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

XII 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 кріогенних 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.

НТБ ОНАХТ

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

© ОНАХТ

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 кондиціювання 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;
Снєжкін 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 кондиціювання 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. Яковлєва О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Подмазко О.С.

НТБ ОНАХТ

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 КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ

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

НТБ ОНАХТ

	СЕКЦІЯ № 2. ХОЛОДИЛЬНІ ТА КРІОГЕННІ МАШИНИ. ТЕПЛОВІ НАСОСИ	стр.
9.	THERMODYNAMIC ANALYSIS OF PERIODIC OPERATION AMMONIA-WATER ABSORPTION REFRIGERATION UNITS IN ATMOSPHER-IC WATER GENERATION SYSTEMS	155
10.	DEVELOPMENT OF DOMESTIC ABSORBTION 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 СТІРЛІНГА В АВТОМОБІЛІ, ЩО ПРАЦЮЄ НА РІДКОМУ АЗОТІ	172

	СЕКЦІЯ № 3. КОМПРЕСОРИ ТА ПНЕВМОАГРЕГАТИ РОБОЧІ РЕЧОВИНИ	стр.
1.	ККД СТРУМИННО-РЕАКТИВНОЇ ТУРБІНИ 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

НТБ ОНАХТ

УДК 621.57

АНАЛІЗ ХОЛОДИЛЬНИХ ЦИКЛІВ З РТО ПРОМІЖНОГО ТИСКУ

Ярошенко В.М. доцент каф.КПА , ОНАХТ, «valeryi@ukr.net»,ORCID:0000-0002-6051-6848

В термотрансформаторах, до яких відносяться переважна кількість енергетичних та холодильних установок, широко застосовуються регенеративні та рекуперативні теплообмінники (РТО) , які безпосередньо не повязані з теплообміном на рівні зовнішніх джерел теплоти. При загальному підході холодильні циклі з РТО в залежності від їх практичної направленості, властивостей робочих тіл та температурних потенціалів джерел теплоти , можуть застосовуватись як для експлуатаційної надійності та стабільності характеристик складових елементів (процесів) циклу так і для підвищення його енергетичної ефективності [3].

За звичай в більшості фреонових холодильних машин невеликої потужності застосовуються класичні РТО , за допомогою яких забезпечується внутрішній теплообмін між рідинним холодильним агентом високого тиску і парою низького тиску (після випарника).

Практична реалізація рекуперативних процесів насамперед забезпечує при цьому «сухий хід» компресора , а додаткове переохолодження холодильного агента високого тиску в РТО перед адіабатичним дроселюванням сприяє більш ефективному заповненню випарної системи рідким холодильним агентом , за рахунок зменшення кількості баластної пари, що обумовлює інтенсифікацію процесів теплообміну в випарнику та підвищення питомої холодопродуктивності .

Якщо з практичної (експлуатаційної) точки зору використання класичних РТО в більшості випадків носить позитивний характер, то з точки зору енергетичної ефективності це далеко не так. Для більшості холодильних агентів вплив рекуперативних процесів на холодильний коефіцієнт не є однозначним. Залежно від термодинамічних параметрів холодильного циклу і властивостей холодильного агента, рекуперативні процеси можуть сприяти, як підвищенню так і зниженню коефіцієнта перетворювання енергії (холодильного коефіцієнта циклу) [1].

Найбільш негативним наслідком перегріву пари низького тиску в РТО є зростання температури кінця стиснення холодильного агенту в компресорі (температури нагнітання), яка для переважної кількості робочих речовин є обмеженою. При цьому знижуються енергетичні показники холодильної машини та експлуатаційні характеристики мастила та компресору , що може обумовлювати аварійну зупинку. Особливого значення це має відношення до холодильних систем, що працюють в тропічних умовах, а також суднових холодильних установках, зовнішні умови експлуатації яких залежать від районів плавання.

Провідними фірмами, що продукують холодильне обладнання, пропонуються різні варіанти практичної реалізації з метою забезпечення експлуатаційної надійності та стійкості холодильних машин в екстремальних умовах роботи, що направлено в першу чергу на зниження температури нагнітання. В якості прикладу можно навести серійні холодильні машини на основі циклу Джимбальвіо з уприскуванням рідинного холодильного агенту низького тиску , що може забезпечувати кінцеву температуру стиснення в компресорі на рівні сухої насиченої пари високого тиску [4].

З розвитком компресоробудування і впровадженням нових технологій рядом фірм випускаються холодильні машини, в яких застосовуються РТО проміжного тиску (економайзери). Схема холодильної машини та відповідний термодинамічний цикл фірми Copeland показана на рис.1. [2]

Конструктивно така схема найбільш просто реалізується в спіральних компресорах. Спіральний компресор комплектується спеціальним патрубком вприскування пари, яка підключається до РТО. При цьому невелика частина холодильного агенту високого тиску ΔG після конденсатору (або РТО) направляється до РТО після дроселювання до проміжного тиску P_{01}. В РТО відбувається рекуперативний теплообмін між основним потоком рідини високого тиску G та вологою парою ΔG, що обумовлює переохолодження рідини (процес 7-6) за рахунок процесу випаровування 8-5). Пара проміжного тиску всмоктується компресором де змішується із основним потоком пари (процес 5-2) та стискується до тиску конденсації

НТБ ОНАХТ

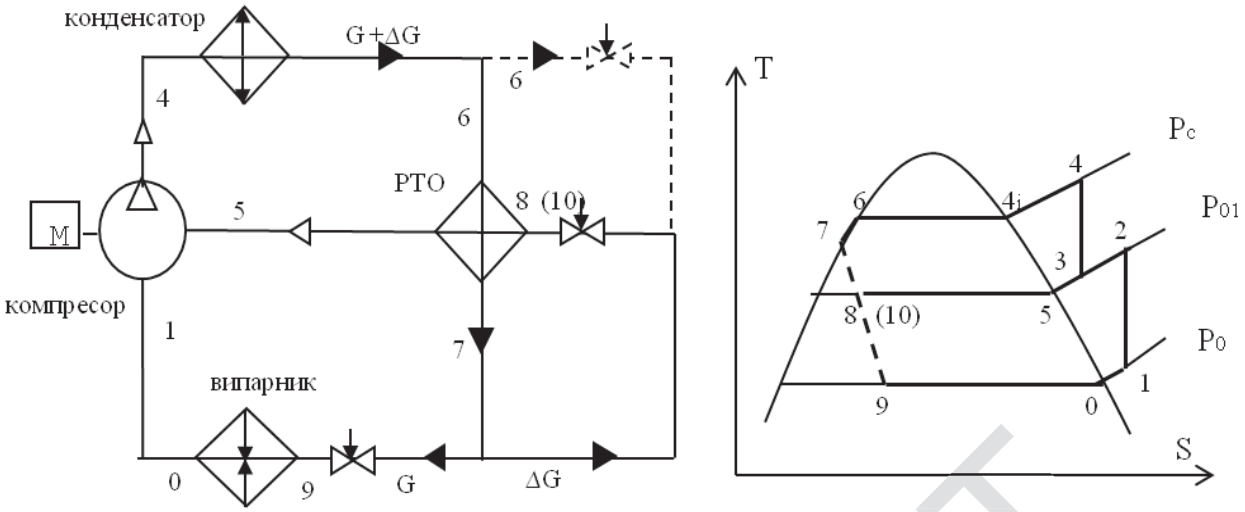

Рис. 1.- Схема та термодинамічний цикл холодильної машини з РТО проміжного тиску. Пунктиром показано варіант включення РТО з подачою рідини високого тиску безпосередньо від конденсатору.

Таким чином умовно реалізується схема двоступеневого стиснення, що дозволяє зменшити температуру нагнітання холодильного агенту та збільшити переохолодження агенту високого тиску. Але при цьому має місце додаткова затрата роботи в компресорі в наслідок збільшення масової витрати холодильного агенту на ΔG, яка безпосередньо не приймає участі в формуванні холодильного ефекту і після адіабатичного дроселювання направляється в РТО проміжного тиску.

При реалізації циклів з повітряними конденсаторами виробники рекомендують [2] подавати на терморегулюючий вентиль (ТРВ) рідину високого тиску після РТО, що обумовлює зниження її кількості за рахунок зменшення баластної пари після дроселювання.

В разі використання водяних конденсаторів необхідно проводити відбір рідкого холодоагенту високого тиску з основного потоку після конденсатора. При цьому забезпечується мінімальне переохолодження холодоагенту, що необхідно для стійкої роботи ТРВ, оскільки гарантує відсутність пари на вході в ТРВ.

Кількість холодильного агенту ΔG , що направляється в РТО для переохолодження основного потоку G , з одного боку обумовлює підвищення холодильної продуктивності машини , а з іншого обумовлює допоміжні енергетичні витрати, пов'язані зі стисканням в компресорі більшої кількості холодильного агенту і тому впливає на енергетичну ефективність холодильної машини та температуру нагнітання в компресорі.

Розрахунки енергетичних та експлуатаційних характеристик циклу холодильної машини з РТО проміжного циклу виконувались на базі теоретичного циклу [3] з різною відносною кількістю холодильного агенту проміжного циклу ΔG/ G , при різних температурах кипіння холодильного агенту та різними температурами конденсації (30^{o}Ста 40^{o}С) для холодильних агентів R404 A та R410 A.

Такі холодильні агенти в даний час знаходять широке застосування в холодильних системах різного призначення в тому числі і в суднових холодильних установках як альтернативні традиційним екологічно шкідливим робочим речовинам. Розрахунки виконувались при відносній кількості холодильного агенту проміжного циклу на рівні 5 - 15%.

Розрахунки показують, що холодильний коефіцієнт циклу з РТО проміжного тиску циклу зростає по відношенню до циклу з класичним РТО на 10-15% для фреону R410A та на 5-10 % для фреону R404 A.

Застосування РТО з парою проміжного циклу підвищує рівень переохолодження рідини високого тиску у порівнянні з холодильними машинами із класичним РТО (залежно від температури перегріву після РТО) до 25% для фреону R410 A та до 20% для фреону R404 A. А це в свою чергу обумовлює підвищення холодильної продуктивності за рахунок інтенсифікації процесу теплообміну в випарнику на 10 -15%.

Суттєвою перевагою такого циклу є зменшення температури нагнітання (кінця стиснення). У порівнянні з холодильними машинами із класичним РТО, така схема дає змогу зменшити

НТБ ОНАХТ

температуру нагнітання на 20-30% для більшості режимів розрахункового порівняння циклів для обох фреонів.

При збільшені кількості холодильного агенту з проміжним тиском зростає холодильний коефіцієнт та зменшується температура кінця стиснення, що позитивно впливає на роботу компресора. Але при цьому зростають маса та габарити установки, що являється предметом техніко-економічного рішення.

В цілому використання принципу рекуперативного теплообміну з насиченою парою проміжного тиску не лише збільшує холодильний коефіцієнт, але і обумовлює підвищення надійності компресора за рахунок зменшення температури нагнітання. Розрахунки показують, що більш ефективним з точки зору енергоефективності являється фреон R410A в порівнянні з фреоном R404A, а підвищення практично усіх показників циклу зростає з ростом температури конденсації.

Література.

1. Гемелев Ю.А., Мнацаканов Г.К. Энергетическая эффективность теоретических регенеративных циклов компрессионных холодильных машин на современных холодильных агентах. В сб. « Холодильная техника и технология», вып. 60, 1999, стр. 90 -94.

2. Каталог фирмы DWM COPELAND.www. Copeland.com.

3. Мартыновский В. С. Циклы, схемы и характеристики термотрансформаторов. — М.: Энергия, 1979. — 288 с.

4. Ярошенко В.М. Термодинамічна ефективність процесів стиснення із вприском холодильного агенту. В Зб.IX міжнародної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки і технології», Одеса,- 2013, с.5-7

НТБ ОНАХТ