



**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 ТЕХНОЛОГІЙ
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

27-28 вересня 2019 року

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ КОНФЕРЕНЦІЇ



ОДЕСА 2019

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.

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

14.	ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ У ХОЛОДИЛЬНИЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ	203
15.	ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ НАНОЧАСТИЦ AL₂O₃ НА ДАВЛЕНИЕ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИРКУЛЯЦІЇ ДОМШОК	206
16.	КОМПРЕСОРНОГО МАСТИЛА В ХОЛОДОАГЕНТАХ R600A ТА R290 ПО КОНТУРУ ХОЛОДИЛЬНОЇ КОМПРЕСОРНОЇ СИСТЕМИ	209
17.	СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ В ЖИДКОЙ ФАЗЕ О-КСИЛОЛА ПРИ НАЛИЧИИ ПРИМЕСЕЙ ФУЛЛЕРЕНА C₆₀	211
18.	ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ ФУЛЛЕРЕНОВ C₆₀ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕТРАЛИНА	214
19.	ВПЛИВ ДОМШОК МОДЕЛЬНОГО КОМПРЕСОРНОГО МАСТИЛА TEG В ХОЛОДОАГЕНТІ RE170 НА ПАРАМЕТРИ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПРЕСОРНОЇ СИСТЕМИ	217
20.	ПРИНЦИПИ ТЕРМОДИНАМІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОФЛЮІДІВ	220
	ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ	стр.
1.	АЗОТНЫЕ ГАЗИФИКАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	223
2.	ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ	227

УДК 621.564.25:551.510.534

ВПЛИВ ДОМІШОК МОДЕЛЬНОГО КОМПРЕСОРНОГО МАСТИЛА ТEG В ХОЛОДОАГЕНТІ RE170 НА ПАРАМЕТРИ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПРЕСОРНОЇ СИСТЕМИ

Желєзний В.П., Івченко Д.О.

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, zheleznyv@gmail.com

Важливим напрямком підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів та інтенсифікації технологічних процесів є оптимальний вибір робочих тіл для холодильного обладнання. Для розвитку цього напрямку необхідно мати інформацію про термодинамічні властивості робочих тіл.

У парокомпресійних холодильних машинах і кондиціонерах компресорне мастило застосовується для безаварійної роботи компресора. Основне завдання застосування компресорного мастила полягає в забезпеченні існування тонкої плівки мастила, що дозволяє змащувати механічні рухомі елементи компресора (поршні, шатун / кривошип, клапани і т. д.), тобто захищає від зносу деталі компресора, що сполучаються. Однак, мастильний матеріал виконує ще кілька другорядних функцій, серед яких герметизація, зниження рівня шуму, а також сприяння видалення хімічних домішок або відкладень, які можуть бути присутніми в компресорній системі. Крім того, в деяких типах холодильних машин мастило також використовується в якості теплоносія для охолодження компресора. Зазначені сприятливі фактори показують, що застосування компресорних мастил безумовно корисно в холодильних установках [1].

Однак наявність мастила також супроводжується рядом негативних ефектів. Взаємна розчинність мастила з холодоагентом робить істотний вплив як на характеристики ефективності компресорної системи, так і в цілому на роботу холодильної машини [2, 3]. Енергетичні показники обладнання, пускові характеристики компресора, теплообмін в апаратах, циркуляція мастила по контуру компресорної системи, надійність компресора в значній мірі визначається теплофізичними властивостями не чистого холодоагенту, а застосовуваного реального робочого тіла [3]. Важливе значення, для нормальної циркуляції мастила і повернення його в компресор, також має розчинність мастила в холодоагенті [2].

Для нормальної роботи автоматизованої холодильної машини необхідно дотримуватися таких умов:

- при сталому режимі холодильної машини кількість викидається компресором мастила за одиницю часу має за той же період повернутися в картер компресора [2];
- стан розчину, що повертається в картер, має бути якомога ближче до стану його в картері компресора, щоб при змішуванні вплив довипаровування і спінювання розчину зводилося до мінімуму [2];
- мастило, що уноситься, не повинно накопичуватися в конденсаторі або ресивері. Цій умові найбільшою мірою задовольняють мастила з необмеженою розчинністю в холодоагенті при температурах конденсації [2].

Найбільш повно вплив домішок мастила в холодоагенті на властивості робочого тіла і холодильного обладнання розглянуто в роботах [2, 4]. З проведених досліджень випливає, що розчинене в рідкому холодоагенті мастило знижує холодопродуктивність холодильної машини [1, 2, 4]. Оскільки тиск розчину холодоагент / мастило у випарнику нижче тиску насиченої пари чистого холодоагенту, при заданій температурі кипіння, дійсна холодопродуктивність буде зменшуватися зі збільшенням концентрації мастила в робочому тілі [1, 4], циркулюючому по контуру компресорної системи.

Присутність мастила також викликає зміни в конфігурації потоку в апаратах холодильної машини, збільшує перепади тиску, змінює термодинамічну рівновагу і термодинамічні властивості

холодоагенту (рівновагу рідина-пар, ентальпію, в'язкість, поверхневий натяг і т.д.). Питання про вплив мастила на процеси охолодження мають першорядне значення і обов'язково повинні розглядатися в контексті розробки нових екологічно чистих холодоагентів (або повторного відкриття «старих» холодоагентів за останні два десятиліття [1]).

Процес кипіння холодоагенту в прямоточном випарнику чутливий до присутності домішок мастила з кількох причин [2]. Перш за все, тому, що склад рідкої фази РХМ при кипінні в випарнику змінюється в широких межах (особливо у випарнику проточного типу). Цей тип випарника з верхньою подачею рідкого агента і нижнім відведенням пара найбільш широко застосовують для малих і середніх холодильних установок.

Концентрація мастила c_g в РРТ перед дросельним пристроєм при наявності мастиловіддільника зазвичай незначна [2, 5]. Після дроселювання холодоагент з домішками мастила надходить у випарник, де швидко змішується з киплячим в ньому робочим тілом. Температура в кожній точці випарника буде визначатися тиском на всмоктуючому патрубку компресора (якщо знехтувати гідравлічними втратами) і складом киплячого РХМ, який суттєво відрізняється від концентрації робочого тіла, що надходить з конденсатора c_g . Тому середня концентрація мастила в проточному випарнику збільшується до 8 до 16% [2, 5].

Мастило, яке несеться з компресора в конденсатор, а звідти у випарник, має знову повернутися в компресор. В іншому випадку порушиться нормальне змащення компресора. По ходу кипіння робочого тіла у випарнику (збільшення ступеня сухості парорідинної суміші) концентрація мастила у рідкій фазі РХМ буде зростати, що сприяє зниженню як інтенсивності теплообмінних процесів [4], так і ефективності обладнання в цілому [4, 5]. Концентрації рідкої фази робочого тіла, що повертається в картер, і РХМ в компресорі повинні бути приблизно рівні, для того щоб усунути вплив недовипареного холодоагенту на коефіцієнт подачі і зменшити процес піноутворення в компресорі.

Кількість недовипареного з РРТ холодоагенту – Δm_r по ходу просування по прямоточному випарнику зменшується за лінійним законом, а концентрація мастила – w_{oil} у залишковій рідкій фазі зростає за законом гіперболи [2]. На рисунках 1, 2 і нижче наведені результати отримані при розрахунку циклів за умови переохолодженні РРТ після конденсатора на 5 К.

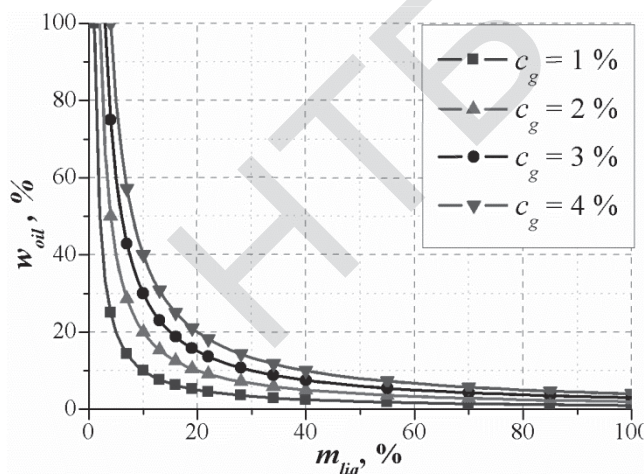


Рисунок 1 - Залежність концентрації мастила у залишковій рідині - w_{oil} в прямоточном випарнику від кількості залишкової рідини у випарнику - m_l для робочого тіла RE170 / TEG

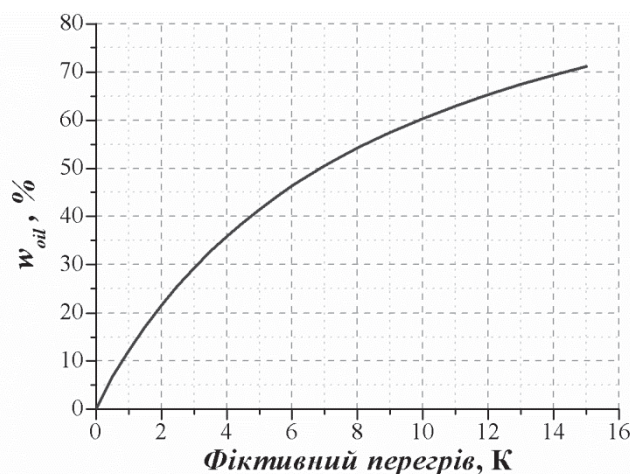


Рисунок 2 - Залежність концентрації мастила у залишковій рідині - w_{oil} в прямоточном випарнику від величини фіктивного перегріву для робочого тіла RE170 / TEG

Таким чином, склад – w_{oil} і маса рідкої фази РХМ – m_l в різних точках випарника залежить як від концентрації c_g , так і від величини фіктивного перегріву. Особливо швидко зростання концентрації мастила в залишковій рідині відбувається при високих ступенях сухості РРТ у випарнику. Наприклад, при c_g рівній 4 % концентрація мастила в залишковій рідині РРТ зростає до 53 %. Отримані результати

показують, що для хорошої роботи випарника потрібно, перш за все, знизити винесення мастила з компресора в конденсатор.

Розрахунки характеристик компресорної системи з прямоточним випарником проведені при параметрах, характерних для режиму роботи побутової холодильної машини: температура конденсації – $T_K = 303$ К, температура початку кипіння – $T_0 = 258$ К. Гідравлічні втрати тиску в теплообмінних апаратах в виконаних розрахунках не враховувалися.

Виконані розрахунки показують, що зміни величини питомої холодопродуктивності зі збільшенням дійсного (для чистого холодоагенту) та фіктивного (для РРТ) перегріву носять досить складний характер (див. рис. 3).

При перегріві вище 5-6 К питома адіабатна робота стиснення має характерну для чистих холодоагентів тенденцію до монотонного збільшення. Причому питома адіабатна робота стиснення для РРТ завжди більше ніж для чистого холодоагенту. Відносний внесок домішок мастила на абсолютне значення роботи адіабатного процесу стиснення складає близько 2-5% на 1% концентрації c_g .

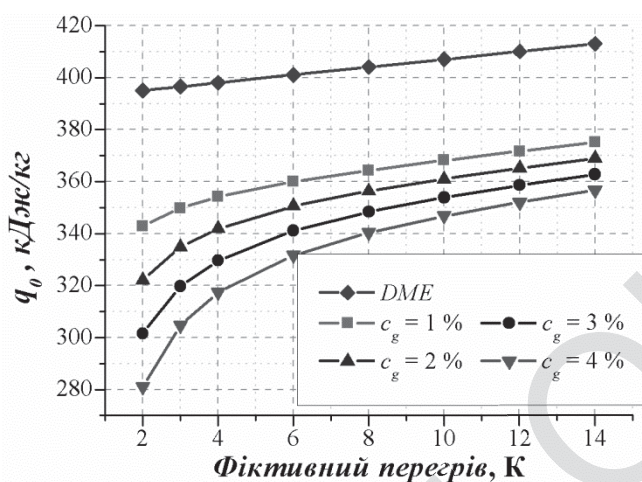


Рисунок 3 – Залежність питомої холодопродуктивності від величини фіктивного перегріву при різних концентраціях мастила перед дросельним пристроєм для робочого тіла RE170 / TEG

Загальний негативний вплив домішок мастила в холодоагенті на абсолютне значення холодильного коефіцієнта залежить як від температури кипіння у випарнику, так і від концентрації c_g . При МДП робочого тіла для даного робочого тіла RE170 / TEG відносний внесок домішок мастила лежить в межах 3-7% на 1% концентрації мастила c_g .

У наслідку виконаного дослідження показано, що наявність домішок модельного компресорного мастила TEG в холодоагенті RE170 оказує значний негативний вплив на параметри ефективності компресорної системи. Присутність мастила в холодоагенті завжди зменшує різницю між ентальпією на вході у випарник і виході з нього в порівнянні з чистим холодоагентом. Цей ефект знаходить своє відображення в зміні питомої холодопродуктивності РРТ і адіабатній роботі стиснення. Процеси, які відбуваються в

окремих вузлах холодильної машини, значною мірою визначаються домішками мастила в холодоагенті. Ці домішки змінюючи теплофізичні властивості холодоагенту, в значній мірі визначають інтенсивність процесів тепло- і масообміну у випарнику, конденсаторі і компресорі.

1. Youbi-Idrissi M. The effect of oil in refrigeration: Current research issues and critical review of thermodynamic aspects / M. Youbi-Idrissi, J. Bonjour // Int. J. Refrig. – 2008 – № 31. – P. 165-179.

2. Мельцер Л. З. Смазка фреоновых холодильных машин. «Пищевая промышленность» Москва. 1969. 132 с.

3. Spauschus H.O. Thermodynamic Properties of Refrigerant-Oil Solutions. Part 2. ASHRAE J. 1963. P. 63–71.

4. Железний В.П., Семенюк Ю.В. Теплофизические свойства растворов хладагентов в компрессорных маслах: моногр. «Фенікс» Одесса. 2013. 419 с.

5. Youbi-Idrissi M. Oil presence in an evaporator: experimental validation of a refrigerant/oil mixture enthalpy calculation model / M. Youbi-Idrissi, J. Bonjour, M.F. Terrier, C. Marvillet, F. Meunier // Int. J. Refrig. –2004 –№ 27. – P. 215–224.