

**Міністерство освіти і науки України**  
**Одеський національний технологічний університет**  
**Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій**  
**та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНТУ**



**XIII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

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

*23-25 вересня 2021 року*

**ЗБІРНИК ДОКЛАДІВ**



Одеса - 2021

**УДК 621.565; 621.**

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНТУ, 2021. –196 с.

У збірнику наведені матеріали XIII 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, обладнання кондиціонування повітря, 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.

Матеріали, занесені до збірника, друкуються за авторськими оригіналами. За достовірність інформації відповідає автор публікації.

### **НАУКОВИЙ КОМІТЕТ**

**Голова - Єгоров Б.В.** - ректор Одеської національної академії харчових технологій, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, д-р техн. наук, професор

**Заступники голови**

**Поварова Н.М.** – к.т.н., доцент, проректор з наукової роботи Одеської національної академії харчових технологій;

**Косой Б.В.** – д.т.н., професор, директор навчально-наукового Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики Одеської національної академії харчових технологій;

**Члени наукового комітету:**

**Вансєв С.М.**- Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

**Семенюк Ю.В.** - зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д.т.н., професор;

**Лабай В. Й.** - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

**Лавренченко Г.К.** – д.т.н., професор;

**Мілованов В.І.** - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д.т.н., професор;

**Морозюк Л.І.** - д.т.н., професор;

**Потапов В. О.** - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

**Радченко М.І.** - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д.т.н., професор;

**Симоненко Ю.М.** - зав. кафедрою криогенної техніки ОНАХТ, д.т.н., професор;

**Хмельнюк М.Г.** - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д.т.н., професор;

### **Організаційний комітет:**

**Голова** - проф. Хмельнюк М.Г.;

**Науковий секретар** - к.т.н. доц. Жихарева Н.В.

**Члени оргкомітету** - к.т.н. Зімін О.В., к.т.н. Когут В.О., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Трандафілов В.В., к.т.н. Грудка Б.Г., аспірант Дудко О.М., аспірант Крушельницький Д.О.

$$p_d = \frac{\lg 21 - \lg 12}{\lg 10} = 1,32 - 1,08 = 0,24$$

Аналогічно для  $p_l$  і  $p_z$ :  $p_l = 0,45$ ;  $p_z = 0,46$ .

з 1 рівняння системи (6)  $p_u = 0,06$ ;

з 2 рівняння системи (6)  $p_\alpha = -0,09$

з 3 рівняння системи (6)  $p_\alpha = 0$ , приймаємо  $p_\alpha = -0,045$

з 4 рівняння системи (6) при  $s = -0,2$  [106]  $p_{\Delta p} = 0,27$ .

Аналізуючи отримані значення показників зміни масштабу, можна зробити висновок, що у вибраного як зразок теплообміннику близькі до моделі швидкість руху теплоносія і коефіцієнт тепловіддачі. Оскільки основним показником роботи теплообмінника є коефіцієнт тепловіддачі, вибраний як зразок теплообмінник подібний тому, що використовувався у дослідженнях. Для перекачування рідини крізь апарат подібно витратити потужності на 27 % більше, ніж у моделі.

Аналогічні розрахунки можна виконати для теплообмінників, що мають інші габарити. Можливість перенесення отриманих нами даних підтверджується виробничими випробуваннями.

### **Література:**

1. Ключев О.І., Луняка К.В. Дослідження руху рідини в трубах теплообмінника // Проблеми економії енергії. МНПКПЕЕ.– Львів.–2003.–С.222-227.

2. Ключев О.І., Луняка К.В. Дослідження розподілу рідини по трубах кожухотрубного теплообмінника // Вестник Херсонського державного технічного університету.–2004.– №2 (20).– С.121-123.

3. Общие основы химической технологии. Разработка и проектирование технологических процессов. Пер.с польского под ред. П.Г. Романкова, М.И. Курочкиной. – Л." Химия", 1977.– 504 с.

4. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по курсовому проектированию. Под. ред. Ю.И. Дытнерского.– М. "Химия", 1983.– 272 с.

---

**УДК 621.56/.59:623.8.01/08**

## **ДОСЛІД АВТОМАТИЧНОГО РОЗМОРОЖУВАННЯ ВИПАРНИКА ВІТРИНИ**

**Константинов І.О., аспірант, Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор ОНАХТ**

Розглядаючи торгове холодильне обладнання можна виділити ще одну додаткову опцію що застосовується в даного типу обладнанні. Авторозморожування випарника в даного типу обладнанні як і в будь якому холодильному обладнанні виконується декількома способами вибір яких залежить від конструкції холодильної системи, типу охолодження конструкції теплообмінних апаратів та ін.

Найбільш розповсюдженими видами розморожування льодяної шуби являються такі способи як:

- Циркуляцією повітря (здебільшого використовується в високотемпературному та середньотемпературному холодильному обладнанні)

Використання даного способу розморожування випарника є найпростішою в реалізації, про те має ряд недоліків. Такого типу авто. розморожування відбувається досить великий період часу та

суттєво підвищує вологість в середині камери що негативно впливає на продукцію та може викликати утворення конденсату в охолоджуваному об'ємі.

- Авто. розморожування електричними тенами (спосіб розташування залежить від конструкції та способу охолодження та температурного режиму).

Такий спосіб здебільшого використовується в низькотемпературному кліматичному класі, про те зустрічається і в низько та середньотемпературному класі. Даний спосіб авто. розморожування значно скорочує час проведення авто. розморожування та уникає негативних факторів на відміну від способу циркуляцією повітря. Про те при використанні способу авто. розморожування електронагрівальним елементом з'являються значні затрати електроенергії на його використання, ускладняється спосіб монтажу, підвищуються вимоги до конструкції, що тягне за собою підвищення собівартості холодильного обладнання.

- Розморожування шляхом подачі гарячих парів з компресора до випарника.

Даний вид розморожування поділяється на дві основні підгрупи.

- В першому випадку використовується повністю обернена холодильна система, в якій при розморожуванні конденсатор виконує роль випарника, а випарник роль конденсатора. Таке рішення потребує встановлення 3-х ходового вентеля, додаткового терморегуляційного вентеля та зворотних клапанів, тому таке рішення суттєво підвищує собівартість холодильної системи, і здебільшого знайшло своє застосування в середніх та великих холодильних системах.

- До другої підгрупи авто. розморожування гарячим паром відноситься авто. розморожування малим контуром. При такому авто. розморожуванні в холодильну систему встановлюється соленоїдний клапан що перенаправляє гарячі пари з лінії нагнітання в випарник, минуючи конденсатор та дроселюючий елемент. Таке рішення потребує встановлення лише соленоїдного клапана, про те таке рішення, через конденсацію холодильного агенту в випарнику та прямого його всмоктування компресором, може бути реалізоване в малих холодильних системах з нижньою подачею холодильного агенту до випарника та відносно невеликою заправкою. Авто. розморожування з малим контуром часто використовується в капілярних холодильних системах побутового та комерційного призначення.

Проводячи модифікацію моделі VDL158 (Кондитерська вітрина), була поставлена задача монтажу зволожувача повітря для підтримання вологісного режиму в охолоджуваному об'ємі.

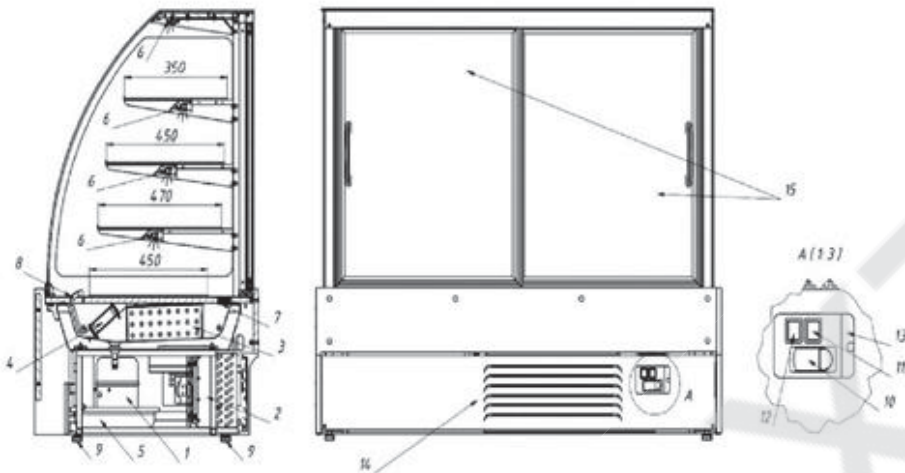
При розгляді конструкції кондитерської вітрини та розборі холодильної системи було виявлено умовне розділення вітрини на холодильний модуль та охолоджуваний об'єм.

Будова вітрини забезпечує легку експлуатацію з боку продавця та широкий кут огляду товару, а асортимент декоративного оздоблення вітрини, дозволяє легко скомпонувати вітрину з будь яким інтер'єром.

Так як вітрина є легко розбірною та складається з двох основних частин, це дає змогу легкого обслуговування, сервісу чи заміни комплектуючих (рис.1).

Також розглядаючи конструкцію, можна виявити такі особливості як:

- Управління холодильною системою виконується контролером CAREL PJEZCON000K
- Випарник з динамічним підведенням тепла (динамічний рух повітря у вітрині)
- Випаровування талої води змієвиком з циркуляцією гарячих парів хол. агенту.
- Пластикова ємність з теплоізоляцією, в якій розташований випарник.



**Рис. 1.** Конструкція вітрини

1) Компресор; 2) Конденсатор; 3) Випарник; 4) Вентилятор обдуву випарника; 5) Ємкість збору конденсату; 6) Лампи освітлення; 7) Направляюча решітка подачі повітря в охолоджуваній об'єм; 8) Решітка забору повітря. 9) Регулююча ніжка M12; 10) Контролер; 11) Вимикач освітлення; 12) Вимикач системи; 13) Захисне скельце панелі управління; 14) Решітка конденсатора; 15) Розсувні дверцята.

Більшість принципів холодильних схем торгового холодильного обладнання мають схожі концепції і майже не відрізняються.

До особливості будови холодильної системи даного типу можна віднести конденсатор з відведенням тепла за рахунок примусового обдуву двома електродвигунами, примусову циркуляцію повітря в охолоджуваному об'ємі та додатковий теплообмінний завданням якого являється випаровуванням талої води після авто. розморожування випарника.

Проведений аналіз системи та теоретичний аналіз дозволив зробити висновок стосовно необхідності нанесення змін в авто. розморожування випарника перед встановленням системи зволоження охолоджуваного об'єму. Це зв'язано з підвищенням інтенсивності утворення льодяної шуби на випарнику, а як наслідок недостатня потужність розморожування та утворення в процесі розморожування вентиляторів, конденсату на скляних поверхнях в середині холодильного об'єму.

Зважаючи на конструкцію та будову холодильного модуля, реалізація розморожування випарника електронагрівальним елементом не може бути реалізоване.

Зважаючи на перераховані особливості прийняте рішення виконати авто. розморожування системи за рахунок подачі гарячих парів холодильного агенту до випарника. За для мінімального підвищення собівартості холодильного обладнання вирішено встановити систему малого контуру розморожування шляхом монтажу соленоїдного клапана на лінію нагнітання.

За для контролю результату на всмоктуючий трубопровід було змонтоване оглядове скло. В процесі проведення авторозморожування виявлено інтенсивну конденсацію холодильного агенту у випарнику, заповнення випарника холодильним агентом в рідкій фазі, та масове надходження рідкого холодильного агенту до компресора, що спонукає вологий хід компресора та вимивання мастила з нього.

Такий результат не задовольняв роботу холодильної системи, та суттєво зменшував резерв роботи компресора, а введення в систему повноцінного розморожування випарника гарячим паром, був відносно до даної холодильної системи ,нерівномірно дороговартісним та потребував переобладнання та проведення серії дослідів над досліджуваною моделлю.

В зв'язку з отриманими результатами на авто. відтаювання в холодильній системі з розморожуванням гарячим паром та малим колообігом при відтаюванні, було прийняте рішення створення гібридної системи відтаювання, яку можна застосувати в капілярні холодильні системи. В ході першого проведення досліду, в холодильну систему було змонтовано 3-х ходовий вентиль що давав змогу переправити лінію низького тиску та лінію високого тиску, та дати змогу гарячому пару потрапляти до випарника, а фільтр осушувач було замінено на 2-х сторонній. Про те, так як цикл був повним, гарячі пари конденсувалися у випарнику та дроселювалися, в оберненому циклі в капілярній трубці, яка мала занадто малу пропускну здатність, а тому конденсація опускалася до  $T_K = -40.7^\circ\text{C}$  ( $P_K = 0,25$  бар), в той час як кипіння складо  $T_0 = 15,8^\circ\text{C}$  ( $P_0 = 8,6$  бар.) що пояснюється низькою температурою випарника в момент початку розморожування ( $T_B = -6...-12^\circ\text{C}$ ) та його наповненістю рідким холодильним агентом. Така робота холодильної системи не відповідала технічним характеристикам роботи компресора.

Було прийняте рішення змодельовати роботу авторозморожування що застосовується у великих та середніх холодильних системах, але використати замість ТРВ, капілярну трубку, а для забезпечення включення її в цикл лише на період проходження розморожування, було додатково замонтовано зворотній клапан. Для зменшення гідравлічного супротиву при розморожуванні, другий дроселюючий елемент склав 1/10 довжини основного.

Результатом нанесених змін стала нормалізація роботи холодильної системи при проходженні розморожування, прискорення часу розморожування, відсутність рідкої фази холодильного агента на лінії всмоктування в компресор та можливість подальшого розвитку моделі і монтажу зволожувача системи (тблиця).

#### Таблиця

Результати дослідження автоматичного розморожування випарника

Показники роботи холодильної системи за звичайних умов		
Параметр що вимірювався	Умовне позначення	Результат заміру
Тиск кипіння	$P_0$	3,11 bar
Температура кипіння	$T_0$	$-11.2^\circ\text{C}$
Тиск конденсації	$P_K$	51,58 bar
Температура конденсації	$T_K$	$36.3^\circ\text{C}$
Температура охолоджуваного об'єму	$T_{\text{КАМ}}$	$5,5^\circ\text{C}$
Вологість в охолоджуваному об'ємі	$RH_{\text{КАМ}}$	48%
Середня швидкість руху в охолоджуваному об'ємі	$\omega_{\text{КАМ}}$	0,87 м/с
Показники холодильної системи під час авто. розморожування		

*Матеріали XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції  
«Сучасні проблеми холодильної техніки і технології», 23 по 25 вересня 2021*

Циркуляцією повітря		Гарячим паром з малим контуром		Гарячим паром з великим контуром	
$P_0$	8,4 bar	$P_0$	11,7 bar	$P_0$	13,9 bar
$T_0$	15,2°C	$T_0$	25,8°C	$T_0$	32,1°C
$P_K$	8,4 bar	$P_K$	≈ 11,4 bar	$P_K$	2,5 bar
$T_K$	15,2°C	$T_K \approx T_{OC}$	≈ 25°C	$T_K$	-15,5°C
$T_{КАМ}$	12°C	$T_{КАМ}$	9°C	$T_{КАМ}$	7°C
$RH_{КАМ}$	63%	$RH_{КАМ}$	52%	$RH_{КАМ}$	51%
$\omega_{КАМ}$	0,87 м/с	$\omega_{КАМ}$	0.01...0.1 м/с	$\omega_{КАМ}$	0.01...0.1 м/с
$T_{кінець\ відтайки}$	15°C	$T_{кінець\ відтайки}$	15°C	$T_{кінець\ відтайки}$	15°C
$t_{відтайки}$	14 хв.	$t_{відтайки}$	8 хв.	$t_{відтайки}$	5 хв.



- Калініченко І.В., к.т.н., доцент кафедри теплотехніки; Асаволюк Д.В. магістр Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Херсонська філія, м. Херсон*
- 20 ОПТИМАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОТИ ПРИРОДНОЇ ВОДИ І ҐРУНТУ В ТЕПЛОНАСОСНИХ СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ** 77  
*Безродний М.К., проф., д.т.н. КПП ім. Ігоря Сікорського, Притула Н.О., доц., к.т.н. КПП ім. Ігоря Сікорського, Фетов І.В. магістрант КПП ім. Ігоря Сікорського*
- 21 ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЯ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ.** 81  
*Терзійський С.С., маг., каф.ХУКП, Яковлева О.Ю., доц. каф.ХУКП  
Трандафілов В.В., ст.викл., каф.ХУКП*
- 22 IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF MARINE DIESEL ENGINES BY UTILIZING THE RECIRCULATION GAS HEAT IN ABSORPTION CHILLER** 83  
*Roman Radchenko, Assistant Professor of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Maxim Pyrysunko, Teacher of Kherson Branch of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Kherson, Ukraine, Denys Vdovychenko, Student*
- 23 ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСУ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ** 86  
*Калініченко І.В., к.т.н., доцент кафедри теплотехніки; Терещенко М.С., здобувач вищої освіти Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Херсонська філія, м. Херсон*
- 24 ФІЛЬТРАЦІЯ ТА РОЗПОДІЛ ПОВІТРЯ В УМОВАХ COVID -19** 89  
*Жихарева Н.В., доц. кт.н. ОНТУ, Соловейова П.В., інженер, Афанесенко С.В, здобувач вищої освіти ОНТУ, Скачко І.М. здобувач вищої освіти ОНТУ*
- 25 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ ТЕПЛОВИЙ АКУМУЛЯТОР ДЛЯ ПЕРЕДПУСКОВОГО ПРОГРІВАННЯ ДВИГУНА АВТОМОБІЛЯ – СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ ДВИГУНА** 93  
*Клюєва О. О., аспірант кафедри транспортних систем і технічного сервісу, Херсонського національного технічного університету, м. Херсон, Україна,*
- 26 ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ВІД ЗАСТОСУВАННЯ ЕЖЕКТОРНОГО ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ КОНДЕНСАЦІЇ ПАРИ ВУГЛЕВОДНІВ НА НАФТОБАЗІ** 96  
*Когут В. О., к.т.н., доц., Бутовський Є. Д.,інженер Бушманов В. М. аспірант Кіценко А.О аспірант Одеська національна академія харчових технологій*
- 27 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЗМІНИ МАСШТАБУ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ** 98  
*Луняка К.В., доктор технічних наук, професор кафедри теплотехніки Херсонської філії Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова, м. Херсон, Україна  
Клюєв О.І., кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу Херсонського національного технічного університету, м. Херсон, Україна*
- 28 ДОСЛІД АВТОМАТИЧНОГО РОЗМОРОЖУВАННЯ ВИПАРНИКА ВІТРИНИ** 101  
*Константинов І.О., аспірант, Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор ОНАХТ*
- 29 ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ПОВІТРЯ В ПРИСТІННИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ВІТРИНАХ ВІДКРИТОГО ТИПУ З ВБУДОВАНИМ КОМПРЕСОРНО-КОНДЕНСАТОРНИМ ВІДСІКОМ.** 105  
*Константинов І.О., аспірант, Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор ОНАХТ*
- 30 ГІДРОДИНАМІКА ПІД ЧАС КОНДЕНСАЦІЇ У ТРУБКАХ ІЗ ВНУТРІШНІМ СПІРАЛЬНИМ ОРЕБРЕННЯМ** 108

*Матеріали XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції  
«Сучасні проблеми холодильної техніки і технології», 23 по 25 вересня 2021*

**Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНТУ**

**XIII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ**

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

*23-25 вересня 2021 року*

**ЗБІРНИК ДОКЛАДІВ**

Одеса - 2021