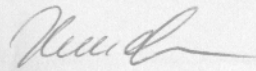


Автореср Н
Х 56

Одеська державна академія холоду

Хлієва Ольга Яківна



УДК 621.564.25:551.510.534

**ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРЕВЕДЕННЯ
ВІТЧИЗНЯНОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ НА
АЛЬТЕРНАТИВНІ ХОЛОДОАГЕНТИ**

**Спеціальність 05.14.06 – Технічна теплофізика і
промислова теплоенергетика**

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса – 2003

Метою роботи є розвиток методу еколого-енергетичного аналізу холодильної техніки на прикладі вивчення перспектив застосування нових озононеруйнівних холодоагентів і оцінка можливостей підвищення еколого-енергетичної ефективності обладнання, що випускається підприємствами України. Конкретними **об'єктами дослідження** є холодильна техніка, вироблена АТ "НОРД", ВАТ "РЕФМА".

Відповідно до мети роботи були сформульовані і вирішені такі **завдання**:

- сформульовано основні вимоги, що ставляться до альтернативних холодоагентів, розглянуто фізичне значення потенціалу глобального потепління речовин, а також принципи і проблеми впровадження альтернативних холодоагентів у промисловість;
- виконано короткий аналіз існуючих методів аналізу енергетичної, економічної й екологічної ефективності холодильного обладнання;
- досліджено можливості застосування еколого-термоекономічного аналізу для оцінки доцільності використання альтернативних холодоагентів у різних класах холодильного обладнання;
- вивчено вплив емісії холодоагентів на величину еколого-термоекономічних показників холодильної техніки;
- зроблена теоретична оцінка перспектив застосування пожежонебезпечних робочих тіл у холодильному обладнанні різного типу;
- розроблені рекомендації для переведення ВАТ "РЕФМА" на випуск обладнання, що використовує озононеруйнівні холодоагенти;
- досліджено вплив дизайну побутових холодильних приладів на еколого-термоекономічні коефіцієнти;
- проведено зіставлення експериментально вимірених і розрахункових енергетичних характеристик холодильного обладнання при роботі на різних холодоагентах.

Наукова новизна здобутих результатів полягає в подальшому розвитку методики еколого-термоекономічного аналізу стосовно завдань переведення вітчизняного машинобудування на випуск обладнання, що використовує озононеруйнівні холодоагенти. Основним напрямком підходу, що розвивається, є пошук можливостей економії матеріальних і енергетичних ресурсів і зниження антропогенного навантаження на навколишнє середовище при виробництві штучного холоду.

Запропоновано нові коефіцієнти для оцінки еколого-термоекономічної ефективності холодильного обладнання. Показано, що запропоновані в рамках еколого-термоекономічного аналізу індикатори сприяють розвитку сформульованої в країнах Європейського Союзу концепції оцінки ефективності використання енергетичних ресурсів за повний "життєвий цикл" обладнання (стандарту серії ISO 14000).

Виконано кількісну оцінку екологічної доцільності застосування натуральних пожежонебезпечних холодоагентів у різних типах холодильного обладнання. Кількісно доведено, що екологіч-

ний ефект від регулювання емісії галоїдопохідних холодоагентів може набагато перевищувати наслідки від термодинамічно обґрунтованого вибору енергетично ефективного робочого тіла. Розглянуто внесок різних факторів в еколого-енергетичну ефективність різних типів холодильного обладнання. Проведено зіставлення й аналіз причин розходження в значеннях показників енергетичної ефективності обладнання, отриманих за результатами теоретичних досліджень та експлуатаційних випробувань.

На підставі результатів виконаних досліджень сформульовано два **наукові положення**:

1. Заходи щодо контролю за рівнем витоків ГФВ холодоагентів з холодильного обладнання, їх регенерацію й утилізацію за своєю екологічною значущістю порівнянні зі зміною енергетичної ефективності при переведенні холодильного обладнання на альтернативні холодоагенти. Застосування даного наукового положення вперше закладає основу для практичної реалізації холодильного менеджменту як на стадії розробки, так і на стадії експлуатації холодильного обладнання з метою зниження його антропогенного впливу на навколишнє середовище за рахунок формування квот на емісію парникових газів, включаючи холодоагенти.

2. Коректна оцінка потенційних перспектив застосування альтернативного холодоагенту можлива в рамках теоретичного дослідження енергетичних характеристик компресорної системи тільки за наявності інформації про термодинамічні властивості розчинів холодоагент/мастило. Розвиток даного наукового положення спрямовано на усунення існуючих суперечностей, що виникають при аналізі теоретичних і експериментальних досліджень перспективності застосування альтернативних холодоагентів.

Практичне значення здобутих результатів полягає в тому, що вони сприятимуть прийняттю науково обґрунтованих рішень при виборі нових робочих тіл для холодильного обладнання з метою підвищення конкурентоспроможності вітчизняних виробників. Впровадження в практику енергетичного аудиту і менеджменту принципів еколого-термоекономічного аналізу буде спрямовано на реалізацію державних програм щодо енергозбереження та реалізації концепції екологічно стійкого розвитку промисловості. Рекомендації з розрахунку питомої і зведеної емісії парникових газів відкривають можливість визначення науково обґрунтованих квот на емісію парникових газів при виробництві холоду, дотримання яких знижуватиме антропогенне навантаження на природу. З позиції запропонованого методу аналізу були сформульовані рекомендації з поліпшення еколого-енергетичної ефективності холодильного обладнання, виробленого ВАТ "РЕФМА", яке будуть сприяти переходу даного підприємства на випуск обладнання, що використовує озононеруйнівні робочі тіла. Документи, які підтверджують упровадження результатів дослідження, наведені в Додатку до дисертації.

Особистий внесок здобувача. Дисертацію виконано відповідно до порад і рекомендацій наукового керівника. Особисто здобувач підготував основну частину роботи, що пов'язана з таким: з

аналізом опублікованих робіт, присвячених проблемам переведення холодильного обладнання на альтернативні холодоагенти; із проведенням розрахункових досліджень, спрямованих на вивчення можливостей підвищення еколого-енергетичної ефективності, виробленої на ВАТ "РЕФМА" і АТ "НОРД" холодильної техніки; з вивченням впливу витоків галоїдопохідних вуглеводнів на еколого-енергетичні показники холодильного обладнання; з участю в експлуатаційних випробуваннях виробленого ВАТ "РЕФМА" обладнання; з упровадженням комп'ютерних баз даних щодо властивостей холодоагентів і програм для розрахунку вузлів холодильного обладнання в конструкторському відділі ВАТ "РЕФМА"; з розробкою практичних рекомендацій до переведення холодильної техніки, виробленої ВАТ "РЕФМА", на озононеруйнівні холодоагенти.

Апробація роботи. Основні результати роботи доповідалися й обговорювалися на: VII науково-методичній конференції "Людина та навколишнє середовище – проблеми безперервної екологічної освіти в вузах" (м. Одеса, 2000 р.); студентських міжвузівських науково-технічних конференцій "Еколого-енергетичні проблеми початку XXI століття" (м. Одеса, 2001, 2002 р.); міжнародній конференції IIR/IF "Refrigerant Management and Destruction Technologies of CFC's" (м. Дубровник, Хорватія, 2001 р.); міжнародних науково-технічних конференцій "Сучасні проблеми холодильної техніки і технології" (Одеса, 2001, 2002 р.); міжнародній науково-технічній конференції "Діоксид вуглецю: нові обрії" (м. Санкт-Петербург, 2001 р.); міжнародній науково-технічній конференції "Вуглеводні як холодоагенти" (м. Санкт-Петербург, 2002 р.); науково-технічній аспірантській конференції "Сучасні проблеми низькотемпературної техніки" (м. Одеса, 2002 р.).

Усього автором опубліковано 13 робіт, з них на тему дисертації 12: 5 статей у наукових журналах, 7 робіт у збірниках праць конференцій.

Структура й обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і чотирьох додатків. Загальний обсяг роботи - 224 сторінки, включаючи 21 рисунок, 27 таблиць, 207 найменувань джерел на 19 стор. і додатки на 33 стор.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертації, показаний її зв'язок з існуючими науковими проблемами. Сформульовано мету і визначено завдання дослідження. Розглянуто наукову новизну здобутих результатів і наукові положення, що підлягають захисту. Наведено дані про практичне значення отриманих результатів, про особистий внесок здобувача, про апробацію роботи і публікації за темою дисертації.

Перший розділ дисертації присвячено розгляду проблем вибору альтернативних "екологічно безпечних" робочих тіл для холодильної техніки і короткому аналізу існуючих методів оцінки ефективності холодильного обладнання.

Далеко не повний перелік технологічних проблем, що постали сьогодні перед холодною промисловістю України, включає таке: скорочення обсягів випуску обладнання на ГХФВ, перехід на ГФВ і "натуральні" холодоагенти, розробка і впровадження в практику нових синтетичних масел, необхідність утилізації ХФВ і регенерації зеотропних сумішей на основі ГФВ, обмеження на експорт та імпорт холодоагентів, що використовуються як ХФВ і ГХФВ і т.д. Однак проблема вибору альтернативних холодоагентів для різних типів холодильного обладнання виявилася складнішою, ніж уявлялося під час підписання Монреальського Протоколу. На рубежі 21 століття увагу вчених, екологів, політиків і державних діячів усе більше привертає проблема глобальних кліматичних змін. Холодильна промисловість пов'язана з цією проблемою з двох причин. По-перше, холодильна техніка споживає значну кількість електроенергії, яка виробляється на теплових електростанціях (20-25% від виробленої кількості), що сприяє емісії великої кількості основного парникового газу - CO₂. По-друге, ГФВ, використовувані як холодоагенти, є речовинами з високим значенням потенціалу глобального потепління.

У розділі розглянуто основні вимоги, які ставляться до альтернативних холодоагентів, причому значну увагу приділено факторам екології та безпеки. Показано, що при об'єктивній оцінці перспектив впровадження у виробництво нових "екологічно безпечних" холодоагентів складно зберегти компроміс між теплофізичними, фізико-хімічними, економічними, технологічними, екологічними вимогами і факторами безпеки. У зв'язку з цим вибір "ідеального" робочого тіла для холодильного обладнання неможливий.

У розділі наведено короткий аналіз достоїнств і недоліків термодинамічних, економічних, термoeкономічних методів аналізу. Розглянуто можливості методики TEWI-аналізу (Total Equivalent Warming Impact-analysis), а також екологічні концепції аналізу енергетичного обладнання, зокрема холодильного, запропоновані Є. Й. Таубманом і Я. Шаргудом.

На думку автора, до основних недоліків існуючих методів аналізу варто віднести відсутність простої процедури комплексного врахування суперечливих вимог, зокрема екологічних що ставляться до холодоагенту. Сьогодні стає вже очевидним, що традиційна оцінка перспективності застосування будь-якого типу холодильного обладнання за такими показниками як холодопродуктивність, холодильний коефіцієнт чи клас енергоефективності побутового приладу є, з погляду екології, неповною.

Для розв'язання еколого-енергетичних проблем, що стоять перед холодною галуззю, необхідно розробити нові методи комплексного аналізу. Такий аналіз має враховувати витрати на одержання первинних енергоресурсів і сировини і пряму емісію парникових газів, а завершуватися на стадії використання вторинних ресурсів і відходів з урахуванням всіх екологічних впливів на навколишнє середовище. Інакше кажучи, аналіз еколого-енергетичної ефективності слід виконувати за весь "життєвий цикл" обладнання. Комплексному вирішенню проблем підвищення енерге-

енергетичної ефективності, дуже важливо приділяти увагу зниженню рівня витоків холодоагентів, їх видобуванню, відновленню, повторному використанню й утилізації. Непрямий внесок у величину $TEWI_N$ для більшості типів обладнання, крім обладнання малої продуктивності, є домінуючим. Тому заходи щодо підвищення енергетичної ефективності обладнання мають чітко виражений екологічний аспект. Підкреслюється необхідність урахування непрямого внеску від енерговитрат на створення обладнання малої продуктивності і техніки на пожежонебезпечних холодоагентах.

Таблиця 1

Еколого-термoeкономiчні коефіцієнти

| | |
|---|--------------------------------------|
| Коефіцієнт зведеної емісії парникових газів: загальний | $tewi = \frac{TEWI_N}{TEWI_Q}$ |
| для побутових холодильників | $tewi' = \frac{TEWI_N}{V_n}$ |
| для однотипного обладнання близької продуктивності при роботі на одному температурному режимі | $tewi'' = \frac{TEWI_N}{Q_0}$ |
| Коефіцієнт прямої екологічної дії | $\delta = \frac{TEWI_P}{TEWI_N}$ |
| Коефіцієнт непрямої екологічної дії | $\gamma = \frac{TEWI_{II}}{TEWI_P}$ |
| Коефіцієнт еколого-термoeкономiчної досконалості | $\varphi = \frac{TEWI_{II}}{TEWI_N}$ |

У розділі розглянуто методи розрахунку непрямого внеску від енерговитрат на створення обладнання при обчисленні $TEWI_N$. Показано необхідність урахування енергетичних витрат на утилізацію холодильної техніки і холодоагенту.

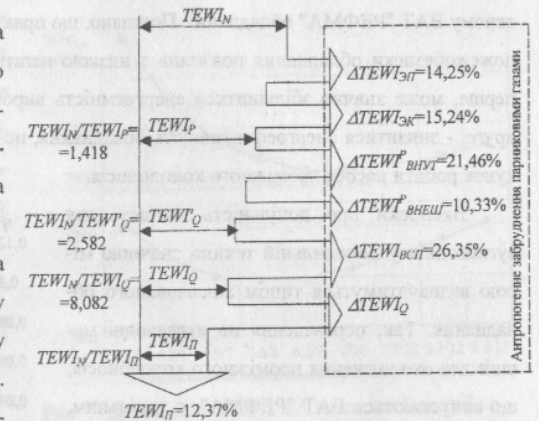
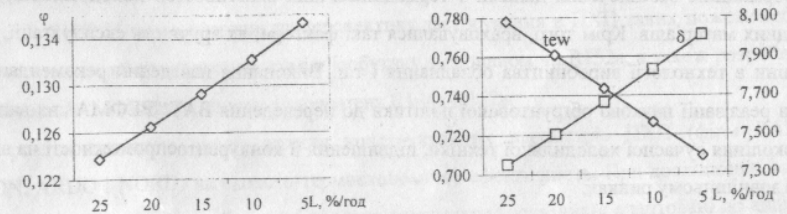
Третій розділ дисертації присвячено термодинамічному і ЕТЕ-аналізу деяких видів холодильної техніки, що випускаються ВАТ "РЕФМА", оптимальному вибору для неї альтернативних холодоагентів, розробленню рекомендацій для підвищення еколого-енергетичної ефективності виробленого обладнання.

У розділі вивчені можливості заміни перехідного холодоагенту R142b у високотемпературних кранових кондиціонерах. Розглянуто основні характеристики озононеруйнівних холодоагентів (R134a, R227ea, R236ea, R236fa, R245fa, RC318, R600a) для застосування у високотемпературному обладнанні і виконано ЕТЕ-аналіз кранових кондиціонерів на альтернативних робочих тілах.

На рис. 2 наведена діаграма, що показує внесок різних складових $TEWI_N$ у загальну величину забруднення атмосфери парниковими газами при виробництві й експлуатації кондиціонера КК3-1 на холодоагенті R142b. Ця спрощена діаграма за формою і принципами побудови аналогічна діаграмі

рамам, що складаються в рамках термoeкономiчного аналізу. Зрозуміло, що чим більш віддалена аналізована ланка холодильної машини від джерела введення енергії, тим вища екологічна цінність втраченої одиниці ексергії. На це вказує послідовне збільшення зведеної емісії парникових газів, значення якої на деяких етапах аналізу наведені на рис. 2. У розділі стверджується, що результати ЕТЕ- і термодинамічного аналізів можуть принципово відрізнятися. За результатами ЕТЕ-аналізу сформульовано висновок: найбільші перспективи для застосування в кранових кондиціонерах мають холодоагенти R134a, R245fa і R227ea (у порядку доцільності).

На прикладі кранового кондиціонера КК3-1 виконано кількісну оцінку впливу рівня емісії холодоагентів на величину еколого-термoeкономiчних показників. Проведені дослідження показують, що заходи щодо контролю за рівнем витоків холодоагенту, його утилізацією і регенерацією є важливим чинником для зниження антропогенного навантаження на природу, пов'язаного з емісією парникових газів при виробництві холоду (див. рис. 3). Цей висновок особливо актуальний для обладнання на альтернативних сумішевих зеотропних холодоагентах з великим значенням GWP. Заходи щодо зменшення рівня витоків холодоагенту з обладнання на альтернативних холодоагентах за своєю екологічною значущістю порівнянні з антропогенним впливом від нерационально використовуваних енергетичних ресурсів в обладнанні з нижчими значеннями холодильного коефіцієнта і ексергетичного ККД.

Рис. 2. Значення внесків у $TEWI_N$ кондиціонера КК3-1 на холодоагенті R142bРис. 3. Значення еколого-термoeкономiчних показників кранового кондиціонера КК3-1 при різних значеннях витоків холодоагенту R142b, $\alpha=0$.

У цьому розділі виконано і ЕТЕ-аналіз перспектив застосування альтернативних R22 речовин в обладнанні для кондиціонування повітря, що вказує на перспективу використання в новому

покоління холодильного обладнання ВАР "РЕФМА" холодоагентів R134a і R407C. Причому холодоагент R134a має цілком визначені переваги, оскільки є чистою речовиною і вже широко використовується в аналогічному обладнанні. Селективний витік компонентів R407C може істотно ускладнити виробництво й експлуатацію обладнання.

У четвертому розділі докладно розглянуто перспективи застосування вуглеводнів у виробленому ВАР "РЕФМА" обладнанні. Показано, що практична реалізація заходів щодо забезпечення пожежобезпеки обладнання пов'язана з низкою негативних еколого-енергетичних факторів. По-перше, може значно збільшитися енергоємність виробленої техніки (а, отже, і її вартість), по-друге, - знизитися енергоефективність обладнання, по-третє, - збільшитися витрата енергії за рахунок роботи насоса проміжного холодоносія.

Висновки про доцільність застосування вуглеводнів у холодильній техніці значною мірою визначатимуться типом аналізованого обладнання. Так, переведення на вуглеводні машин для охолодження проміжного холодоносія, що випускаються ВАР "РЕФМА", є доцільним, оскільки витрати підприємства на реалізацію заходів для забезпечення пожежобезпеки будуть мінімальними. Наведені на рис. 4 результати виконаних розрахунків підтверджують даний висновок.

За результатами проведеного в розд. 3 і 4 дослідження розроблено рекомендації для ВАР "РЕФМА" стосовно переходу на використання озоноруйнівних холодоагентів. У рекомендаціях враховувалися не тільки еколого-термoeкономічні перспективи застосування альтернативних робочих тіл, але й економічні, технологічні аспекти їх впровадження, а саме: наявність на ринку і ціна, інформаційне забезпечення даними з термодинамічних властивостей холодоагентів, мастил, прокладних матеріалів. Крім того, враховувалися такі фактори, як зручність експлуатації, мінімальні зміни в технології виробництва обладнання і т.п. Виконання наведених рекомендацій буде сприяти реалізації науково обґрунтованої політики до переведення ВАР "РЕФМА" на випуск нового покоління сучасної холодильної техніки, підвищення її конкурентоспроможності на внутрішньому і зовнішньому ринках.

П'ятий розділ присвячений ЕТЕ-аналізу побутових холодильних приладів (ПХП). Проведена оцінка перспектив застосування ізобутану в побутовій холодильній техніці показує, що у зв'язку з невеликим рівнем енергоспоживання і незначною масою холодоагенту, який заправляють, екологічна доцільність застосування R600a відповідно до сучасного Європейського законодавства

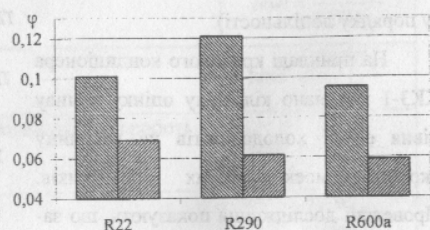


Рис. 4. Значення ϕ машин MBT20-2-0 і 2MBV3-2-2 при роботі на різних холодоагентах: ■ - MBT20-2-0 (призначена для охолодження проміжного холодоносія), ■ - 2MBV3-2-2 (призначена для безпосереднього охолодження повітря холодильних камер).

(стандарту серії ISO 14000) відсутня. Цей висновок, з одного боку, певною мірою суперечить маркетинговій політиці ряду підприємств, з іншого, - підкреслює необхідність розробки сучасної нормативної бази для комплексної оцінки еколого-енергетичної ефективності обладнання.

У розділі докладно аналізується структура енерговитрат на створення ПХП. Показано, що до одного з основних факторів підвищення еколого-енергетичної ефективності ПХП відноситься зменшення теплоприпливів у холодильну камеру. Збільшення товщини ізоляції і знижує енергоспоживання, і підвищує енерговитрати на створення холодильника. Проведено аналіз впливу товщини ізоляції на еколого-термoeкономічні коефіцієнти (див. рис. 5). На підставі проведеного дослідження зроблено висновок, що зниження теплоприпливів у холодильну камеру приводить до більшої економії енергоресурсів у ПХП, ніж використання ефективнішого холодоагенту R600a замість R134a.

У розділі виконано ЕТЕ-аналіз нового покоління побутових холодильників виробництва АТ "НОРД", які при однаковій конструкції можуть використовувати як робоче тіло і R134a, і R600a. Показано, що для цієї техніки чинники, що визначають ефективність компресора (коефіцієнт подачі, механічний ККД та ін.), суттєво превалюють над термодинамічною досконалістю робочого тіла. За цих умов невиправдано будувати технологічну політику підприємства, переносючи вищезазначені достоїнства обладнання на термодинамічну досконалість ізобутану. При оцінці довгострокових перспектив застосування того чи іншого холодоагенту чи обладнання науково обґрунтований аналіз не слід підмінювати доцільністю сьогоденних рішень, продиктованих маркетинговими дослідженнями. З урахуванням цієї обставини АТ "НОРД" варто розглянути перспективу застосування в ПХП таких пожежонебезпечних холодоагентів, як циклопропан, суміш ізобутану з пропаном чи R152a, а також розроблений в Одеській державній академії холоду холодоагент R134a/R152a.

У розділі виконано аналіз впливу конструктивних параметрів ПХП (фірм ZANUSSI, ARISTON, ARDO і NORD) на еколого-термoeкономічну ефективність. При дослідженні використовувалися запропоновані в роботі нові еколого-енергетичні показники, адаптовані до аналізу побутових холодильників, які можна розглядати як альтернативу морально застарілому стандарту EN 153 (клас енергоефективності). Показано, що різне конструктивне виконання побутових холодильників при рівній продуктивності (корисному об'ємі) також істотно впливає на еколого-

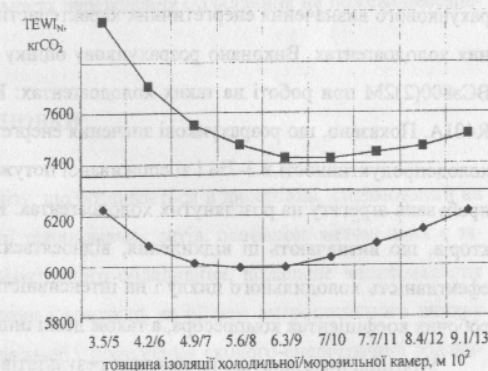


Рис. 5. Залежність $TEWI_N$ від товщини ізоляції холодильника: ● - термін експлуатації 7 років, ■ - термін експлуатації 10 років.

енергетичну ефективність обладнання. Тому в ПХП дизайн є настільки важливим фактором для підвищення еколого-енергетичної ефективності нового покоління холодильної техніки, як і вибір холодоагенту, підвищення робочих коефіцієнтів компресора і зниження рівня теплоприпливів у холодильну камеру.

Шостий розділ дисертації присвячено дослідженню результатів експериментального і розрахункового визначення енергетичних характеристик холодильного обладнання при роботі на різних холодоагентах. Виконано розрахункову оцінку еколого-енергетичних характеристик агрегату BCε800(2)2M при роботі на таких холодоагентах: R12, R134a, R134a/R152a (0,8/0,2 моль/моль) і R401A. Показано, що розрахункові значення енергетичних характеристик цілком узгоджуються (з холодопродуктивності в 3-7% і зі споживої потужності в 10-15%) з даними експлуатаційних випробувань агрегату на розглянутих холодоагентах. Кількісний аналіз показує, що до основних факторів, що визначають ці відхилення, відносяться: вплив домішок мастила на термодинамічну ефективність холодильного циклу і на інтенсивність теплообміну в апаратах, можлива похибка у робочих коефіцієнтах компресора, а також деякі інші фактори.

У розділі показано, що порівняння результатів еколого-енергетичного аналізу, ґрунтованого на теоретичній оцінці енергетичних характеристик компресорної системи і врахування впливу домішок мастила на термодинамічні властивості реального робочого тіла, дозволяє на початковій стадії дослідження оцінити перспективу застосування альтернативних холодоагентів в аналізованому обладнанні. Результати виконаного еколого-енергетичного аналізу показали, що всі досліджені холодоагенти можна розглядати як альтернативу R12 (R401A належить до перехідного). Разом з тим пожежобезпечний, квазізеотропний сумішевий холодоагент R134a/R152a має ряд істотних термодинамічних, експлуатаційних і екологічних переваг порівняно з холодоагентами R134a і R401A.

У розділі наведено результати експлуатаційних випробувань кранових кондиціонерів РКК3-ЗПЗ і КК3-1 (ВАТ "РЕФМА") при роботі на холодоагенті R142b. Зроблено оцінку похибки виміру холодопродуктивності кондиціонера РКК3-ЗПЗ. Показано, що здобуті в результаті проведених відповідно до ДСТ 24203.03-90, 28564-90, 12.1.012-90, 12.1.026-80, 27487-87 випробувань кондиціонерів дані з енергетичних характеристик дуже суттєво відрізняються (з холодопродуктивності на 41-52 %, зі споживої потужності – до 17%) від результатів теоретичного аналізу. Виконано аналіз основних причин отриманих відхилень, до яких можна віднести такі: вплив домішок компресорного мастила в холодоагенті на енергетичну ефективність холодильного циклу і теплообмін, низький рівень робочих коефіцієнтів компресора, високу похибку обумовлених за результатами експлуатаційних випробувань параметрів. За результатами проведеного аналізу розроблено ряд рекомендацій, спрямованих на підвищення якості лабораторних досліджень, основною метою яких має стати пошук і аналіз причин, що перешкоджають підвищенню енергетичної ефективності

обладнання, яке випускається на ВАТ "РЕФМА".

На завершення необхідно підкреслити, що метод еколого-енергетичного дослідження, розроблений в дисертації, не суперечить існуючим методам термодинамічного й економічного аналізу, а раціонально інтегрує їх у свою структуру. Однак тільки запропоновані питомі еколого-термоeкономічні показники можуть нести об'єктивну інформацію про такі фактори як, емісія холодоагенту, енергоємність обладнання чи доцільність переведення обладнання на пожежонебезпечні природні холодоагенти.

ВИСНОВКИ

1. Метод еколого-термоeкономічного аналізу, що розвивається в дисертації, спрямований на практичну реалізацію ряду прийнятих в Україні законодавчих актів, основною метою яких є заощадження енергетичних ресурсів, розробка ефективного обладнання, подальше вдосконалення нормативної бази енергоспоживання, регулювання і контроль за рівнем антропогенного впливу холодильного обладнання на навколишнє середовище і досягнення еколого-енергетичної збалансованості національної економіки.
2. Еколого-енергетичний аналіз ефективності холодильного обладнання має ґрунтуватися на повномасштабному врахуванні емісії парникових газів за весь "життєвий цикл" обладнання (від моменту його створення до утилізації).
3. Розроблені в дисертації еколого-термоeкономічні коефіцієнти дуже чутливі до енергетичної ефективності холодоагентів і застосовуваного обладнання, енергоємності конструкційних матеріалів, потенціалу глобального потепління холодоагентів і рівня їх витоків, що вигідно їх відрізняє від таких показників ефективності, як питомі зведені витрати, холодильний коефіцієнт, ексергетичний ККД і т.д. Запропоновані коефіцієнти несуть більш об'єктивну і менш суперечливу інформацію, ніж розмірні, екстенсивні і залежні від продуктивності обладнання величини вартості, холодопродуктивності, потужності, повного еквівалента глобального потепління (TEWI).
4. Запропонований метод ЕТЕ-аналізу можна застосовувати на різних етапах дослідження еколого-енергетичних характеристик: від розгляду ефективності використання холодоагенту в рамках різних моделей термодинамічних циклів до вивчення реальних систем у міру ускладнення їх технічної реалізації (холодильний цикл → компресорна система → холодильна машина → холодильна установка → холодильна технологія → еколого-енергетичний аудит і менеджмент підприємства).
5. Проведений ЕТЕ-аналіз дозволяє рекомендувати для застосування у кондиціонерах виробництва ВАТ "РЕФМА" такі озононеруйнівні холодоагенти в порядку їх пріоритетності: R134a, R245fa і R227ea (у високотемпературних кранових кондиціонерах), R134a і R407C (в інших видах

обладнання, що випускається, для кондиціонування повітря).

6. Екологічний ефект від регулювання емісії галоїдопохідних холодоагентів може набагато перевищувати наслідки від термодинамічно обґрунтованого вибору енергетично ефективного робочого тіла. З метою підвищення еколого-енергетичних показників холодильного обладнання необхідна і можлива розробка науково обґрунтованих квот на витоки холодоагенту, організація сервісних центрів для утилізації, регенерації холодоагентів.

7. При вивченні екологічної доцільності застосування пожежонебезпечних холодоагентів обов'язково необхідно враховувати підвищення енергоємності обладнання, пов'язане з забезпеченням заходів пожежобезпеки. Тому використання вуглеводнів як холодоагентів з еколого-енергетичної точки зору доцільно лише в тих типах обладнання, в яких забезпечення заходів пожежобезпеки не пов'язано зі значними енергетичними витратами.

8. Застосування ізобутану в побутових холодильниках виробництва АТ "НОРД" з еколого-енергетичної точки зору недоцільно у зв'язку зі збільшенням енергоємності обладнання. Доцільне проведення досліджень, спрямованих на оцінку перспектив застосування в побутових холодильних приладах циклопропану, суміші ізобутану з пропаном, R152a і R134a/R152a. При формуванні довгострокової технологічної політики не слід перекладати технічні достоїнства обладнання на термодинамічну досконалість холодоагенту і підмінювати науково обґрунтований аналіз короткостроковими перевагами маркетингових рішень.

9. Стратегію створення нового холодильного обладнання потрібно орієнтувати не тільки на задоволення споживчих запитів, але й на оцінку еколого-енергетичної ефективності, що сприяло б практичній реалізації концепції екологічно стійкого розвитку суспільства.

10. Коректне врахування впливу домішок мастила на енергетичну ефективність холодильного циклу (компресорної системи) значною мірою збільшує коректність і повноту інформації про результати теоретичного аналізу ефективності обладнання при оцінці перспектив застосування альтернативних холодоагентів.

УМОВНІ ПОЗНАЧКИ

α - частка утилізованого холодоагенту; β - емісія CO₂ при виробництві 1кВтч електроенергії, кгCO₂/кВтч; E_i - додаткові енерговитрати на створення обладнання, машинного залу, забезпечення заходів безпеки, ремонт і т.п., кВтч; $GWP_{ХЛ}$ і $GWP_{ВА}$ - потенціали глобального потепління відповідно холодоагенту й спінюючого агента, кгCO₂/кг; $L_{ХЛ}$ - витік холодоагенту, кг/рік; $m_{ХЛ}$ і $m_{ВА}$ - маса холодоагенту й спінюючого агента в установці відповідно, кг; N - термін експлуатації обладнання, рік; $N_{Полн}$ - витрати електроенергії на експлуатацію обладнання, кВтч/рік; Q_0 - холодопродуктивність, кВт; V_n - корисний об'єм ПХП, л; ГФВ – гідрофторвуглеводні; ГХФВ – гідрохлорфторвуг-

леводні; ХФВ – хлорфторвуглеводні.

ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Железный В. П., Хлиева О. Я. Оценка перспектив применения изобутана в бытовой холодильной технике с помощью эколого-термоэкономического метода // Холодильная техника. – 2001. - №9. – С. 14-18.

Особистий внесок: розрахункові дослідження, підготовка матеріалів до публікації.

2. Железный В. П., Хлиева О. Я., Быковец Н. П. Учет эмиссии парниковых газов при формировании индикаторов для эколого-энергетического аудита в холодильной промышленности // Эко-технологии и ресурсосбережение. – 2001. - №4. – С. 51-58.

Особистий внесок: збір інформації, аналіз проблеми, підготовка матеріалів до публікації.

3. Железный В. П., Хлиева О. Я., Быковец Н. П. Перспективы и проблемы применения углеводородов в качестве хладагентов // Холодильная техника. – 2002. - №7. – С. 14-16, - №8. – С. 5-9.

Особистий внесок: літературний огляд, розрахункові дослідження, аналіз результатів, підготовка матеріалів до публікації.

4. Железный В. П., Хлиева О. Я. Перспективы применения озононеразрушающих хладагентов в высокотемпературных крановых кондиционерах производства ОАО "РЕФМА" // Холодильная техника и технология. – 2003. - №1, Вып. 81. – С. 13-19.

Особистий внесок: технічний аналіз обладнання, що випускається ВАТ "РЕФМА", збір інформації, розрахункові дослідження, аналіз результатів, розробка рекомендацій для ВАТ "РЕФМА", підготовка матеріалів до публікації.

5. Железный В. П., Хлиева О. Я. Международная конференция: Менеджмент в области хладагентов и технологии уничтожения ХФУ (обзор) // Холодильная техника. – 2002. - №1. – С. 49-51.

Особистий внесок: огляд доповідей конференції, підготовка матеріалів до публікації.

6. Железный В. П., Рыбина Н. П., Хлиева О. Я., Медведев О. О. Развитие концепции энвайронментализма с позиции принципов TEWI-анализа // Збірник наукових праць VII науково-методичної конференції «Людина та навколишнє середовище – проблеми безперервної Екологічної освіти в ВУЗах». - Одеса. – 2000. – С. 20.

Особистий внесок: збір і аналіз інформації з антропогенного впливу холодильної техніки.

7. Медведев О. О., Хлиева О. Я., Быковец Н. П., Железный В. П. Учет эмиссии парниковых газов при формировании индикаторов для эколого-энергетического аудита // Збірник наукових праць студентської міжвузівської науково-технічної конференції "Еколого-енергетичні проблеми початку XXI століття". - Одеса. - 2001. – С. 36.

Особистий внесок: критичний аналіз існуючих індикаторів і стандартів, доповідь та участь у дискусії, підготовка матеріалів до публікації.

8. Zhelezny V.P., Zhelezny P. V., Hlieva O.Ya. New Indicators for Refrigeration Management // Proc. of Inter. Conference "Refrigerant Management and Destruction Technologies of CFC's". – CD edition, № RQO-21. - Dubrovnik (Croatia). - August 29-31, 2001.

Особистий внесок: збір інформації, аналіз проблеми, доповідь та участь у дискусії, підготовка матеріалів до публікації.

9. Железный В. П., Хлиева О. Я. Оценка перспектив применения изобутана в бытовых холодильных приборах с позиции эколого-термозкономического метода анализа // Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции "Современные проблемы холодильной техники и технологий". – Одесса, 3-5 октября 2001 г. – Одесса: Из-во ОГАХ, 2001. – С. 50.

Особистий внесок: розрахункові дослідження, підготовка матеріалів до публікації.

10. Степанова В. П., Хлиева О. Я., Железный В. П. Новые критерии оценки экологической целесообразности перевода холодильного оборудования на натуральные хладагенты // Збірник наукових праць студентської міжвузівської науково-технічної конференції "Еколого-енергетичні проблеми початку XXI століття". - Одеса. – 17-18 апреля, 2002. – С. 49-50.

Особистий внесок: розробка нових критеріїв, розрахункові дослідження, аналіз результатів, підготовка матеріалів до публікації.

11. Хлиева О. Я., Суходольская А. Б. Перспективы применения озоноразрушающих хладагентов в высокотемпературных крановых кондиционерах ОАО "РЕФМА" // Сборник научных трудов научно-технической аспирантской конференции "Современные проблемы низкотемпературной техники". – Одесса, 24 мая 2002 г. – Одесса: Из-во ОГАХ, 2002. – С. 16.

Особистий внесок: розрахункові дослідження, аналіз результатів, розробка рекомендацій для ВАТ "РЕФМА", доповідь та участь у дискусії, підготовка матеріалів до публікації.

12. Хлиева О. Я., Железный В. П. Озоноразрушающие хладагенты для крановых кондиционеров производства ОАО "РЕФМА" // Сборник научных трудов 2-ой международной научно-технической конференции "Современные проблемы холодильной техники и технологий". – Одесса, 17-19 сентября 2002 г. – Одесса: Из-во ОГАХ, 2002. – С. 65.

Особистий внесок: розрахункові дослідження, аналіз результатів, доповідь та участь у дискусії, розробка рекомендацій для ВАТ "РЕФМА", підготовка матеріалів до публікації.

АНОТАЦІЇ

XV 1332
ІНСТИТУТ ХОЛОДА
ОНАХТ
БІБЛІОТЕКА

Хлиева О. Я. Эколого-энергетическое обоснование перевода отечественного холодильного оборудования на экологически безопасные хладагенты. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.06 – Техническая теплофизика и промышленная теплоэнергетика. Одесская государственная академия холода, Одесса, 2003.

Отсутствие общепринятой концепции эколого-энергетического анализа при оценке перспектив применения альтернативных хладагентов, четких критериев определяющих эколого-энергетическую эффективность использования энергетических ресурсов в холодильном оборудовании и квот на эмиссию парниковых газов при получении холода определяют актуальность решаемых в работе задач. Работа посвящена дальнейшему развитию методики эколого-термозкономического анализа (ЭТЭ-анализа) применительно к задачам перевода отечественного машиностроения на выпуск оборудования использующего озоноразрушающие хладагенты. Отличительной особенностью рассматриваемой методики является полномасштабный учет эмиссии парниковых газов за весь жизненный цикл оборудования (от момента его создания до утилизации). Предложенные в рамках ЭТЭ-анализа коэффициенты не зависят от производительности оборудования и учитывают целый ряд факторов, определяющих эколого-энергетическую эффективность оборудования.

В работе изучены возможности повышения эколого-энергетической эффективности холодильной техники, исследовано влияние различных факторов на эколого-энергетическую эффективность холодильного оборудования. Выполнен анализ перспектив применения озоноразрушающих хладагентов в различных типах оборудования производства ОАО "РЕФМА" и в бытовых холодильниках производства АО "НОРД". Проведена количественная оценка экологической целесообразности применения натуральных пожароопасных хладагентов в холодильной технике. Показано, что при изучении экологической целесообразности применения пожароопасных хладагентов необходимо учитывать повышение энергоемкости оборудования связанное с обеспечением мер пожаробезопасности.

Изучено влияние эмиссии хладагентов на величину эколого-термозкономических показателей холодильной техники. Количественно доказано, что экологический эффект от регулирования эмиссии галоидопроизводных хладагентов может намного превышать следствия от термодинамически обоснованного выбора энергетически эффективного рабочего тела. Оценено влияние дизайна холодильного оборудования на значения эколого-термозкономических коэффициентов.

Проведено сопоставление и анализ причин различия в значениях показателей энергетической эффективности оборудования, полученных по результатам теоретических исследований и эксплуатационных испытаний. Показано, что корректная интерпретация эксплуатационных испытаний холодильного оборудования с целью выбора альтернативных хладагентов возможна только при наличии информации о влиянии свойств раствора хладагент/масло, а так же рабочих коэффициентов компрессора, коэффициентов теплоотдачи и др. факторов на энергетические характери-

стики машини. Розроблені рекомендації по переводу ОАО "РЕФМА" на выпуск оборудования, использующего озоноразрушающие хладагенты.

Ключевые слова: озоноразрушающие хладагенты, энергосбережение, парниковые газы эколого-энергетическая эффективность, холодильное оборудование, антропогенная нагрузка.

Хлісва О. Я. Еколого-енергетичне обґрунтування переведення вітчизняного холодильного обладнання на альтернативні холодоагенти. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.14.06 – Технічна теплофізика і промислова теплоенергетика. Одеська державна академія холоду, Одеса, 2003.

Робота присвячена подальшому розвитку методики еколого-термoeкономічного аналізу стосовно завдань переведення холодильного обладнання на використання озононеруйнівних холодоагентів і вивченню можливостей підвищення еколого-енергетичної ефективності розглянутого обладнання. Особливістю методики є повномасштабне врахування емісії парникових газів за повний "життєвий цикл" обладнання.

Вивчено вплив емісії холодоагентів на величину запропонованих у дисертації еколого-термoeкономічних показників для холодильної техніки. Проведено зіставлення й аналіз причин розбіжності в значеннях показників енергетичної ефективності обладнання, здобутих за результатами теоретичних досліджень та експлуатаційних випробувань.

Розроблено рекомендації щодо переведення ВАТ "РЕФМА" на выпуск оборудования, яке використовує озононеруйнівні холодоагенти (у т.ч. пожежонебезпечні).

Ключові слова: озононеруйнівні холодоагенти, енергосбереження, парникові газы, еколого-енергетична ефективність, холодильне обладнання, антропогенне навантаження.

Hlieva O.Ya. Ecology-energetical substantiation of moving of the domestically produced refrigeration equipment to the ecologically safe refrigerants. - Manuscript.

The dissertation to achieve the degree of candidate of Engineering Sciences on speciality 05.14.06 – Technical thermophysics and industrial thermoenergetics. Odessa State Academy of Refrigeration, Odessa, 2003.

Dissertation is dedicated to the additional development of the method of ecology-thermoeconomical analyze for moving of the refrigeration equipment to ozone-safe refrigerants. The problem of increasing ecology-energetical efficiency has been studied. The main purpose of the proposed method is full-scale calculation of greenhouse gases emission in the life cycle of the refrigerating equipment.

Influence of emission of the refrigerants on the value of proposed ecology-thermoeconomical coefficients for refrigeration equipment has been investigated. Comparison and difference between indices of

energetical efficiency of equipment obtained during theoretical investigation and field trials have been analyzed.

Practical recommendation for moving plant "REFMA" to producing of the equipment with ozone safe refrigerant (including flammable refrigerants) have been developed and presented.

Key words: ozone-safe refrigerants, energy-saving, greenhouse gases, ecology-energetical efficiency, man-made loading.