



**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 ОЗОНОРУЙНУЮЧИХ 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](mailto: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](mailto: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](mailto: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, професор 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 ВОСК/Генеральный директор ООО «Еврокул

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

стр.

79.	<b>МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ</b>	181
	С. А. Задорожний, С.Г. Потапов, А.В. Форсюк	
80.	<b>ВИЗНАЧЕННЯ СУМАРНОГО ТЕРМІЧНОГО ОПОРУ ТЕПЛОВІДДАЧІ БАГАТОШАРОВОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ СТІНКИ ПРИ НЕСТАЦІОНАРНИХ УМОВАХ</b>	183
	С.А. Задорожний, С.Г. Потапов, А.В. Форсюк	
81.	<b>ДИНАМІКА ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ГАЗІВ В МАЛОРУХОМОМУ ШАРІ ЗЕРНА</b>	184
	Гапонюк І. І.	
82.	<b>АНАЛІЗ ПРИРОДНИХ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ В ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИНАХ І КОМПРЕСОРАХ МАЛОЇ ХОЛОДОПРОДУКТИВНОСТІ</b>	186
	В.І. Мілованов, А.В. Зажий	
83.	<b>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЗОТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ</b>	188
	В.І. Мілованов, О.Л. Клебан	
84.	<b>ЗАСТОСУВАННЯ SCHUKER-ДВИГУНА ДЛЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ</b>	191
	Мілованова В.В	
85.	<b>ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ ВИНИКНЕННЯ ГІДРОУДАРІВ У ГІДРОСИСТЕМАХ</b>	193
	Скалозубов В.І., Чулкін О.А, Пірковський Д.С.	
86.	<b>ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБЛЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ</b>	194
	Іщук В.І., Козлов Я.М.	
87.	<b>СУЩЕСТВУЮЩІЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРШНЕВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ</b>	195
	Яковлев Ю.А., Дяченко И. А., Чербаджи С. В.	
88.	<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИЛОВОЇ РЕГАЗИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ЗПГ</b>	197
	Ярошенко В.М. к.т.н., Бабамірадов Максат,	
89.	<b>УТИЛІЗАЦІЯ АВТОТРАКТОРНИХ ШИН НА ОСНОВІ ТУРБОХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛУ</b>	199
	Ярошенко В.М., Кусік О.	
90.	<b>АНАЛІЗ ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛУ З РТО ПРОМІЖНОГО ТИСКУ</b>	201
	Ярошенко В.М., Переход О.,	
91.	<b>ВРАХУВАННЯ ГРАНИЧНИХ УМОВ ПРИ РОЗРАХУНКАХ ЗАПІЗНЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ХВИЛІ В ОГОРОДЖЕННІ</b>	203
	Миرونчук Ю. А	
92.	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА НАКЛОНА СОПЛА ДВУХПОТОЧНОЙ ВИХРЕВОЙ ТУРБИНЫ С ВНЕШНИМ ПЕРИФЕРИЙНЫМ КАНАЛОМ НА ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ</b>	206
	Ванеев С.М., Д.В. Мирошниченко,	
93.	<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ПІД ДІЄЮ ВИСОКОГО ТИСКУ</b>	208
	Потапов В.О., Гриценко О.Ю	
94.	<b>ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО І НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ГЕМОЛІЗУ ЕРИТРОЦИТІВ КРОВІ</b>	210
	Євлаш В.В., Погожих М.І., Потапов В.О.	
95.	<b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВОК НАНОЧАСТИНОК TiO<sub>2</sub> НА ВНУТРІШНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕСУ КИПІННЯ ХОЛОДОАГЕНТУ R141B</b>	213
	Хліва О.Я., Гордейчук Т.В., Семенюк Ю.В.	
96.	<b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОКАЛЬНИХ КОЕФІЦІЕНТІВ ТЕПЛОВІДДАЧІ ПРИ КИПІННІ РОБОЧИХ ТІЛ R600A/КОМПРЕСОРНЕ МАСТИЛО ТА R600A/КОМПРЕСОРНЕ МАСТИЛО /ФУЛЕРЕНИ C<sub>60</sub> У ТРУБІ</b>	216
	Мороз С.О., Хліва О.Я., Железний В.П.	
97.	<b>МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕПЛОЄМНОСТІ НАНОФЛЮЇДІВ</b>	219
	Железний В.П., Мотовий І.В.	
98.	<b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВОК НАНОЧАСТИНОК TiO<sub>2</sub> НА В'ЯЗКІСТЬ І ПОВЕРХНЕВИЙ НАТЯГ ХОЛОДОАГЕНТУ R141B</b>	222
	Гордейчук Т.В., Лук'янов М.М., Семенюк Ю.В.	

УДК 641.78:664

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ПІД ДІЄЮ ВИСОКОГО ТИСКУ

Потапов В.О., Гриценко О.Ю.,  
Харківський державний університет харчування та торгівлі. м. Харків,  
potapov@bigmir.net

Розробка та впровадження енергоощадних та екологічно чистих технологій сушіння є актуальною задачею. На процеси сушіння витрачається до 25% споживаної енергії у промислово розвинених країнах, а в харчовій і переробній промисловості до 30%. У той же час великі питомі енерговитрати сучасних конвективних сушарок обумовлені тим, що 20...30% втрат енергії припадає на втрати з сушильним агентом, який викидається в навколишнє середовище при підвищеній температурі, що призводить також до погіршення екологічної ситуації.

Зважаючи на це у Харківському державному університеті харчування та торгівлі розроблено новий спосіб фільтраційного сушіння при підвищеному тиску у замкненому тепло-масообмінному циклі [1]. Згідно з цим способом, дрібнодисперсний або зернистий вологий матеріал розміщується в герметичному тепло-масообмінному модулі (ТМОМ), в якому створюється надлишковий тиск за допомогою зовнішнього компресора. В результаті стиснення повітря в компресорі воно нагрівається до необхідної температури (рис 1).

Показано, що теоретична енергоощадність адіабатного процесу стиснення у компресорі вище ніж ізобарного нагрівання у калорифері фільтраційної конвективної сушарки в  $\gamma$  разів (показник адіабати для повітря  $\gamma = 1,4$ ). Це обумовлено тим, що в ізобарному процесі теплота  $dQ$ , що підводиться до повітря витрачається не тільки на підвищення внутрішньої енергії газу  $dU$ , але й на роботу його розширення  $pdV$

Ізобарний процес:

$$dU = dQ - pdV. \quad (1)$$

Адіабатний процес:

$$dU = dQ. \quad (2)$$

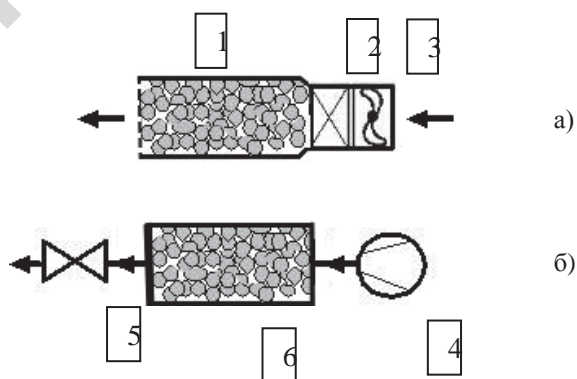
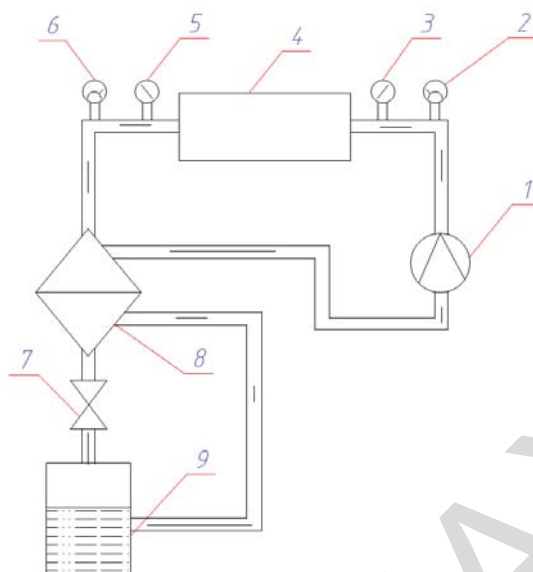


Рис. 1. Порівняння схем фільтраційного сушіння: а) фільтраційна сушарка (ізобарний процес), б) фільтраційна сушарка з компресором (адіабатний процес).

1 – сушильна камера з сировиною; 2 – калорифер; 3 – вентилятор; 4 - компресор; 5 – дросель; 6 – ТМОМ з сировиною.

На рис. 2 наведено схема експериментальної установки для дослідження процесу сушіння під дією підвищеного тиску. При фільтрації повітря через пористий матеріал воно повністю насичується

за рахунок випаровування вологи. При цьому сушильний агент повністю використовує свій сушильний потенціал. Парорідинна суміш, яка утворилась, під дією надлишкового тиску виводиться з ТМОМ та охолоджується в теплообміннику і дроселюється. Конденсат надходить у вологовідокремлювач, а осушене повітря знову нагнітається компресором у ТМОМ



**Рис.2. Схема експериментальної установки для дослідження процесу сушіння під дією підвищеного тиску: 1 - компресор; 2,6 - датчики температури; 3,5 - датчики тиску; 4 - тепло-масообмінний модуль; 7 - дросель; 8 - теплообмінник; 9 - вологовідокремлювач.**

Перевагами такого способу сушіння є його реалізація у замкненому термодинамічному циклі з тепловою трансформацією ентальпії сушильного агента. При цьому відсутні втрати теплоти з відпрацьованим сушильним агентом, відсутні викиди відпрацьованого сушильного агента в навколишнє середовище, відсутній калорифер, оскільки енергія адіабатичного стиснення у компресорі безпосередньо перетворюється в теплоту, реалізуються високі коефіцієнти тепло-масообміну за рахунок фільтрації під високим тиском. Крім цього наявність вологовідокремлювача дозволяє збирати ароматичні та пігментні речовини, що відходять з паром. Таким чином, у запропонованому способі сушіння вирішуються кілька завдань: підвищення енергоефективності, ресурсозбереження та екологічності виробництва.

Проведений комплекс теоретичних та експериментальних досліджень показав, що запропонований спосіб сушіння при підвищеному тиску у замкненому тепло-масообмінному циклі має ряд переваг: зменшуються енерговитрати на випаровування вологи мінімум в 1,5...2 рази у порівнянні з традиційними режимами фільтраційного сушіння; знижується матеріаломісткість обладнання, оскільки функції калорифера і вентилятора суміщені в одному пристрої (компресорі), відсутні викиди відпрацьованого сушильного агента в навколишнє середовище (повна утилізація теплоти в замкненому контурі), з'являється можливість концентрування ароматичних і пігментних речовин, що відходять з паром.

#### Список джерел інформації

1. Пат. 108135 Україна, МПК<sup>6</sup> А23В 7/02, А23В 4/03, А23L 3/40. Спосіб сушіння харчових продуктів в тепломасообмінному модулі під дією підвищеного тиску / Потапов В.О.; Петренко О.В.; Гриценко О.Ю.— № u201511184; заявл. 13.11.2015; опубл. 11.07.2016, бюл. № 13/2016.— 2 с.