



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В.С. МАРТИНОВСЬКОГО**

ХІІ ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

27-28 вересня 2019 року

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ КОНФЕРЕНЦІЇ



ОДЕСА 2019

УДК 621.565 (075.6)

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2019. – 229 с.

У збірнику наведені матеріали XII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки та технології» та розглянуто різні аспекти науково-технічних питань, пов'язаних з проектуванням, виготовленням та експлуатацією холодильного обладнання різного призначення, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та криогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

В сборнике представлены материалы XII Всеукраинской научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии» и рассмотрены различные аспекты научно-технических вопросов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией холодильного оборудования различного назначения, исследованием рабочих тел и процессов в элементах холодильных и криогенных систем, применением нано и когенерационных технологий, использованием холода в пищевых технологиях, применением и внедрением нетрадиционных источников энергии.

Відповідальність за достовірність інформації несе автор публікації.
Матеріали публікуються мовою оригінала, наданого автором.

Голова наукового комітету – Єгоров Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, член-кореспондент НААН України, Заслужений діяч науки і техніки, д-р техн. наук, професор.

Заступник голови – Косой Борис Володимирович – директор Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, д-р техн. наук, професор.

Члени наукового комітету:

Ванєєв Сергій Михайлович - Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

Василенко Сергій Михайлович - Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор;

Железний В.П. - зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Лабай Володимир Йосипович - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

Лавренченко Г.К. - д-р техн. наук, професор;

Мілованов В.І. - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор;

Морозюк Л.І. - д-р техн. наук, професор;

Потапов Володимир Олексійович - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

Радченко М.І. - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Семенюк В.А. - к.т.н., директор НПФ «Терміон»;

Симоненко Ю.М. - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Снежкін Юрій Федорович - директор Інституту технічної теплофізики, д.т.н., академік НАНУ

Ткаченко Станіслав Йосипович - д.т.н., професор Вінницького національного технічного університету;

Хмельнюк М.Г. - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Щит Михайло Львович - к.т.н., пров. наук. спів. Інституту енергетики Академії Наук Молдови.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Жихарєва Н.В., к.т.н. Когут В.Є., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Подмазко О.С.

ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

110 РОКІВ ПРОФЕСОРУ ЧУКЛІНУ СЕРГІЮ ГРИГОРОВИЧУ (1909-1974)

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОМФОРТНОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Н.И. Радченко, д.т.н., проф., Е.И. Трушляков, к.т.н., проф., А.Н. Радченко, к.т.н., доц.,
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна

АЗОТНЫЕ ГАЗИФИКАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Кириченко И.В., технический директор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса;
Леонтьев А.А., главный конструктор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса.
e - mail: info@krioprom.com.ua

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Жихарева Н.В., к.т.н., доц., Одеська національна академія харчових технологій

СЕКЦІЯ № 2. ХОЛОДИЛЬНІ ТА КРІОГЕННІ МАШИНИ. ТЕПЛОВІ НАСОСИ		стр.
9.	THERMODYNAMIC ANALYSIS OF PERIODIC OPERATION AMMONIA-WATER ABSORPTION REFRIGERATION UNITS IN ATMOSPHERIC WATER GENERATION SYSTEMS	155
10.	DEVELOPMENT OF DOMESTIC ABSORPTION REFRIGERATOR FOR OPERATION IN A WIDE RANGE OF EXTERNAL AIR TEMPERATURES	158
11.	MODELING OF THERMAL MODES OF THE REFLUX CONDENSER OF THE ABSORPTION REFRIGERATION UNIT	161
12.	РАЗРАБОТКА АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ	164
13.	RESEARCH OF ELEMENTS OF TECHNOLOGY FOR REMOVAL OF NATURAL PESTICIDES FROM PLANT RAW MATERIALS	167
14.	ПЕРСПЕКТИВНА СХЕМА ЗРІДЖУВАЧА ВОДНЮ МАЛОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЇЇ РОЗРАХУНОК	169
15.	ВИКОРИСТАННЯ ВІДКРИТОГО ЦИКЛУ СТРІЛІНГА В АВТОМОБІЛІ, ЩО ПРАЦЮЄ НА РІДКОМУ АЗОТІ	172
СЕКЦІЯ № 3. КОМПРЕСОРИ ТА ПНЕВМОАГРЕГАТИ РОБОЧІ РЕЧОВИНИ		стр.
1.	ККД СТРУМИННО-РЕАКТИВНОЇ ТУРБИНИ З УРАХУВАННЯМ СТЕПЕНІ НЕРОЗРАХУНКОВОСТІ ТЯГОВОГО СОПЛА	175
2.	МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В ТРЁХСТУПЕНЧАТОЙ СЕКЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ САЙКЛИНГ-ПРОЦЕССА	177
3.	ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕЧІЇ В ЩІЛИНАХ ТА ОТВОРАХ ЕКВІВАЛЕНТНОЮ ПЛОЩЕЮ ПРОХІДНОГО ПЕРЕРІЗУ	179
4.	РОБОТА МАЛОГО ХОЛОДИЛЬНОГО КОМПРЕСОРА НА ХОЛОДОАГЕНТІ З ДОМІШКАМИ НАНОЧАСТОК	180
5.	ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ПЕРЕД СЖАТИЕМ ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ БРОСОВОГО ТЕПЛА ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК	182
6.	РОЗРАХУНОК ХАРАКТЕРИСТИК ГЕРМЕТИЧНОГО КОМПРЕСОРНОГО АГРЕГАТУ В ПУСКОВИХ РЕЖИМАХ	185
7.	ВПРОВАДЖЕННЯ ІЗОБУТАНУ В ЯКОСТІ ХОЛОДОАГЕНТА В МАЛІ ХОЛОДИЛЬНІ МАШИНИ	188
8.	ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ДВС В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	191
9.	МОДЕРНІЗАЦІЯ ГАЗОТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ	193
10.	АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПОРШНЕВОГО ВУГЛЕКИСЛОТНОГО КОМПРЕСОРА	195
11.	ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ БЕЗШАТУННОГО ПОРШНЕВОГО КОМПРЕСОРА НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ХОЛОДОАГЕНТАХ	197
12.	ПРОФІЛЮВАННЯ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ СОПЛА АКТИВНОГО ПОТОКУ РІДИННО-ПАРОВОГО ЕЖЕКТОРА	199
13.	АНАЛІЗ ХОЛОДИЛЬНИХ ЦИКЛІВ З РТО ПРОМІЖНОГО ТИСКУ	200

ВПРОВАДЖЕННЯ ІЗОБУТАНУ В ЯКОСТІ ХОЛОДОАГЕНТА В МАЛІ ХОЛОДИЛЬНІ МАШИНИ

Мілованов В.І., д.т.н, проф., Ковальчук В.В.
Одеська національна академія харчових технологій

Сьогодні добре відомо, що штучне охолодження пов'язане із здійсненням термодинамічних циклів холодильних машин, які ґрунтуються головним чином на фазових перетвореннях тіл, званих робочими речовинами або холодоагентами. Холодоагенти, будучи невід'ємною частиною холодильної машини, істотно впливають на її конструкцію. Так, окремі термодинамічні характеристики холодоагенту визначають конструкцію компресора і теплообмінних агрегатів. Різниця тисків визначає навантаження на робочі елементи компресора. Від властивостей холодоагента залежить вибір матеріалу для основних елементів холодильного агрегату. Разом з тим, холодоагент повинен відповідати таким вимогам, як розчинність в мастилі, нетоксичність, вибухобезпечність, низька ціна і т. п. Таким чином, від виду холодоагенту залежать багато параметрів холодильної машини.

Однак наприкінці минулого сторіччя з'явилася нова проблема, пов'язана з робочими речовинами – проблема екології. Загострилися фактори екології та безпеки експлуатації холодильної техніки, які превалюють над іншими вимогами, що пред'являються до холодоагенту.

Таким чином оптимальний вибір робочих тіл для різних типів холодильного обладнання є актуальною науковою і технологічною проблемою.

Метою нашої роботи є аналіз перспектив застосування ізобутану в малих холодильних машинах для подальшого підвищення їх якості.

Наприкінці 20-го сторіччя в світі почали регулювати та різко скорочувати споживання фреонів, які вміщують хлор та бром і руйнують озоновий шар. Їх замітники, безхлорні фреони, виявилися сильнодіючими парниковими газами. Тому вчені та промислові підприємства зацікавились перспективним і довгостроковим рішенням цієї проблеми - використанням в якості холодоагентів природних робочих речовин.

Натуральні холодоагенти — речовини, природним чином присутні в навколишньому середовищі, в їх перелік входять аміак, вуглеводні, повітря, вода і CO₂. Усі вони мають суттєві екологічні переваги над фреонами. Незважаючи на те, що застосування кожної з цих речовин в системі охолодження пов'язане з певними перешкодами, сучасні технології дозволяють знаходити ефективні, економічні та довгострокові рішення цієї проблеми.

Вуглеводні, такі як пропан і ізобутан, - високоефективні холодоагенти, але вони вогнебезпечні. Тому вони в першу чергу застосовуються в тих промислових ситуаціях, де все обладнання в конкретній зоні має бути вогнестійким в силу інших причин. Приклади використання: побутові холодильники, морозильники, автономні комерційні системи охолодження, централізовані системи непрямого охолодження супермаркетів.

Але для подальшого розширення їх застосування в холодильних машинах необхідно провести додаткові дослідження теплофізичних, термодинамічних, хімічних, токсичних та інших властивостей холодоагентів і їх сумішей; розробку, дослідження та організацію виробництва холодоагентів, мастил, ущільнювальних і електроізоляційних матеріалів; модернізацію і вдосконалення холодильних машин, що працюють на альтернативних холодоагентах.

Холодоагент R600 (ізобутан). Основні характеристики.

Довгий час в холодоагенті R600a (ізобутан) не було особливої потреби, і його виробляли в обмежених кількостях. Сьогодні ця хімічна сполука стає одним з найпопулярніших холодильних агентів. В першу чергу грає роль те, що з моменту первинного використання цього холодоагенту

серйозно змінилися технології його використання, які допомогли як знизити заправну дозу, так і поліпшити технічні характеристики побутових холодильних приладів.

Розглянемо переваги і недоліки, притаманні новому холодоагенту, в порівнянні з традиційними фреонами.

Екологічні переваги R600a: відсутність синтетичних компонентів; зменшений рівень шуму БХП; відсутня властивість руйнування озонового шару (коефіцієнт (ODP=0)); низький потенціал впливу на парниковий ефект (GWP = 0,001).

Термодинамічні переваги R600a: має більш високий, ніж R12, холодильний коефіцієнт, що зменшує енергоспоживання БХП; може бути застосований в існуючих конструкціях компресорів.

Експлуатаційні переваги R600a: хімічно стійкий газ; є чистою речовиною; добре розчиняється в мінеральному мастиллі; є можливість використання в сумішевих холодоагентах. Це дозволяє домогтися параметрів сумішевого холодоагенту близьких до раніше застосовуваного R12. У свою чергу, така заміна дозволяє спростити процес ретрофіта систем; підвищена пожежна небезпечність агента вирішується завдяки зменшенню дози заправки до таких обсягів, які практично не можуть привести до пожежі.

Економічні переваги R600a: маса холодоагенту, що циркулює в холодильному агрегаті значно менше; існують заводи з випуску ізобутана в товарній кількості; найбільш економічні холодильники з класами енергоспоживання A + і A ++ працюють на R600a.

Екологічні недоліки R600a- немає.

Термодинамічні недоліки R600a: низька розчинність в воді; низька питома об'ємна холодопродуктивність.

Експлуатаційні недоліки R600a: не дозволяє зробити ретрофіт існуючого обладнання без значних змін в конструкції холодильного агрегату і електрообладнання БХП; не має кольору і запаху, що ускладнює його виявлення; ізобутан важчий за повітря, тому при скупченні всередині приміщення він здатний викликати асфікцію; вибухонебезпечний, заправку цим холодоагентом можуть робити тільки фахівці сервісних центрів, які пройшли спеціальну підготовку по роботі з R600a.

Економічні недоліки R600a: необхідність застосування принципово нового парку дорогого експлуатаційного і ремонтного обладнання; необхідність вести розробки з урахуванням пожежонебезпеки холодоагенту.

Властивості і основні характеристики

Фізичні властивості R600a в порівнянні з холодоагентами R12 і R134a наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фізичні властивості R600a в порівнянні з R12 і R134a

Параметри	R12	R134a	R600a
Нормальні температура кипіння (p=0,1 МПа), °C	-29,8	-26,5	-11,7
Температура замерзання, °C	-158	-101,1	-159
Критична температура, °C	122	101,15	135
Критичний тиск, МПа	4,11	4,06	3,65
Тиск всмоктування при -15 °C, МПа	0,182	0,164	0,089
Розчинність в маслі	Не обмежена		
Розчинність води в контурі (при 15,5 °C), мас. %	0,005	0,015	0,0057
Потенціал руйнування озону (ODP)	1	0	0

Застосування ізобутану: нові побутові холодильники, малі торговельні морозильники та торгові автомати.

СОР обладнання на R600a більше, ніж устаткування на R12. Об'ємна холодопродуктивність ізобутана нижче, ніж у R12, отже, для забезпечення аналогічної холодопродуктивності потрібні більш потужні компресори.

Робочий тиск в більшості випадків нижче атмосферного, що збільшує ризик забруднення системи, але зменшує ймовірність витоків.

При використанні R600a рівень шуму обладнання менше, ніж при використанні інших холодоагентів.

Ізобутан в якості холодоагента перевершує R12 і R134a за екологічними параметрами, крім того, він має прекрасні термодинамічні характеристики. Маса холодоагенту (ізобутану), що циркулює в холодильному агрегаті, значно скорочується (приблизно на 30%), наприклад, в холодильнику ємністю 130 л знаходиться всього 20 г ізобутану, причому 12 г розчиняються в холодильному мастилі. При цьому конструкція холодильника, якщо і вимагає змін, то незначних. Компресори на R600a працюють з тими ж мінеральними мастилами, використовують ту ж типову електроізоляцію, що ущільнюють матеріали і труби того ж діаметра, що і при роботі на R12.

Через низький тиск в робочому контурі холодильні агрегати з фреоном R600a характеризуються меншим рівнем шуму. У разі витоків газоподібний R600a стелиться по землі. Ізобутан добре розчиняється в мінеральному мастилі і має більш високий холодильний коефіцієнт, ніж R12, що зменшує енергоспоживання машини.

Ці параметри, в сукупності з низькою ціною і простотою виробництва ізобутана, роблять його серйозним кандидатом на застосування в холодильній техніці нового покоління.

Малі значення температури кінця стиснення, низькі тиски кипіння і конденсації, одна з найменших різниць тиску поєднуються в цьому холодоагенті з його високим COP і значною питомою холодопродуктивністю, роблячи малозначними слабкі сторони застосування ізобутану.

Таким чином, проведений аналіз показує, що в якості озонобезпечного і енергетично вигідного холодоагенту в компресорах і агрегатах побутових і торгових холодильників і морозильників нових градацій і типорозмірів доцільно використовувати холодоагент R600a, який забезпечує високий технічний рівень нового обладнання.