



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
АСОЦІАЦІЯ ІНЖЕНЕРІВ ПО ВЕНТИЛЯЦІЇ, ОПАЛЕННЮ ТА
КОНДИЦІОНУВАННЮ «АВОК України»
СПІЛКА ХОЛОДИЛЬЩИКІВ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ**

**XI Всеукраїнська науково-технічна конференція
XI Всеукраинская научно-техническая конференция
XI International scientific conference**

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

21-22 вересня 2017 року

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ



ОДЕСА 2017

УДК 621.565 (075.6)

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XI Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2017. – 243 с.

У збірнику наведені матеріали XI 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 XI 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.

Рекомендовано до видання Вченою Радою Одеської національної академії харчових технологій протоколом №6 від 07.11.2017 р.

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

Голова конференції – 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:

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

Лагутін А.Є – академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

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

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

Симоненко Ю.М. – зав. кафедрою криогенної техніки ОНАХТ, 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.

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

Бондаренко В.Л. – д-р техн. наук, професор.

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

Семенюк В.О. – к.т.н., директор НВФ «Терміон».

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Буданов В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Стоянов П.Ф., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Ерін В.А., к.т.н. Гайдук С.В., к.т.н. Соколовская В.В., к.т.н. Подмазко І.О., к.т.н. Федоров О.Г.

ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

1. 30 РОКІВ МОНРЕАЛЬСЬКОГО ПРОТОКОЛУ. СТРАТЕГІЇ В СФЕРІ ОБІГУ ОЗОНУЙНУЮЧИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ

Возний В.Ф., к.т.н., президент ВГО «Спілка холодильщиків України»

2. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ І СПОЖИВАННІ РІДКІСНИХ ГАЗІВ

Бондаренко В.Л., доктор техн. наук, професор, МДТУ ім. М. Е. Баумана, м. Москва;

Биканов О.М., «KLA–Tencor Corporation», Milpitas, California, USA;

Симоненко Ю.М., доктор техн. наук, професор, ОНАПТ, м. Одеса

Чигрин А.А., інженер-технолог, ООО «Кріоін Інжиніринг», м. Одеса;

e-mail: ysim1@yandex.ua

3. ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ, ТЕПЛА И ХОЛОДА: РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КАФЕДРЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И РЕФРИЖЕРАЦИИ НУК ИМ. АДМИРАЛА МАКАРОВА

Радченко Н.И. доктор техн. наук, професор, Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев, nirad50@gmail.com

4. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

Трушляков Е.И., к.т.н., доц., Радченко А.Н., к.т.н., доц., Грич А.В., к.т.н., ассистент

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев,

nirad50@gmail.com

5. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ. СОЛНЕЧНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АБСОРБЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛО-ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

А.В. Дорошенко, доктор техн. наук, профессор кафедры термодинамики и возобновляемой энергетики

6. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ КОМПРЕССОРА. СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ВИНТОВОГО И ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРОВ

В. Гринько Региональный представитель J&E Hall и GEA BOCK/Генеральный директор ООО «Еврокул

**СЕКЦІЯ № 3. КОМПРЕСОРИ ТА ПНЕВМОАГРЕГАТИ.
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ. РОБОЧІ РЕЧОВИНИ**

стр.

99.	КАЛОРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ R600a / МИНЕРАЛЬНОЕ МАСТИЛО ТА DME / TEG Мотовой І.В., Івченко Д.О., Железний В.П	225
100.	ПРОЦЕС ТЕПЛООБМІНУ МІЖ ЗЕРНІВКАМИ ТА ОХОЛОДЖУВАЛЬНИМ ПОВІТРЯМ У ЗЕРНОСХОВИЩІ Кюрчев С.В., Кюрчева Л.М., Верхованцева В.О.,	228
101.	ЗАСТОСУВАННЯ МАГНІТНОЇ ОБРОБКИ ПАЛИВА ДЛЯ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК Андреев А.А., Максимов В.І.	230
102.	ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЯ ПОВІТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ Федоров О.Г.	231
103.	НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ДВС Буданов В.О., Мілованов В.І., Губінов Д.О.	233
104.	ДОСЛІДЖЕННЯ РІДИННО-ПАРОВИХ ЕЖЕКТОРІВ, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ ЗА ПРИНЦИПОМ СТРУМИННОЇ ТЕРМОКОМПРЕСІЇ Шарапов С.О., Арсеньев В.М.	236
105.	ІНТЕНСИФІКАЦІЯ МІЖФАЗОВОГО ВОЛОГООБМІНУ КАПЛЯРНО-ПОРИСТИХ ТІЛ Гапонюк І. І.,	237
106.	30 РОКІВ МОНРЕАЛЬСЬКОГО ПРОТОКОЛУ. СТРАТЕГІЇ В СФЕРІ ОБІГУ ОЗОНОРУЙНУЮЧИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ Возний В.Ф.	238
107.	СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ Дорошенко А.В.	239

УДК 536.22

КАЛОРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ R600a / МИНЕРАЛЬНОЕ МАСТИЛО ТА DME / TEG

Мотовой І.В., Івченко Д.О., Желєзний В.П

Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, E-mail: vzhelezny@mail.ru

Реальним робочим тілом парокомпресійних холодильних установок є розчини холодоагентів в компресорних мастилах (РХМ). Домішки компресорного мастила істотно впливають на термодинамічні властивості холодоагенту і енергетичну ефективність компресорної системи. Тому оптимальний вибір робочих тіл - (РХМ) є важливим напрямком підвищення ефективності холодильного обладнання.

Термодинамічне моделювання властивостей РХМ ускладнено з кількох причин. По-перше, відсутня інформація про склад компресорного мастила. По-друге, в літературі практично відсутня інформація про критичні (псевдокритичні) параметри термічно нестабільних компресорних мастил. Цих труднощів можна уникнути, розглядаючи в якості об'єкта дослідження термодинамічні системи, що моделюють властивості РХМ. Основними вимогами, що пред'являються до речовини, що моделює властивості компресорного масимла, є: наявність інформації про критичні параметри; низькі значення тиску насичених парів в інтервалі параметрів роботи холодильної техніки; високе значення молекулярної маси, дані про яку є в літературі; необмежена змішуваність з холодоагентом в широкому інтервалі температур. У пропонованій роботі в якості об'єкта дослідження обрані розчини діметилового ефіру (dimethyl ether - DME CAS 115-10-6) у тріетіленгліколі (triethylene glycol - TEG CAS 112-27-6)), який повністю задовольняє перерахованим вище вимогам. Крім модельної системи також були досліджені калоричні властивості реального робочого тіла - холодоагент R600a / мінеральне масло.

Калоричні властивості робочих тіл визначають ефективність технологічних процесів отримання холоду. Однак, опубліковані в даний час в літературі методики прогнозування калоричних властивостей розчинів холодоагент / компресорне мастило залишаються недостатньо розробленими і вимагають свого подальшого розвитку.

У доповіді вперше представлені експериментальні дані про теплоємність на лінії насичення для TEG, DME, R600a, мінерального масла і розчинів DME / TEG, R600a / мінеральне мастило. Дослідження двофазної теплоємності проведено на експериментальній установці, що реалізує метод прямого нагріву в адіабатичному калориметрі. Були отримані експериментальні дані про теплоємності чистих компонентів TEG, DME, і розчинів DME / TEG в інтервалі температур від 243 до 333 К і масових концентрацій 20.85 %, 23.98 %, 24.53 %, 50.69 %, 50.91 %, 74.64 %, 74.69 %. Калоричні властивості R600a, мінерального мастила та розчинів R600a / мінеральне мастило досліджені при наступних параметрах: температури в інтервалі від 263 до 333 К при масових концентраціях 25 %, 48 %, 70 %

Результати проведених досліджень показані на рисунках 1 і 2.

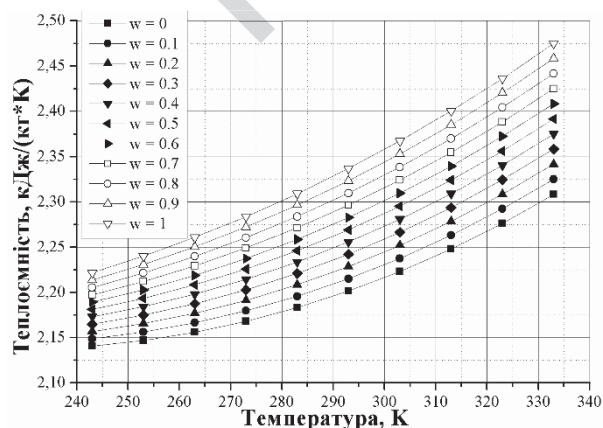


Рисунок 1 Температурна залежність теплоємності DME / TEG

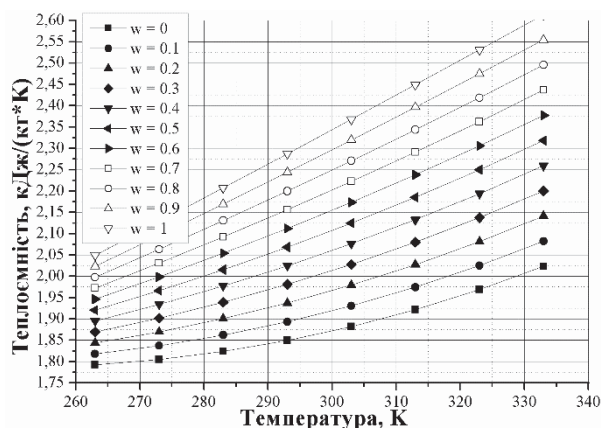


Рисунок 2 Температурна залежність теплоємності R600a / мінеральне мастило

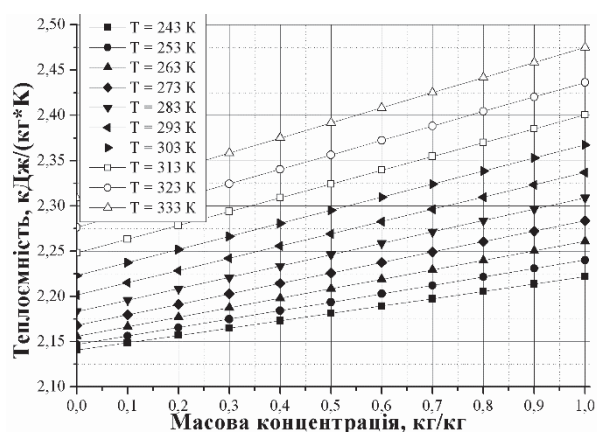


Рисунок 3 Концентраційна залежність теплоємності DME / TEG

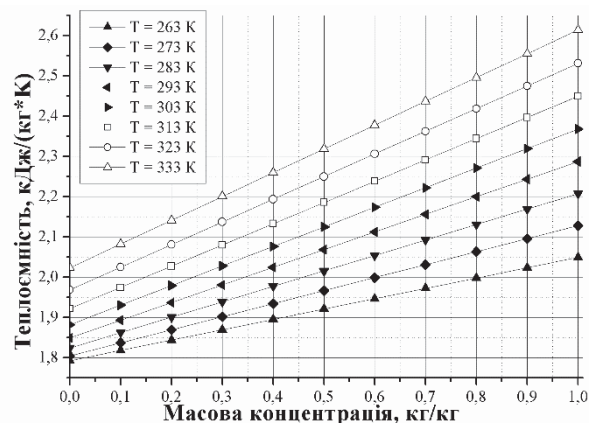


Рисунок 4 Концентраційна залежність теплоємності R600a / мінеральне мастило

Аналіз отриманих експериментальних даних вказує на зміну концентрації рідкої фази модельної системи при збільшенні температури зразка в вимірювальному осередку. Причому ці зміни концентрації тим більше, чим вище концентрація TEG в розчині.

Виконаний аналіз отриманих експериментальних даних показує, що середня невизначеність даних о двофазній теплоємності не перевищує 0.75%.

На основі інформації про ізохорну теплоємність в двофазній області отримані значення ізохорної теплоємності на лінії насичення, теплоємності уздовж прикордонної кривої, ізобарної теплоємності на лінії насичення, ентальпії і ентропії для чистих компонентів TEG, DME, R600a, мінеральне мастило і теплоємності розчинів R600a / мінеральне мастило і розчинів DME / TEG.

Розрахунок зазначених калоричних властивостей був виконан за формулами:

$$c'_V = c_V^{(2)} + T \cdot \left(\frac{1}{\rho_S} - \frac{1}{\rho} \right) \cdot \left(\frac{d^2 P_S}{dT^2} \right)$$

$$c'_S = c_V^{(2)} - \frac{T}{(\rho_S)^2} \cdot \left(\frac{d\rho_S}{dT} \right) \cdot \left(\frac{dP_S}{dT} \right) + T \cdot \left(\frac{1}{\rho_S} - \frac{1}{\rho} \right) \cdot \left(\frac{d^2 P_S}{dT^2} \right)$$

$$c'_P = c'_S + \frac{1}{\rho_S} \cdot \left(\frac{dP_S}{dT} \right)$$

$$h' = \int_{T_0}^T \left(c'_S + \frac{1}{\rho_S} \cdot \left(\frac{dP_S}{dT} \right) \right) dT + h_0$$

$$s' = \int_{T_0}^T \left(\frac{c'_S}{T} \right) dT + s_0$$

де $c_V^{(2)}$ – ізохорна теплоємність в двофазній області; c'_V , c'_S , c'_P – ізохорна теплоємність на лінії насичення, теплоємність уздовж прикордонної кривої, ізобарна теплоємність на лінії насичення, відповідно; h' , s' – ентальпія та ентропія на лінії насичення, відповідно; P_S – тиск насиченої пари; ρ_S – густина на лінії насичення.

Ентальпії об'єктів дослідження наведені на рисунках 5-8

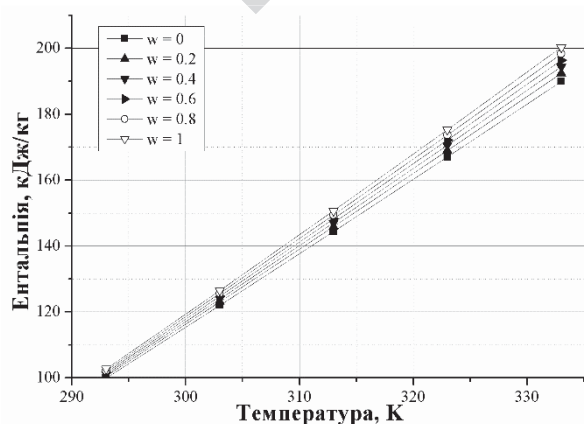


Рисунок 5 Температурна залежність ентальпії DME / TEG

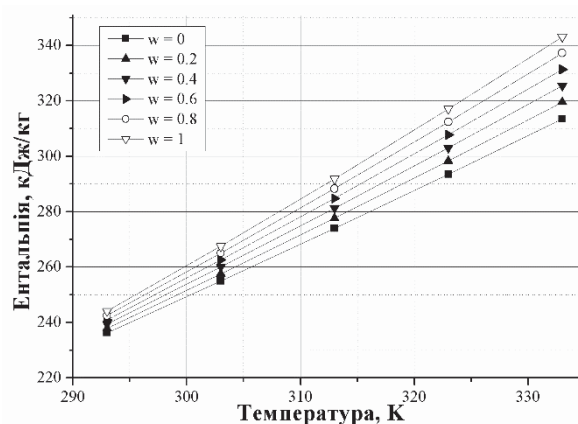


Рисунок 6 Температурна залежність ентальпії R600a / мінеральне мастило

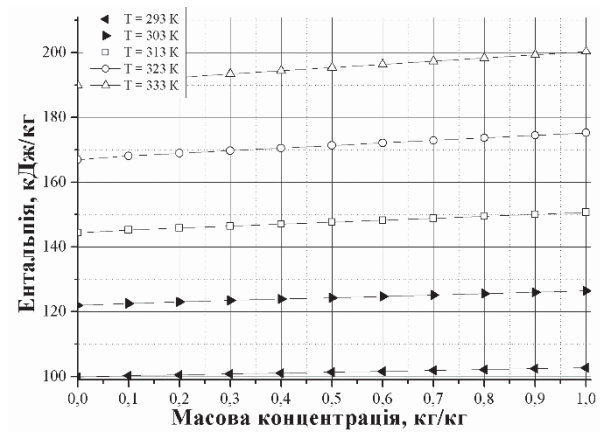


Рисунок 7 Концентраційна залежність ентальпії
DME / TEG

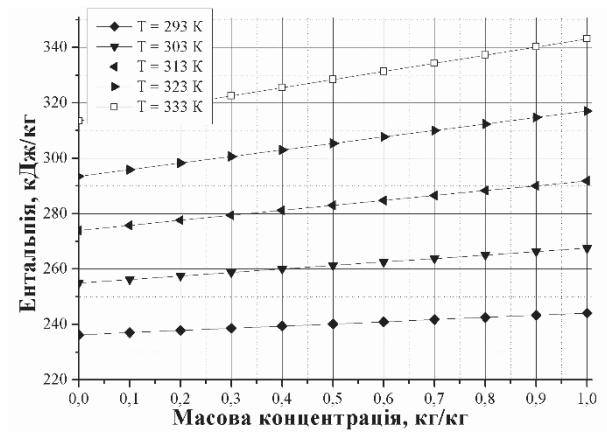


Рисунок 8 Концентраційна залежність ентальпії
R600a / мінеральне мастило