнику-морозильнику “НОРД-239”, що випускається серійно АТ “НОРД”. В агрегаті цього холодильника-морозильника застосовано розроблений компресор та випаровувальна система, яка складається із прокатно-зварного випарника холодної камери та листотрубного випарника морозильної камери. Капілярна трубка проходить

усередині каналів випарувальної системи по всій її довжині до заглушеного кінця листотрубного випарника.

Показники енергоспоживання побутових холодильників вимірювались в трьох серіях експериментів.

У першій серії об'єктами вимірювань були холодильники з серійними компресорами та випарувальною системою із звичайним, "коротким" капіляром, що дало базові значення енергоспоживання холодильників – добове споживання електроенергії при різній пропускній можливості капілярних трубок на R12 та R134a. Крім того, вимірювався ще й розподіл температур за висотою морозильної камери при роботі на R134a. Встановлено, що споживання енергії при роботі на R12 менше, ніж на R134a, і в кожному разі має чіткий мінімум в залежності від пропускної можливості капілярної трубки.

У другій серії об'єктами вимірювань були холодильники з серійними компресорами та з новими випарувальними системами з "довгим" капіляром. Результати вимірювань також демонструють мінімум у залежності від пропускної можливості капіляра як при роботі на R12, так і при роботі на R134a. Але тут цей мінімум має менш чіткий характер. Розподіл температур за висотою морозильної камери біля бокової стінки більш рівномірний, ніж на зразках із "коротким" капіляром. При тому ж нормативному температурному рівні (255 К) це призводить до зниження теплопритоків через панелі холодильника і, в свою чергу, зменшує енергоспоживання. Цей результат показано на рис. 3. Кількісний аналіз результатів свідчить про 12% зменшення енергоспоживання холодильників із "довгим" капіляром при роботі на R12. При роботі на R134a це зниження становить 18%.

У третій серії об'єктами вимірювань були холодильники з новими компресорами та новими випарувальними системами. Співставлення результатів показало, що енергоспоживання в холодильнику з новим компресором менше на 17% при роботі на R134a і на 8% при роботі на R12 в порівнянні з холодильниками, де було використано серійний компресор.

Таким чином, встановлено, що розробка нового компресора та випарувальної системи з "довгим" капіляром забезпечила зменшення енергоспоживання "НОРД-239" з 2.01 кВт·год на добу до 1.37 кВт·год на добу, що

становить 32% (див. рис. 4).

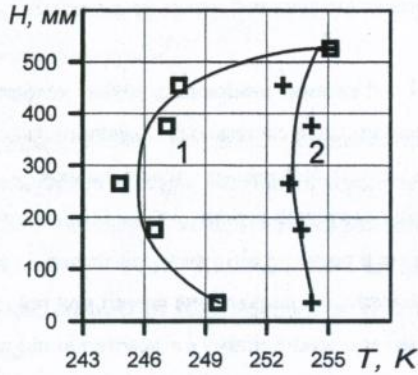


Рис. 3 - Розподіл температур за висотою морозильної камери.  
1 - звичайна випарувальна система; 2 - випарувальна система із "довгим" капіляром; □, + - експериментальні дані.

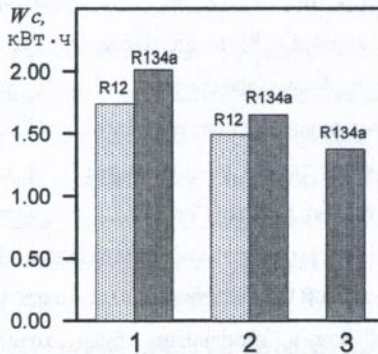


Рис. 4 - Діаграма енергоспоживання холодильників в трьох серіях експериментів  
1, 2, 3 - номер серії експериментів, □, ■ - експериментальні дані.

## ВИСНОВКИ

1. Розроблена математична модель та реалізуючий її алгоритм, які, можуть бути використані для розрахунків течій в капілярних трубках холодильних агрегатів

холодоагента R134a та інших нових холодагентів.

2. Створена методика модернізації серійного компресора, яка має загальний характер і може бути застосована для модернізації компресора при переході на інші нові холодагенти.
3. Розроблені компресор і випарувальна система з “довгим” капіляром, які забезпечили зменшення енергоспоживання побутовим холодильником-морозильником “НОРД-239” з 2.01 кВт·год на добу до 1.37 кВт·год на добу, що становить 32%.
4. Запропоновані в роботі технічні рішення використані в серійних компресорах ХКВ6.65-1МО та холодильнику-морозильнику “НОРД-239”, що виробляються АТ “НОРД”.
5. Проведені дослідження та розроблені технічні рішення сприяють переходу АТ “НОРД” в 1997 р. на випуск ПХП, працюючих на R134a, при суттєвому зниженні енергоспоживання їх холодильних агрегатів на виробництво холоду.

Основні положення і результати роботи відображені в таких публікаціях

1. Красновский И.Н. Влияние параметров агрегата на энергопотребление бытовых холодильных приборов // Придніпровський науковий вісник. Машинобудування. - 1997. - №32(43). - С. 1-5.
2. Красновский И.Н. Перспективные пути снижения энергопотребления бытовых холодильных приборов // Придніпровський науковий вісник. Машинобудування. - 1997 р. - №32(43). - С. 42-46.
3. Zhelezny V.P., Voronovski A.M., Zhelezny V.P., Rubnikov M.V., Bisro E.G., Krasnovski I.N. Phase Equilibria in Ammonia - New Refrigerating Oil Mixtures, Methods of Experimental Date Analysis // Proc. Intern. Conf. “Application for Natural Refrigerants”. - Aarhus (Denmark). - 1996. - P. 769-776.
4. Krasnovsky I.N., Muravia E.S., Onistchenko V.P. Elaboration of compressor working on R134a // Proc. Intern. Conf. Energy Effec. New Refrig. - Vol. 1. - Purdue (USA). - 1996. - P. 247-250.
5. Пат. № 1806315. СССР, МКИ F 25 D 11/02. Компрессионный холодильный

агрегат / И.Н. Красновский, В.И. Ермолов, Г.К. Лавренченко, Н.В. Ильин, М.Г. Хмельнюк (СССР). - № 4889615/06; Заявлено 12.12.90; Опубл. 30.03.93, Бюл. №12. - 3 с.

6. Красновский И.Н. Исследование агрегата бытового двухкамерного холодильника с новой испарительной системой // Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции "Холод - народному хозяйству". - Ленинград: ЛТИХП. - 1991. - С.131.

7. Гейер Г.В., Красновский И.Н., Афанасенко В.И. Измерительно-вычислительная система для исследований холодильной техники // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции "Прогрессивная техника и технологии машиностроения". - Донецк: ДонГТУ. - 1995. - С. 50.

8. Гейер Г.В., Красновский И.Н., Багдасарян С.С. Стенд для исследования электромеханических параметров электродвигателя компрессора бытовых холодильников // Тезисы докладов международной научно-технической конференции "Прогрессивная техника и технологии машиностроения". - Донецк: ДонГТУ. - 1995. - С. 51.

9. Красновский И.Н., Афанасенко В.И., Куницын Л.А. Автоматизированный стенд для испытания компрессоров // Тезисы докладов международной научно-технической конференции "Современные проблемы машиностроения и технический прогресс". - Донецк: ДонГТУ. - 1996. - С. 269-270.

#### АНОТАЦІЯ

Красновський І.Н. Зниження енергоспоживання побутових холодильників при переході на нові холодагенти. - Рукопис.

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

Досліджені процеси в основних вузлах холодильного агрегата побутового холодильника. Розроблена математична модель неадіабатичних течій R134a в капілярній трубі випарувальної системи. Запропоновано нове технічне рішення –

“довгий капіляр”, який знаходиться всередині каналів випарника і охолоджується киплячим холодагентом. Розроблен розрахунково-експериментальний метод модернізації серійного компресора для роботи на R134a шляхом оптимізації характеристик електродвигуна. На спеціально створеному експериментальному комплексі проведені дослідження нової моделі двокамерного холодильника, що показали зниження його енергоспоживання при роботі на R134a на 32% в зрівнянні з базовою моделлю. Розроблені технічні рішення впроваджено при утворенні холодильника-морозильника “НОРД 239”.

Ключові слова: побутовий холодильник, озонобезпечний холодагент, компресор, капілярна трубка, зниження енергоспоживання.

#### АННОТАЦІЯ

Красновский И.Н. Снижение энергопотребления бытовых холодильников при переходе на новые хладагенты. - Рукопись.

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

Исследованы процессы в основных узлах холодильного агрегата бытового холодильника. Разработана математическая модель неадиабатических течений R134a в капиллярной трубке испарительной системы. Предложено новое техническое решение – “длинный капилляр”, который помещается внутри каналов испарителя и охлаждается кипящим хладагентом. Разработан расчетно-экспериментальный метод модернизации серийного компрессора для работы на R134a путем оптимизации характеристик электродвигателя. На специально созданном экспериментальном комплексе проведены исследования новой модели двухкамерного холодильника, которые показали снижение его энергопотребления при работе на R134a на 32% по сравнению с базовой моделью. Разработанные технические решения внедрены при создании холодильника-морозильника “НОРД-239”.

Ключевые слова: бытовой холодильник, озонобезопасный хладагент,

компрессор, капиллярная трубка, снижение энергопотребления.

## SUMMARY

Krasnovsky I.N. The reduction of power-usage of household refrigerators at transition on new refrigerants.

Thesis for a candidate's degree by speciality 05.04.03 - refrigerating and cryogenics engineering, systems of conditioning. - Odessa State Academy of Refrigeration, Odessa, 1997.

The processes in the main units of the refrigerator set of household refrigerator have been researched. The mathematical model of non-adiabatic processes R134a in the capillary tube of evaporation system was developed. New technical solution was offered - "long capillary tube", which situated inside the canal of evaporator and cool with boiling refrigerant. The calculation-experimental method of modernization of quantity compressor for working on R134a by optimization of the electric motor features was developed. On the specially created experimental complex the researches of a new model of double-camera refrigerator were made, which indicated the reduction of its power expenditure during working on R134a for 32% in comparison with basic model. Developed technical solution are being installed in the course of creating refrigerator-freezer "NORD-239".

Key words: household refrigerators, ozone safe refrigerants, compressor, capillary tube, reduction of the power expenditure.



АВ 38.542

Підп. до друку 12.09.97  
Ксерографічний друк

Формат А4

Папір XEROX Business

Тираж 100 прим.

Замовлення № 57-09/97

Одеська державна академія холоду

ООО СП «Компьютер НОРД», м. Донецьк, пр. Жуковського, 2, тел. 63-03-54