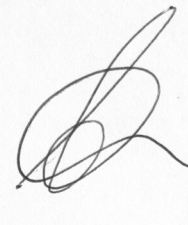


Автореферат
С 17

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ



САМСОНЕНКО ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 621.564; 641.546.44

**ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ
ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА
ПОБУТОВИХ ХОЛОДИЛЬНИКІВ**

05.05.14 - Холодильна, вакуумна та компресорна техніка,
системи кондиціонування

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса – 2008

Дисертація є рукописом.
Робота виконана в ЗАТ «НОРД»

Науковий керівник

- доктор технічних наук, професор
ХМЕЛЬНЮК МИХАЙЛО ГЕОРГІЙОВИЧ,
завідувач кафедри холодильних установок
Одеської державної академії холоду
МОН України

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, професор
МАЗУР ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ,
завідувач кафедри технічної термодинаміки
Одеської державної академії холоду
МОН України
- доктор технічних наук, професор
ГОРБЕНКО ГЕНАДІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ,
завідувач кафедри аерокосмічної
теплотехніки Національного аерокосмічного
університету ім. М.Е. Жуковського «ХАІ»
МОН України

Захист відбудеться « 12 » травня 2008 року в ауд. 108 на
засіданні спеціалізованої вченої ради Д.41.087.01 при Одеській державній академії
холоду за адресою: вул. Дворянська, 1/3, м. Одеса, Україна, 65082.

...ю можна ознайомитися у бібліотеці ОДАХ за адресою:
...а, 1/3, м. Одеса, 65082, Україна

...ий " 7 " квітня 2008 р.

...ної ради

Мілованов В.І.

xv1302
ІНСТИТУТ ХОЛОДА
ОНАХТ
БІБЛІОТЕКА

1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Стратегія розвитку промислового виробництва побутових холодильників АТ «Норд» у найближчі роки багато в чому залежить від безлічі вимог, які виникли в процесі глобальних змін у таких сферах, як економіка, енергетика й захист навколишнього середовища. АТ «НОРД» є одним з найбільших в області виробництва холодильної техніки на території колишнього СРСР – у його состав входить близько 28 виробничих цехів і підприємств, самі значні з яких розташовані на Україні й у Росії. В 2005 році підприємства випустили 1155706 одиниць холодильної техніки на суму 1,35 мільярдів гривень. В 2006 році Донецький завод холодильників НОРД збільшив виробництво своєї продукції більш ніж на 12%, що становить біля мільйона одиниць побутових холодильників і морозильників. Це пов'язане з тим, що за прогнозами, український ринок побутової техніки виросте на 30%. Плановане збільшення виробничих потужностей підприємства особливо помітно в порівнянні з 2005 роком, коли підприємством було випущено 852064 одиниць на суму 950 мільйонів гривень. При цьому частка заводу "НОРД" на українському ринку холодильної техніки займала 19,67%, у той час як частка Samsung склала 12,07%, компаній Stinol, Indesit, Ariston - 9,66%, а виробників Веко і Ardo усього 3,02% і 2,73%.

Ратифікація Україною в лютому 2004 року Кіотського Протоколу, що має силу Закону України, поставила перед АТ «НОРД» складні завдання, ігнорування яких сполучене із серйозними фінансовими проблемами, відчутними втратами політичних і економічних дивідендів. Прийнята науково-технічна програма сталого розвитку виробництва складної побутової техніки в Україні на 2006 – 2011 р. ставить перед стратегічно орієнтованою компанією «НОРД», що працює на ринках з високою конкуренцією, нові, більше масштабні завдання, які включають поряд з економічними й екологічними факторами, також соціальні, освітні й етичні аспекти. Таким чином, випуск побутових холодильників і морозильних камер, що відповідають сучасним вимогам, робить актуальними дослідження в області зменшення емісії парникових газів як основи створення конкурентоспроможної продукції.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Робота виконувалася відповідно до програми фундаментальних і пошукових досліджень, що відповідають Постанові Верховної Ради України від 4.02.2004 р. Про ратифікацію Кіотського Протоколу; Постанові Кабінету Міністрів України №624 від 16.05.2002 р. «Про посилення державного регулювання ввозу і вивозу з України озоноруйнуючих речовин»; Постанові Кабінету Міністрів України №256 від 04.03.2004 р., що утвердили «Програму припинення виробництва та використання озоноруйнуючих речовин до 2030р.», а також у рамках виконання науково-технічної програми сталого розвитку виробництва складної побутової техніки в Україні на 2006 – 2011 р.

Ціль й задачі досліджень. Ціль роботи полягає в аналізі, дослідженні, розробці й здійсненні заходів, що сприяють підвищенню конкурентоспроможності сучасного побутового холодильника – зменшенню емісії парникових газів в атмосферу. При цьому під емісією парникових газів розуміються не тільки **прямі**

викиди в атмосферу озоноруйнуючих речовин і вуглекислого газу, але й ефекти, сполучені з витратою енергії в процесах виробництва, експлуатації й утилізації побутових холодильників, які **побічно** також приводять до збільшення концентрації CO_2 в атмосфері

Для досягнення наміченої цілі було поставлено й здійснено рішення *основних задач*:

1. розробка науково-технічних і організаційних заходів щодо реалізації концепції сталого розвитку складної побутової техніки на основі зменшення емісії парникових газів при виробництві побутових холодильників;
2. моніторинг робочих параметрів побутових холодильників і оцінка їхнього взаємозв'язку із критеріями енергетичної ефективності й екологічної безпеки;
3. створення експериментальної бази для тестування основних параметрів керування якістю продукції, що випускається серійно;
4. побудова математичних моделей нестационарних термодинамічних процесів у камерах побутового холодильника ДХ-241, що імітують теплові режими приймально-здавальних випробувань;
5. скорочення числа й часу приймально-здавальних випробувань побутових холодильників за рахунок застосування нейромережних методів класифікації результатів вибіркового тестування основних показників якості виробу, що випускається.

Об'єктами дослідження є процеси транспорту енергії, імпульсу й маси при виробництві побутових холодильників, у результаті яких здійснюється емісія парникових газів у навколишнє середовище, а також озонобезпечні робочі тіла холодильних систем.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тім, що

- розроблена стратегія зниження емісії парникових газів при виробництві побутових холодильників на прикладі АТ НОРД, що використовує як критерій стійкого розвитку кліматичну характеристику життєвого циклу виробу;
- доведено, що основний внесок у кліматичну характеристику життєвого циклу побутового холодильника вносять непрямі ефекти глобального потепління, які є результатом споживання енергії в процесах добування сировини й матеріалів, виробництва, експлуатації й утилізації побутового холодильника. Аналіз повного життєвого циклу побутових холодильників, що використовують як холодоагенти вуглеводні (R600a) і фторвуглеводні (R134a), виявляє перевагу холодильних агрегатів на природних робочих речовинах.
- показано, що можливі витрати із системи охолодження побутового холодильника, що вимагають сервісного обслуговування протягом строку експлуатації, становлять менш 10% загальної дози заправлення. Прямий внесок від ефектів потепління за рахунок витоків холодоагенту зневажливо малий і може бути компенсований невеликим ($\sim 0,25\%$) збільшенням енергетичної ефективності;
- отримано тривимірні розподіли полів швидкостей і температур у реальних моделях камер побутових холодильників, що імітують результати теплових

впливів під час приймально-здавальних випробувань та створюють основу для розробки комп'ютеризованої системи діагностики якості продукції що випускається.

- запропоновано моделі нейронних мереж, які відтворюють із високою точністю результати калориметричних тестів при різних зовнішніх умовах і є ефективним інструментом для інтерполяції й прогнозування розходу маси холодоагенту й потужності компресорів побутових холодильників у широкому температурному діапазоні. Штучні нейронні мережі використано як критерії відбору продукції при проведенні температурних тестів побутових холодильників у нестационарних режимах, що істотно скоротило число й час приймально-здавальних випробувань при серійному виробництві побутових холодильників НОРД.

Обґрунтованість і вірогідність наукових положень і результатів визначаються:

- коректною постановкою завдань і перевіркою адекватності теоретичних моделей тепло- і масообміну й експериментальних даних;
- використанням сучасних математичних методів і програмних засобів рішення завдань прогнозування часових рядів.

Практична цінність отриманих результатів. У ході досліджень енергетичних характеристик компресорів і холодильних приладів отримано великий матеріал, що дозволив здійснити заходи щодо зниження емісії парникових газів при виробництві побутових холодильників. Впровадження в промисловість комплексу науково-технічних пропозицій, розроблених за участю автора, буде сприяти реалізації Україною прийнятих зобов'язань по дотриманню Монреальського Протоколу. Запропоновані моделі й методи аналізу повного життєвого циклу агрегатів холодильних машин дозволяють створювати моделі побутової техніки зі зменшеним енергоспоживанням і зниженням забруднення навколишнього середовища. Проведені дослідження дозволяють скоротити обсяг і строки дорогих експериментальних досліджень по моніторингу якості продукції АТ НОРД, що випускається.

Особистий внесок здобувача підтверджується самостійними науковими публікаціями, у яких відбиті головні ідеї й положення теоретичних розробок і експериментальних результатів. У процесі роботи над дисертацією при особистій участі здобувача була створена автоматизована система теплотехнічних випробувань холодильних приладів; обґрунтований вибір об'єктів дослідження й складена методика їхнього вивчення; виконано калориметричні дослідження моделей побутових холодильників, що випускаються, а також запропоновані науково-технічні й організаційні заходи щодо зниження емісії парникових газів на АТ «НОРД». Ряд наукових результатів отриманий у співробітництві з к.т.н. І.Н.Красновським - калориметричні дослідження, моделювання температурних полів у камерах холодильників. Певний внесок у розробку принципів аналізу життєвого циклу виробництва побутових холодильників вніс науковий керівник д.т.н., професор М.Г.Хмельнюк.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень були представлені й обговорювалися на 4-й Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки й технології», Одеса, 2005; Міжнародній науково-технічній конференції «Промисловий холод і аміак» Одеса, 2006; 5-й Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки й технології», Одеса, 2007.

Публікації. Основний зміст дисертації представлений у монографії, чотирьох статтях, опублікованих у професійних періодичних журналах і збірниках наукових праць міжнародних конференцій, які відповідають вимогам ВАК України; 4 роботи представлені у вигляді тез доповідей у збірниках наукових праць регіональних і міжнародних конференцій.

Обсяг і структура дисертації. Дисертація складається із введення, чотирьох розділів, основних висновків, списку використаної літератури, що включає 139 джерел, і додатків. У ній містяться 142 сторінок основного тексту, включаючи 14 таблиць і 54 малюнків. Додатки включають результати натурних випробувань побутових холодильників.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовується актуальність теми дисертації, відображається зв'язок з державними програмами й темами, сформульовані цілі й задачі дослідження. Наведено нові наукові результати, особистий внесок здобувача, відомості про апробацію результатів дисертації й основних публікацій.

У **першому розділі** аналізуються основні фактори підвищення конкурентоспроможності побутових холодильників у сучасних умовах – зменшення емісії парникових газів в атмосферу. При цьому під емісією парникових газів розуміються не тільки прямі викиди в атмосферу озоноруйнуючих речовин і вуглекислого газу, але й ефекти, сполучені з витратою енергії в процесах виробництва, експлуатації й утилізації побутових холодильників, які побічно також приводять до збільшення концентрації CO_2 в атмосфері.

Системний розгляд різних альтернатив проводиться на основі аналізу кліматичних характеристик життєвого циклу (**LCCP**) виробу й пропонується комплекс заходів щодо мінімізації викидів парникових газів при виробництві побутових холодильників і морозильних камер. Кліматична характеристика життєвого циклу виробу виражається в одиницях CO_2 – еквіваленту, урахує вплив прямої й непрямої емісії парникових газів на клімат протягом усього життєвого циклу (виробництва компонентів, зборки, експлуатації й утилізації) виробу, у нашій випадку, побутового холодильника або морозильної камери. Знаходження найкращої кліматичної характеристики виробу вирішує завдання гармонізації множини альтернатив, що сприяють захисту навколишнього середовища, підвищенню енергетичної ефективності побутового холодильника, зменшенню вартості виробу для споживача й росту зацікавленості промисловості в інноваціях.

Як модель, для якої аналізується підхід до мінімізації емісії парникових газів при випуску найпоширеніших побутових холодильників марки НОРД, розглянутий холодильник ДХ 241 з корисним об'ємом холодильної камери 197 л і строком експлуатації 15 років. Для оцінки кліматичних впливів на навколишнє середовище використовується системний підхід до аналізу балансу потоків маси, енергії й фінансів при виробництві побутових холодильників. Для зіставлення й спрощення аналізу середньорічні витрати електроенергії при експлуатації холодильника вважали рівними $E_0 = 300$ кВт·рік для різних холодоагентів та агентів-спінювачів. При температурі навколишнього середовища 20°C ця величина еквівалентна витратам $E_p \approx 750$ кВт·рік первинної енергії.

Поетапна послідовність розрахунків виглядає в такий спосіб. У рамках границь системи інформація про матеріальні складові холодильника містить відомості про сировину й матеріали, хімікати, компоненти, а також напівфабрикати. Складання балансу маси для життєвого циклу дозволяє зробити досить точний прогноз базисних матеріалів, використовуваних при зборці холодильника. Фінансові потоки дозволяють оцінити витрати енергії в тих випадках, коли інформація про процеси життєвого циклу або відсутня, або не може бути розрахована стандартними методами, а експериментальна перевірка трудомістка й економічно невигідна. Наприклад, для оцінки витрати енергії на одержання напівфабрикатів або компонентів, вироблених в інших галузях промисловості, були використані середньостатистичні дані про енергетичні витрати на одиницю продукції. У даній роботі не розглядаються загальні фінансові потоки, що формують ціну виробу. Відзначимо, що витрата енергії на виробництво побутового холодильника й матеріалів у ціновому вимірі, становить у середньому близько 15% його споживчої вартості.

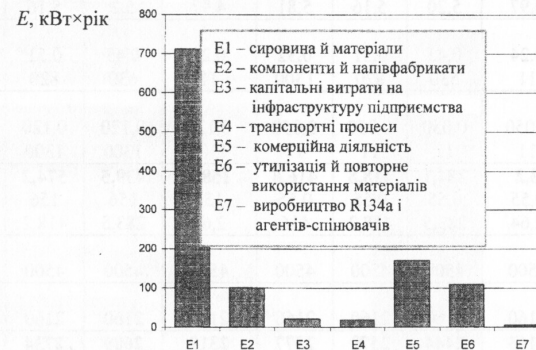


Рис 1. Розподіл витрат енергії для життєвого циклу побутового холодильника

Витрати енергії на всіх стадіях життєвого циклу практично однакові, як для холодильників, що працюють на природних холодоагентах, так і на синтетичних. Істотна відмінність спостерігається лише при аналізі енергетичних витрат на

виробництво безпосередньо холодоагентів і піноізоляційних матеріалів. Для побутового холодильника, що працює на ізобутані, сумарна оцінка енергії, необхідної для виробництва холодоагенту й ізоляційного матеріалу відносно невисока $E_7 \approx 1$ кВт·рік. Витрата енергії на виробництво іншого розповсюдженого синтетичного холодоагенту R134a значно вище й становить $E_7 \approx 4,5$ кВт·рік, розраховуючи на одиницю продукції. Рисунок 1 ілюструє нерівномірність внесків різних процесів у загальні енергетичні витрати й указує напрямки для застосування інноваційних процесів, що зменшують споживання енергії. Результати оцінки кліматичних характеристик для холодильників, що працюють на природному й синтетичному холодоагентах дані в таблиці 1.

При обчисленні *LCCP* урахували тільки внесок непрямих складових (E_P і E_i , $i=1...7$) емісії парникових газів протягом життєвого циклу, зневажаючи внеском прямих ефектів, які пов'язані з безпосередніми витокми, через їхню малість. Розрахункова залежність має вигляд:

$$LCCP = TEWI + \alpha \times \left[(E_P - E_0) \times L + \sum_{i=1}^7 E_i \right]. \quad (1)$$

Таблиця 1. - Сумарний еквівалент впливу потепління - TEWI і кліматичні характеристики життєвого циклу - LCCP для моделі холодильника ДХ-241

Спінювачі	Ізобутан R600a				HFC - 134a			
	Цикло- пентан	HCFC- 141b	HFC- 245fa	HFC- 134a	Цикло- пентан	HCFC- 141b	HFC- 245fa	HFC- 134a
Піна								
Об'єм (м ³)	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
Маса (кг)	4,97	5,20	5,16	5,81	4,97	5,2	5,16	5,81
Спінювач								
Маса (кг)	0,24	0,45	0,51	0,32	0,24	0,45	0,51	0,32
GWP	11	630	820	1300	11	630	820	1300
Холодоагент								
Маса (кг)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,120	0,120	0,120	0,120
GWP	11	11	11	11	1300	1300	1300	1300
Прямий ефект	3,2	284,1	418,8	416,6	158,6	439,5	574,2	572
Холодоагент	0,55	0,55	0,55	0,55	156	156	156	156
Спінювач	2,64	283,5	418,2	416	2,64	283,5	418,2	416
Експлуатаційні витрати (кВт·рік)	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
Непрямий ефект (кг CO₂)	2160	2160	2160	2160	2160	2160	2160	2160
TEWI	2163	2444	2579	2577	2319	2600	2734	2732
Відсотковий вклад прямої емісії в TEWI	0,15	11,6	16,2	16,2	6,8	16,9	21,0	20,9
LCCP	5946	6227	6362	6360	6104	6385	6519	6517
Відсотковий вклад прямої емісії в LCCP	0,06	4,9	7,0	7,0	2,6	6,1	8,8	8,8

При аналізі повного життєвого циклу відсотковий вклад від прямої емісії парникових газів зменшується майже в 3 рази в порівнянні *TEWI* оцінкою й, у найгіршому разі, не перевищує 9 %. Найкраще рішення з погляду *LCCP* - критерію виявляє комбінація холодоагент - ізобутан і спінювач - циклопентан.

Проведений аналіз життєвого циклу продукції, що випускається, дозволив сформулювати основні вимоги до виробничих процесів, які приведуть до зниження емісії парникових газів. Необхідні заходи включають:

- транспортування й зберігання холодоагентів і речовин що утворюють піну;
- моніторинг викидів парникових газів у транспортних системах;
- роботу з ізоляційними матеріалами;
- системи заправки холодоагентів;
- лабораторне тестування;
- утилізацію відходів виробництва.

У другому розділі моделюються процеси тепло - і масопереносу в холодильній камері, які значно впливають на властивості й строки зберігання продуктів. Одне з основних завдань підвищення якості побутового холодильника - це забезпечення рівномірного поля температури та вологості у холодильній камері. Складна геометрія розподілу продуктів при завантаженні робить надзвичайно складною завдання пошуку оптимальної конфігурації й найкращих режимів зберігання емпіричним шляхом. Сучасні обчислювальні методи комп'ютерної флюїдної динаміки CFD (Computer Fluid Dynamics) дозволяють із високою точністю вирішити основні рівняння балансу маси, енергії й імпульсу для складних конфігурацій без припущень, що спростують задачу.

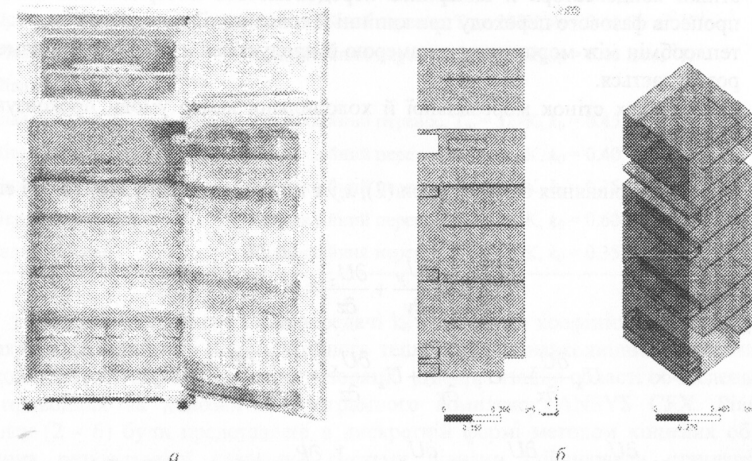


Рис. 2. Зовнішній вигляд холодильника ДХ-241 і його дискретна геометрична модель

Стосовно до цілям даної роботи тут розглядається моделювання реальних процесів гідродинаміки й теплопередачі в камерах побутового холодильника, виконаних CFD методами, що зменшує натурне експериментування й оптимізує робочі параметри безпосередньо протягом життєвого циклу виробу під час його випуску. Оцінка ефективності холодильних систем розглядається на прикладі побутового холодильника ДХ-241, для якого виконані необхідні розрахунки полів швидкості та температури при різних зовнішніх умовах. Обчислення проводили методами комп'ютерної флюїдної динаміки для тривимірного випадку. На рисунку 2 представлені реальна конфігурація холодильника ДХ-241 і відповідна геометрична модель, у якій проведено розбивка області простору на кінцеві елементи. Обчислення проводили на сітці $32 \times 32 \times 32$ уздовж кожного з напрямків. Рівняння балансу енергії, маси та імпульсу для стаціонарного випадку були записані з урахуванням наступних допущень:

- газове середовище в холодильнику є нестисливим, оскільки при числах Маха порядку 10^{-3} , які спостерігаються в холодильній і морозильній камерах, це допущення виконується з високою точністю;
- ефекти витоку повітря через нещільності й процес утворення інею не розглядаються;
- теплофізичні властивості передбачаються постійними в досліджуваному інтервалі температур;
- процеси радіаційного теплопереносу зневажливо малі;
- потоки вважаються ламінарними як у морозильної, так і холодильної камерах, оскільки величина числа Релея ($Ra < 10^8$) значно нижче в порівнянні з величиною характерної для переходу в турбулентний режим;
- стінки конденсатора й випарника передбачаються ізотермічними внаслідок процесів фазового переходу при кипінні й конденсації холодоагентів;
- теплообмін між морозильною камерою й продуктами в холодильній камері не розглядається.
- на границях стінок морозильної й холодильної камер умови проковзування відсутні.

Відповідні рівняння балансу маси (2), x, y, z компонентів імпульсу (3-5) і енергії (6) мають вигляд:

$$\frac{\partial U_x}{\partial x} + \frac{\partial U_y}{\partial y} + \frac{\partial U_z}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

$$U_x \frac{\partial U_x}{\partial x} + U_y \frac{\partial U_x}{\partial y} + U_z \frac{\partial U_x}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \Delta U_x \quad (3)$$

$$U_x \frac{\partial U_y}{\partial x} + U_y \frac{\partial U_y}{\partial y} + U_z \frac{\partial U_y}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} + \nu \Delta U_y + g\beta(T - T_0) \quad (4)$$

$$U_x \frac{\partial U_z}{\partial x} + U_y \frac{\partial U_z}{\partial y} + U_z \frac{\partial U_z}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial z} + \nu \Delta U_z \quad (5)$$

$$U_x \frac{\partial T}{\partial x} + U_y \frac{\partial T}{\partial y} + U_z \frac{\partial T}{\partial z} = \kappa \Delta T \quad (6)$$

де ρ – густина (кг м^{-3}), U_i – компоненти швидкості (м с^{-1}), P – тиск (Па), ν – кінематична в'язкість ($\text{м}^2 \text{с}^{-1}$), β – коефіцієнт термічного розширення (K^{-1}), κ – коефіцієнт теплопровідності ($\text{м}^2 \text{с}^{-1}$), T – температура (К), g – прискорення вільного падіння (м с^{-2}).

Температурні граничні умови й коефіцієнти теплопередачі для морозильної й холодильної камер наведені нижче.

Морозильна камера	
Верхня стінка	Конвекційний перенос, $T_\infty = 302\text{K}$, $k_0 = 0.25 \text{ Вт м}^{-2} \text{K}^{-1}$
Права сторона стінки	Конвекційний перенос, $T_\infty = 302\text{K}$, $k_0 = 0.35 \text{ Вт м}^{-2} \text{K}^{-1}$
Ліва сторона стінки	Конвекційний перенос, $T_\infty = 302\text{K}$, $k_0 = 0.35 \text{ Вт м}^{-2} \text{K}^{-1}$
Нижня частина	Адіабатичні умови
Задня стінка	Конвекційний перенос, $T_\infty = 250\text{K}$, $k_0 = 10 \text{ Вт м}^{-2} \text{K}^{-1}$
Передня стінка	Конвекційний перенос, $T_\infty = 302\text{K}$, $k_0 = 0.60 \text{ Вт м}^{-2} \text{K}^{-1}$
Холодильна камера	
Верхня стінка	Адіабатичні умови
Права сторона	
Права стінка ХК	Конвекційний перенос, $T_\infty = 327\text{K}$, $k_0 = 0.45 \text{ Вт м}^{-2} \text{K}^{-1}$
Ліва сторона дверцят	Конвекційний перенос, $T_\infty = 302\text{K}$, $k_0 = 0.40 \text{ Вт м}^{-2} \text{K}^{-1}$
Ліва сторона	
Ліва стінка ХК	Конвекційний перенос, $T_\infty = 327\text{K}$, $k_0 = 0.45 \text{ Вт м}^{-2} \text{K}^{-1}$
Ліва сторона дверцят	Конвекційний перенос, $T_\infty = 302\text{K}$, $k_0 = 0.40 \text{ Вт м}^{-2} \text{K}^{-1}$
Нижня частина	Конвекційний перенос, $T_\infty = 302\text{K}$, $k_0 = 0.25 \text{ Вт м}^{-2} \text{K}^{-1}$
Передня частина	Конвекційний перенос, $T_\infty = 302\text{K}$, $k_0 = 0.60 \text{ Вт м}^{-2} \text{K}^{-1}$
Задня частина	Конвекційний перенос, $T_\infty = 327\text{K}$, $k_0 = 0.35 \text{ Вт м}^{-2} \text{K}^{-1}$

Сумарний коефіцієнт теплопередачі k_0 урахував коефіцієнти теплопередачі за рахунок радіаційного й конвекційного теплообміну з навколишнім середовищем, а також теплопровідність і товщину ізоляції. Дискретизацію області обчислень (рис. 2б) проводили за допомогою програмного комплексу ANSYS CFX. Рівняння балансу (2 - 6) були представлені в дискретній формі методом кінцевих об'ємів. Рішення результуючої скалярної системи рівнянь здійснювали стандартними методами для залежних змінних для кожного осередку, причому для рішення сполученої системи, що зв'язує тиск і швидкість, використали алгоритм Патанкара.

Для скорочення часу обчислень урахували вертикальну симетрію задачі. Перевірку надійності обчислень проводили по виконанню точності балансових співвідношень для маси й енергії в морозильній (менш 10^{-3} % і 0.5%, відповідно) і холодильній (менш 10^{-3} % і 0.6%) камерах. Типові результати моделювання полів швидкостей і температур наведені на рисунку 3.

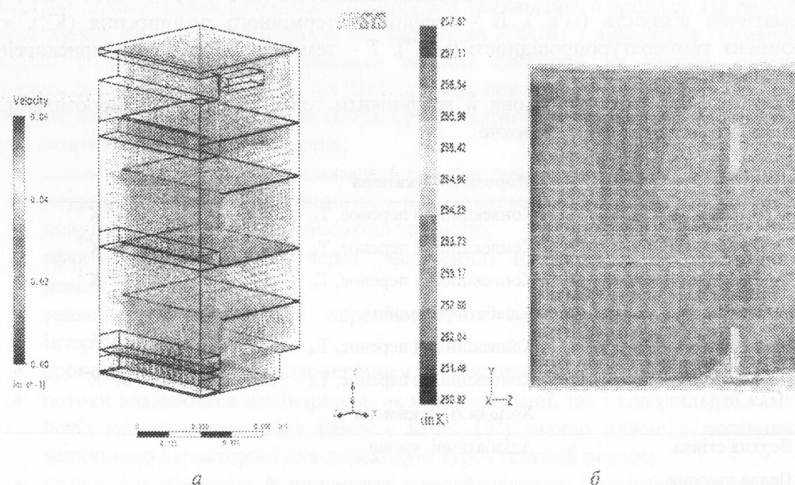


Рис.3. Поля швидкостей (а) і температур поблизу бічних стінок морозильної камери ($x = 0.1$ м) (б)

Розрахунки показали, що коливання швидкості в камерах побутового холодильника перебувають у межах від 0 до 0.4 м/с, у той час як зміни температури по висоті камер можуть досягати 4...5 градусів. Максимальні швидкості спостерігали на невеликих відстанях від верхньої частини холодильної камери, а мінімальні значення швидкості й відповідних застійних зон були характерні для нижньої частини камер нижче полиць. Поблизу верхньої частини камер спостерігається максимальне підвищення температури, потім відбувається різкий спад температури на невеликих відстанях від стінок камери за межами теплового прикордонного шару. В іншій частині камери встановлюється відносно однорідний розподіл температур, причому області під полками виявляються більш нагрітими, що пояснюється більш низькими швидкостями повітряних потоків.

Для аналізу перехідних процесів розглянута динамічна модель, що відображає рівняння балансу енергії для системи охолодження. Розглянуто динаміку енергоспоживання побутового холодильника при охолодженні об'єктів при різних параметрах навколишнього середовища й властивостей охолоджуваного об'єкта, що акумулює тепло. Результати моделювання температурних полів у камерах

побутового холодильника, що підтверджені експериментальними даними, дозволили з'ясувати загальні взаємозв'язки між основними параметрами, для яких здійснюється моніторинг під час приймально-складальних випробувань, і критеріями відбраковування неякісної продукції.

Третій розділ присвячений експериментальному дослідженню впливу робочих параметрів побутових холодильників на критерії якості побутового холодильника, що ведуть до зниження емісії парникових газів при їхньому виробництві. Для рішення завдання моніторингу якості продукції, що випускається, у роботі розглядаються основні принципи й алгоритми функціонування Автоматизованої Системи Теплоенергетичних Випробувань Холодильних Приладів (АСТВХП). Послідовність тестування теплоенергетичних параметрів включає наступні етапи.

- **Виділення «нормальних» циклів.** Мінімальний час неробочої частини циклу $\delta_{\min} = 3$ хвилини. «Нормальним» циклом вважається такий цикл, у якого тривалість неробочого періоду перевищує задане значення $\delta_{\min}$. Фіксуються моменти часу початку циклу, кінця робочої частини циклу й кінця самого циклу.
- **Тестування циклів за «контрольний час».** Для «контрольного часу» – 170 ± 3 хв кількість циклів вважають рівним кількості включень холодильного приладу за всі 170 ± 3 хв роботи ХП мінус одиниця. Під «контрольним часом» розуміють останній період часу роботи холодильного приладу, протягом якого контролюються теплоенергетичні параметри. Холодильні прилади, тривалість випробувань яких складе значення менше зазначеного, повинні відхилитися з відповідним формулюванням у карті контролю якості й показом досягнутих теплоенергетичних параметрів.
- **Тестування витрати електроенергії за «контрольний час».** Витрата електроенергії визначається різницею кінцевого й початкового показань за «контрольний час». Це значення порівнюється із заданою верхньою межею й у випадку перевищення фіксується брак по витраті електроенергії.
- **Тестування температури в холодильній камері (ХК).** З масиву температур у ХК вибираються значення, що відповідають максимальному й мінімальному значенням температур за останній «нормальний» цикл, обчислюється середньоарифметичне значення $T_{\text{ХК поріг}}$ і порівнюється з верхньою й нижньою межами, відповідно. У випадку виходу $T_{\text{ХК поріг}}$ із діапазону фіксується брак по невідповідності температури в ХК. У випадку відсутності «нормального» циклу фіксується середньоарифметичне значення мінімальної й максимальної температури від моменту останнього включення до моменту закінчення випробування.
- **Тестування температури в низькотемпературному відділенні (НТВ) або морозильній камері (МК).** З масиву температур у НТВ або МК вибираються значення, що відповідають максимальному й мінімальному значенням температури за останній «нормальний» цикл, обчислюється середньоарифметичне значення $T_{\text{НТВ поріг}}$ або $T_{\text{МК поріг}}$, що порівнюється з верхньою й нижньою межею, відповідно. У випадку виходу $T_{\text{НТВ поріг}}$ або $T_{\text{МК поріг}}$ із діапазону фіксується брак по невідповідності температури в НТВ або МК. У

випадку відсутності одного «нормального» циклу фіксується середньоарифметичне значення мінімальної й максимальної температури від моменту останнього включення до моменту закінчення випробування.

У роботі наведено великий статистичний матеріал по динаміці переходу холодильної системи в стаціонарний стан при різних зовнішніх параметрах. На рис. 4 зображені характерні залежності зміни температури й тиску в холодильній (ХК) і морозильній камерах (МК) за період випробувань при заданих температурі навколишнього середовища й оптимальній масі заправки холодоагенту (M_0).

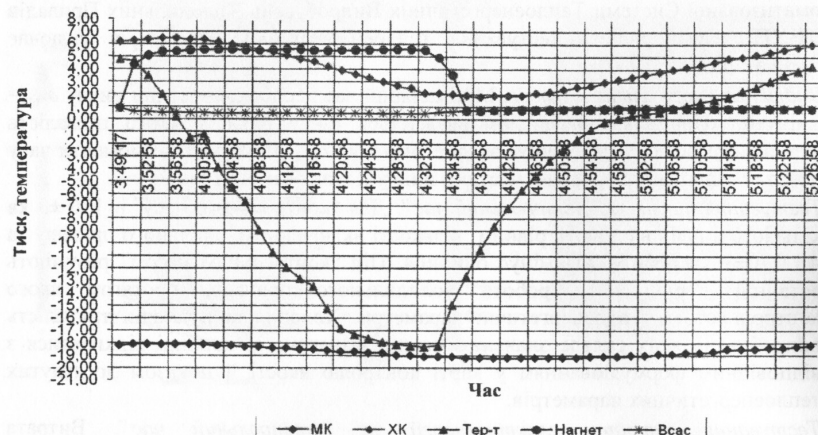


Рис. 4. Процес зміни температури в камерах холодильника ($T_0 = 305\text{K}$, $M_0 = 55\text{g}$)

У четвертому розділі показано, що енергетичний критерій взаємозалежний з усіма якісними індикаторами стійкого розвитку, які не можуть бути оцінені однозначно. Для зменшення невизначеності, коли не можна побудувати чіткі кількісні моделі процесів, були застосовані методи сучасних інформаційних технологій, засновані на нейромережному підході. Розглянуто два класи задач, де будуються нейромережні моделі: задача прецизійного опису результатів калориметричних тестів компресорів побутових холодильників по обмеженим експериментальним даним і задача прогнозування результатів прийнятно-здавальних випробувань по часових рядах температурних вимірів.

На основі аналізу тенденцій у проектуванні й виробництві побутових холодильників і морозильників був зроблений висновок про те, що найбільш прості способи зменшення енергоспоживання, такі як поліпшення якості ущільнень і/або ізоляції, майже повністю вичерпали свої можливості. Подальше підвищення ефективності переносить центр ваги на вдосконалення основного енергоспоживаючого елемента побутового холодильника - компресора, причому не окремо, а у рамках холодильної системи, у цілому.

Ця обставина робить актуальним можливо більш точне визначення масової заправки холодоагенту й потужності компресора за результатами калориметричних тестів з метою розширення діапазону зміни температур у випарнику, конденсаторі й навколишньому середовищі. Оскільки безпосередній перебір настільки великої кількості варіантів вимагає більших витрат часу й надзвичайно неекономічний, уперше були розроблені моделі штучних нейронних мереж для агрегування й прецизійного опису даних калориметричних тестів компресорів побутових холодильників.

Були розглянуті результати стандартних калориметричних тестів для малих герметичних компресорів різних фірм, для яких наведені результати калориметричних тестів. Для компресорів побутових холодильників НОРД розглянуті три набори даних, що відповідають випробуванням на різних холодоагентах R12, R134a і R600a. Запропонована нейромережна модель із високою точністю описує результати доступних експериментальних досліджень компресорів. Відносна помилка ніде не перевищувала 4% для всього масиву даних. Більш точний опис може бути досягнуто, якщо для навчання мережі використати тільки результати випробувань одного з типів компресорів. У цьому випадку вдається описати дані з точністю менш 1%. У результаті випробувань було встановлено, що залежно від температури навколишнього середовища процес стабілізації температури у відділеннях наступає не менш чим через 120-170 хвилин роботи випробуваного холодильника. Цей факт ураховувався при визначенні мінімального часу, необхідного для проведення випробувань по перевірці температурних параметрів ДХ-241, що відповідно до діючих нормативів становить 170 хвилин. Докладні результати випробувань при різних заправленнях холодоагенту наведені в додатку 2 до дисертації. Поводження узагальнюючих температурних кривих є критерієм відбору якості виробу, що випускається, у якому в інтегрованій формі відображаються можливі джерела дефектів і технологічні недоліки, властиві даному виробу.

У дисертації поставлена й вирішується важлива із практичної точки зору задача скорочення числа прийнятно-здавальних випробувань на основі невеликого числа вимірів фізичних величин (у цьому випадку температур у камерах холодильника) за досить короткий проміжок часу й існуючих баз даних про попереднє тестування холодильників, що випускаються. На основі нейромережного підходу розглянуто прогнозування тимчасових рядів, що імітують виміри температури в камерах холодильника в процесі прийнятно-здавальних випробувань (задача прогнозування часових рядів) і селекція придатності холодильників, що тестуються по взаємозв'язку зміни температури (задача класифікації або розпізнавання образів).

Вихідні дані. Як база даних, на якій відпрацьовували запропонований підхід, були обрані результати прийнятно-здавальних випробувань холодильників ДХ - 241, проведених в 2004 - 2006 р. На основі вхідних даних - навчальної вибірки (маса заправки, температура навколишнього середовища, усереднена температура в холодильній камері, час випробувань) і числа нейронів у схованому шарі був сконструйований нейромережний предиктор. Алгоритми побудови нейронної

мережі, використовувані для рішення поставленого завдання, використали середовище MATLAB. Навчання мереж зворотного поширення реалізувалося за допомогою модифікованого методу Левенберга - Маквардта. Для ініціалізації ваг для мереж зі зворотним поширенням використався метод Nguyen-Widrow. Кількість шарів і нейронів, що втримуються в них, варіювалося залежно від поставленого окремого завдання. Ефективність роботи нейромережного предиктора оцінювали по середньому абсолютному відхиленню. На рис. 5 відображені результати нейромережного прогнозу зміни температури в холодильній камері, де параметри нейронної мережі встановлені на основі тренування навчальної вибірки даних випробувань за період 30 хвилин.

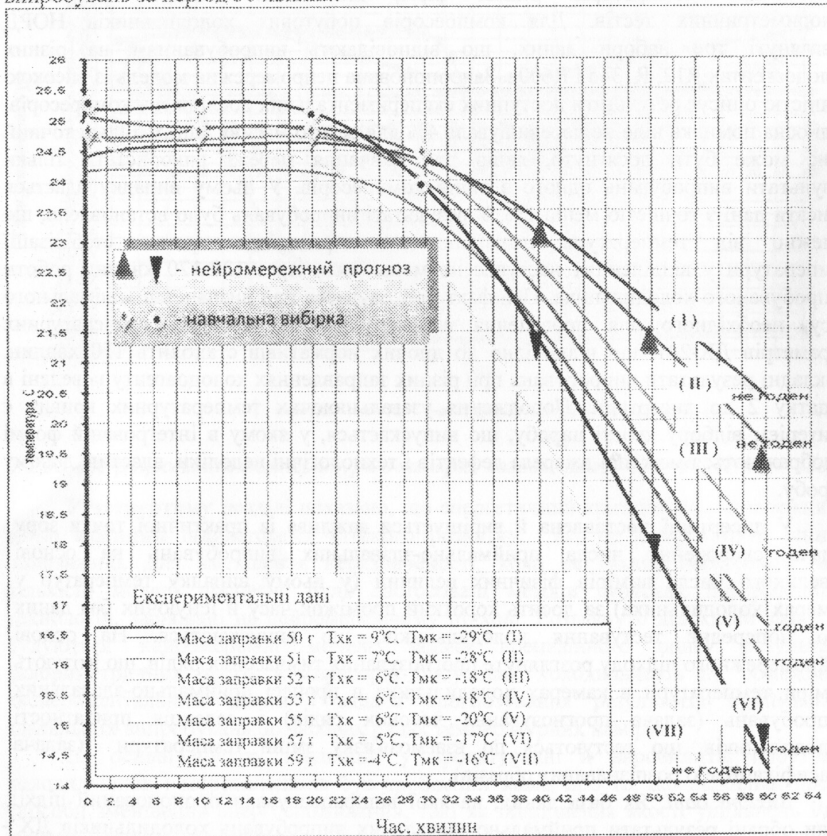


Рис. 5. Експериментальні та прогнозовані зміни температури при тестуванні побутового холодильника марки ДХ - 241

Компроміс між точністю довгострокового прогнозу температури й мінімальним часом випробувань був досягнутий у тому випадку, коли були обрані дані навчальної вибірки за період 30 хв. Більш короткий проміжок часу не дозволив здійснити довгостроковий прогноз. У дисертації представлені результати прогнозування температури для стандартного часу прийнятно-здавальних випробувань для нейронних мереж різної архітектури й при різних навчальних вибірках. Оптимальні результати були досягнуті для тришарової нейронної мережі, архітектура якої дозволяє описати з досить високою точністю ($\pm 0.2^{\circ}\text{C}$), як навчальну (30хв.), так і контрольну вибірки (150хв.), містить два схованих нелінійних шари, формованих з 3-х і 2-х нейронів, відповідно.

Для прогнозування придатності побутового холодильника в процесі прийнятно-здавальних випробувань була побудована багатошарова нейронна мережа з одним схованим шаром. Вихід від нейронів схованого шару моделювали сигмоїдною функцією. Вхідні дані K_{ij} (температура навколишнього середовища, маса заправлення, температура в морозильній камері, температура в холодильній камері за період часу 150 хв. із інтервалом 10 хв.) нормували за правилом

$$K_{ij}^N = \frac{2(K_{ij} - \min K_{ij})}{\max K_{ij} - \min K_{ij}} - 1$$

Для дискримінації між придатними та непридатними апаратами була вибрана ступінчаста функція приналежності (вихідна величина) - Y . Якщо холодильник відповідав вимогам прийнятно-здавальних випробувань значення функції ідентифікували $Y = 1$ У протилежному випадку $Y = 0$. Результати прогнозування придатності холодильників до експлуатації за даними вимірювання температур в процесі тестування наведені в табл.2 і відображені на рис. 5. Випробування (II), (VI) вибрано як контрольну вибірку, дані якої не було включені в навчальну вибірку.

Табл. 2. Нейромережна оцінка придатності випробуваних холодильників

Маса заправки, г	Температура навколишнього середовища, °C	Температура в хол. камері через 170 хв випробувань, °C	Часовий інтервал вимірювань	Y Експ. дані	Y Нейронна мережа
50 (I)	24.4	9 (НС прогноз = 8.7)	60 мин	0	0
51 (II)	24.6	7 (НС прогноз = 7.0)	60 мин	0	0
52 (III)	24.7	6 (НС прогноз = 5.9)	60 мин	1	1
53 (IV)	24.2	6 (НС прогноз = 5.9)	60 мин	1	1
55 (V)	25.1	6 (НС прогноз = 6.1)	60 мин	1	1
57 (VI)	25.5	5 (НС прогноз = 5.3)	60 мин	1	1
59 (VII)	25	-4 (НС прогноз = -3.9)	60 мин	0	0

Хоча позитивний результат прогнозування придатності/непридатності холодильників був продемонстрований з високою точністю, необхідно відзначити, що запропонований підхід має потребу в додатковій статистичній перевірці на більшому числі випробувань. Однак навіть песимістична оцінка перспективності застосування методів штучного інтелекту дозволяє очікувати зниження часу прийнятно-здавальних випробувань в 4...5 разів.

Розглянутий у роботі метод агрегації результатів калориметричних тестів має важливе практичне значення при проведенні серійних випробувань побутових холодильників марки НОРД і відкриває перспективу застосування систем штучного інтелекту для аналізу якості продукції, що випускається.

ВИСНОВКИ

1. Оцінка кліматичних характеристик життєвого циклу (*LCCP*) побутового холодильника є найбільш прийнятною з погляду критеріїв стійкого розвитку побутової холодильної техніки й відображає компроміс, досягнутий між енергетичними, екологічними, економічними й технологічними критеріями.
2. Система охолодження побутового холодильника, хоча і є герметичною, проте, вимагає сервісного обслуговування протягом строку експлуатації. Однак можливі витрати в цьому випадку надзвичайно малі й становлять менш 10% загальної заправки. Прямий внесок від ефектів потепління за рахунок витоків холодоагенту зневажає малий і може бути компенсований невеликим (~0,25%) збільшенням енергетичної ефективності.
3. Основний внесок у кліматичну характеристику життєвого циклу вносить непрямий ефект потепління, що є наслідком процесів споживання енергії в процесах добування сировини й матеріалів, виробництві, експлуатації й утилізації побутового холодильника.
4. Аналіз кліматичних характеристик повного життєвого циклу побутових холодильників, що використовують як холодоагенти - вуглеводні (R600a) і фторвуглеводні (R134a), показує перевагу холодильних агрегатів на ізобутані, на відміну від критерію *TEWI*, для якого скільки-небудь значна відмінність між зазначеними холодоагентами, відсутня.
5. Нейромережний підхід до подання результатів калориметричних тестів дозволяє обмежитися мінімальним числом експериментів при проведенні випробувань інших типів герметичних компресорів, оскільки створені мережі є навчальною вибіркою для наступних прогнозів з точністю, що відповідає міжнародним стандартам (наприклад, стандарту ASHRAE (Standard 23-1993) для компресорів побутових холодильників.
6. Тришарова нейронна мережа, архітектура якої дозволяє описати з досить високою точністю ($\pm 0.2^{\circ}\text{C}$), як навчальну (30хв.), так і контрольну вибірку (150хв.), містить два схованих нелінійних шари, що утворюються з 3-х і 2-х нейронів, відповідно.

- xv1302
ІНСТИТУТ ХОЛОДА
ОНАХТ
7. Досліджені моделі нейронних мереж показали свою ефективність у задачах відтворення й прогнозування, як тимчасових температурних рядів, так і при класифікації придатності виробів у процесі прийнятно-здавальних випробувань. Застосування нейронних мереж дозволяє вирішувати великомасштабні задачі і є корисним інструментом для моделювання й промислових аплікацій. Запропонований метод прогнозування зміни температури в холодильних камерах з наступною оцінкою придатності виробу по обмеженому числу випробувань є простим і ефективним, не вимагає значних обчислень і може бути впроваджений у практику.

ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Ландик В.И., Шевченко В.П., Шубин А.А., Самсоненко и др. Научно-технические основы создания современных бытовых холодильных приборов. – Донецк.: ДонНУ, 2002. – 200 с.
2. Горін О.М., Шубін О.О., Самсоненко О.О., Філіпцов С.М. Екологічні проблеми сучасної холодильної промисловості // Обладнання та технології харчових виробництв: Тематичний збірник наукових праць. Вип. 9. - Донецьк: ДонДУЕТ, 2003 - С. 248-255.
3. Самсоненко А.А. Минимизация эмиссии парниковых газов при производстве домашних холодильников // Холодильная техника и технология. – 2007. №1 (105). - С. 5-12.
4. В.Н. Ищенко, І.Н. Красновський, О.О. Самсоненко, М.Г. Хмельнюк. Прогнозування енергетичних характеристик рефрижераторних компресорів на основі штучних нейронних мереж // Тематичний збірник наукових праць "Економіка і технологія транспорту": Вип. 6, - Київ. КУЕТТ, 2007 – С.28-35.
5. Хмельнюк М.Г., Красновський І.Н., Самсоненко О.О., Нейромережна модель агрегації даних калориметричних випробувань компресорів побутових холодильників // Тематичний збірник наукових праць "Обладнання та технології харчових виробництв": Донецьк. ДонНУЕТ, 2007.–Вип.. 17, т. 1. - С.42 – 48.
6. Самсоненко А.А., Онищенко В.П., Красновский И.Н. Объединенная энергетическая и технологическая концепция эффективности домашних холодильников // Современные проблемы холодильной техники и технологии: Сборник научных трудов 4й Международной научно-технической конференции. – Одесса: ОДАХ, 2005. – С.21-22.
7. Самсоненко А.А., Онищенко В.П. О математическом моделировании домашнего холодильника как последнего звена холодильной цепи // Промисловий холод і аміак: Збірник наукових праць міжнародної науково-технічної конференції. – Одеса: ОДАХ, 2006. – С.87-88.
8. Красновский И.Н., Самсоненко А.А. Управление качеством производства домашних холодильников на основе климатических характеристик жизненного цикла// Сучасні проблеми холодильної техніки і технології: Збірник наукових праць 5 міжнародної науково-технічної конференції – Одеса: ОДАХ, 2007. С.

9. Ищенко В.Н., Кельрих М.Б., Красновский И.Н., Самсоненко А.А.

Нейросетевое прогнозирование характеристик холодильных компрессоров на основе калориметрических тестов. // Сучасні проблеми холодильної техніки і технології: Збірник наукових праць 5 міжнародної науково-технічної конференції – Одеса: ОДАХ, 2007. С.62-63

АННОТАЦИЯ

Самсоненко А.А. Повышение эколого-энергетической эффективности производства домашних холодильников. - 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, 2008г.

В диссертации представлены результаты исследований по снижению эмиссии парниковых газов при производстве домашних холодильников. В качестве модели, для которой анализируется подход к минимизации эмиссии парниковых газов при выпуске наиболее распространенных домашних холодильников марки НОРД, рассмотрен холодильник ДХ 241 с полезным объемом холодильной камеры 197 л и сроком эксплуатации 15 лет. В качестве критерия устойчивого развития использована климатическая характеристика жизненного цикла изделия. Показано, что возможные утечки из системы охлаждения домашнего холодильника, требующие сервисного обслуживания на протяжении срока эксплуатации, составляют менее 10% общей заправки. Прямой вклад от эффектов потепления за счет утечек хладагента пренебрежимо мал и компенсируется небольшим (~ 0,25%) увеличением энергетической эффективности домашнего холодильника. Приведены результаты расчетов, подтверждающие основной вклад в климатическую характеристику жизненного цикла домашнего холодильника косвенных эффектов глобального потепления как результат потребления энергии в процессах извлечения сырья и материалов, производстве, эксплуатации и утилизации домашнего холодильника. На основе анализа полного жизненного цикла домашних холодильников, использующих в качестве хладагентов углеводороды (R600a) и фторуглеводороды (R134a), доказано преимущество холодильных агрегатов на природных рабочих веществах.

Методом компьютерной флюидной динамики получены трехмерные распределения полей скоростей и температур в реальных моделях камер домашних холодильников, имитирующие результаты тепловых воздействий во время приемосдаточных испытаний. Рассмотрена динамика энергопотребления домашнего холодильника при охлаждении объектов при различных параметрах окружающей среды и теплоаккумулирующих свойств охлаждаемого объекта. Результаты моделирования температурных полей в камерах домашнего холодильника, подтвержденные экспериментальными данными, использованы для выяснения взаимосвязи между параметрами мониторинга во время приемосдаточных испытаний и критериями отбраковки некачественной продукции.

Предложены модели нейронных сетей, которые воспроизводят с высокой точностью результаты калориметрических тестов при различных внешних условиях и являются эффективным инструментом для интерполяции и предсказания измерений расходов массы хладагента и мощности компрессоров домашних холодильников в широком температурном диапазоне. Это позволило значительно сократить продолжительность дорогостоящих испытаний и заранее оценить эффективность холодильной системы, в целом.

Ключевые слова: парниковые газы, домашний холодильник, жизненный цикл, климатические характеристики, энергосбережение, компьютерная флюидная динамика, искусственные нейронные сети

АНОТАЦІЯ

Самсоненко О.О. Підвищення еколого-енергетичної ефективності виробництва побутових холодильників. - 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, 2008р.

В дисертації подані результати досліджень, що спрямовані до зниження емісії парникових газів при виробництві побутових холодильників НОРД. Розглянута модель ДХ 241 з корисним об'ємом холодильної камери 197л і строком експлуатації 15 років. Доведено, що основний внесок у кліматичну характеристику життєвого циклу побутового холодильника вносять непрямі ефекти глобального потепління, які є результатом споживання енергії в процесах добування сировини й матеріалів, виробництві, експлуатації й утилізації побутового холодильника. Аналіз повного життєвого циклу побутових холодильників, що використовують як холодоагенти вуглеводні (R600a) і фторвуглеводні (R134a), виявив перевагу холодильних агрегатів на природних робочих речовинах.

Отримано тривимірні розподіли полів швидкостей і температур у реальних моделях камер побутових холодильників, що імітують результати теплових впливів під час приймально-здавальних випробувань та створюють основу для розробки комп'ютеризованої системи діагностики якості продукції. Запропоновані моделі нейронних мереж, які відтворюють із високою точністю результати калориметричних тестів при різних зовнішніх умовах і є ефективним інструментом для інтерполяції й прогнозування розходу маси холодоагенту й потужності компресорів побутових холодильників у широкому температурному діапазоні. Штучні нейронні мережі використано як критерії відбору продукції при проведенні температурних тестів побутових холодильників у нестационарних режимах, що істотно скоротило число й час приймально-здавальних випробувань при серійному виробництві побутових холодильників НОРД.

Ключові слова: парникові гази, побутовий холодильник, життєвий цикл, кліматичні характеристики, енергозбереження, комп'ютерна флюїдна динаміка, штучні нейронні мережі

THE SUMMARY

Samsonenko A.A. Energy and environmental efficiency increasing at domestic refrigerator manufacturing. – Manuscript. Thesis for a candidate of science (engineering) degree by specialty 05.05.14 – Refrigerating, Vacuum, and Compressor Techniques, Conditioning Systems. - Odessa State Academy of Refrigeration. - Odessa, 2008.

The research results directed to minimize the greenhouse gases emission at domestic refrigerator manufacturing are given. Refrigerator model ДХ-241 with 197 l useful volume of refrigerator camera and 15th year life cycle as a prototype is considered. It is proven the main contribution into Life Cycle Climatic Performance (LCCP) provides the indirect effects of global warming as a result of raw material extracting, manufacturing, exploitation, and utilization.

LCCP assessment for domestic refrigerator working on hydrocarbons (R600a) and hydro fluorocarbons (R134a) has been shown that natural refrigerants are more preferable.

The 3-D distribution of velocity and temperature fields in the real refrigerator cameras, that imitate the thermal impacts during acceptance testing and provide the development basis for computer diagnostic system of production quality, are given.

Artificial neural network (ANN) models are proposed to present with high accuracy the results of calorimetric tests at different external conditions. ANN as a selection criterion of quality production at domestic refrigeration temperature testing is used. The application of ANN allows to decrease time and number of acceptance testing at serial domestic refrigerator manufacturing.

Key words: *greenhouse emission, domestic refrigerator, life cycle, climatic performance, energy saving, computer fluid dynamics, artificial neural networks*

Підписано до друку 11.03.2008. Формат 60×84 1/6.

Ум. друк. арк. 0.9. Зам. № 147. Тираж 100 прим.

Віддруковано в типографії ТОВ «Норд Комп'ютер»

Україна, м. Донецьк, 83003, вул. Разенкова, 6.

Тел.: (062)389-73-82, 389-73-86