

**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 кондиціювання 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 кріогенної 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. Жихарєва 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.

5 К. Окрім того, синтетичні холодоагенти (R134a, R507a) у порівнянні з природними (R600a, R290) мають вищий потенціал з виробітку електроенергії.

Використовуючи достатню кількість ТЕМ та з'єднуючи їх паралельно або послідовно є можливим одержувати достатню кількість енергії для компенсації додатково витраченої роботи компресором та для її генерації на потреби різноманітних споживачів що підвищують клас енергоефективності холодильної системи.

Список інформаційних джерел:

1. 2018 ASHRAE handbook – Refrigeration(SI) Режим доступу: <https://pdfcoffee.com/qdownload/2018-ashrae-handbook-refrigeration-sipdf-pdf-free.html>
2. Элемент Пельтье TEC1-12706. Характеристики, применение, условия эксплуатации. Режим доступу: <http://mypractic.ru/element-pelte-tec1-12706-xarakteristiki-primenenie-usloviya-ekspluatatsii.html>
3. Термоэлектрические материалы на основе теллурида висмута Bi_2Te_3 // Научно-техническая фирма «АДВ-Инжиниринг». Режим доступу: www.adv-engineering.ru/pro/telvism-text-page.html



УДК: 641.528.6

ПОРІВНЯННЯ АНАЛІТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТКИ ВИМОРОЖЕНОЇ ВОЛОГИ

*Потанов В.О., д.т.н., Мольський О.С., аспірант, Смілик М. М., аспірант,
Державний біотехнологічний університет м. Харків, potapov@bigmir.net*

Сьогодні у зв'язку з прискореним ритмом життя населення на світовому продовольчому ринку все більше підвищується попит на заморожені харчові продукти. Незважаючи на істотні техніко-технологічні можливості холодильної обробки, при заморожуванні необоротно відбувається ряд небажаних змін, викликаних необоротними біохімічними процесами, які супроводжують фазові переходи при заморожуванні-розморожуванні. Для вдосконалення процесів холодильної обробки необхідно знати їх динаміку цих процесів. Проблема моделювання цих процесів для біологічної сировини викликана труднощами аналітичного опису цих процесів. Це обумовлено гетерогенністю харчової сировини за складом, фізично-хімічними характеристиками, функціонально-технологічними властивостями, які залежать від також від умов їх заготівлі, вирощування та попередньої підготовки.

Багаторічні дослідження процесів заморожування і розморожування харчової сировини показують необхідність уточнення методів теоретичного моделювання теплофізичних властивостей харчових продуктів, які обумовлюють характер і швидкість протікання в них процесів нагріву або охолодження. Цим дослідженням присвячений ряд класичних і нових досліджень робіт [1;2;3].

Як відомо, у всіх математичних моделях, що описують процеси з фазовим переходом при заморожуванні-розморожуванні, входить частка вимороженої вологи $\omega(t)$. У теплофізичних розрахунках процесів холодильної обробки найчастіше для розрахунку кількості вимороженої вологи використовують модель, засновану на рівнянні Рауля, яка описує процес заморожування

харчових продуктів як процес кристалізації істинного розчину з порівняно невеликою молекулярною концентрацією, що містить солі, білки та інші компоненти

$$\omega(t) = A \cdot \left(1 - \frac{t_{kp}}{t}\right), \quad (1)$$

де $\omega(t)$ - відносна частка вимороженої води; t поточна температура; t_{kp} - криоскопічна температура; A - коефіцієнт, що враховує частку пов'язаної (незамерзаючої) води.

Недоліком цього рівняння є те, що воно описує експериментальні дані щодо кількості вимороженої води тільки на початковому етапі заморожування, що пояснюється наближенням, закладеним в законі Рауля, який виконується для ідеальних розчинів при невеликих концентраціях розчинених речовин, тобто поблизу криоскопічної температури. Тому для розрахунку кількості вимороженої води в широкому діапазоні температур використовуються емпіричні рівняння Г.Б. Чижова [2]

$$\omega(t) = \frac{B}{1 + \frac{C}{\ln(t + 1 - t_{kp})}}, \quad (2)$$

де B, C - емпіричні коефіцієнти, що залежать від виду харчового продукту.

Слід зазначити, що рівняння (1) має один коефіцієнт A , якому приписується, але теоретично не обґрунтовується, фізичний зміст. У рівняння (2) входять два повністю емпіричних коефіцієнта, які забезпечують більшу точність апроксимації експериментальних даних, однак теоретичного сенсу ці коефіцієнти не мають, тому встановити їх зв'язок з фізико-хімічними характеристиками харчового продукту неможливо.

У роботі [4] на основі класичних законів хімічної термодинаміки отримано рівняння для розрахунку частки вимороженої води в процесі заморожування харчових продуктів. Рівняння містить фізичні константи і теплофізичні характеристики води, а також коефіцієнти, що характеризують індивідуальні фізико-хімічні властивості продукту - молярна частка розчинних речовин у воді і коефіцієнт активності води

$$\omega(t) = 1 - \frac{\nu_{s0}}{\gamma_w - F(t)} \quad (3)$$

де ν_{s0} - молярна частка розчинних речовин у воді продукту; γ_w - коефіцієнт активності розчинника;

$$F(t) = e^{\frac{\mu_w \Delta h}{RT_0} \left(\frac{T_0}{T_0 + t} - 1 \right) + \frac{\mu_w \Delta C}{R_0} \left[\ln \left(\frac{T_0}{T_0 + t} \right) + 1 - \frac{T_0}{T_0 + t} \right]}. \quad (4)$$

де Δh - прихована теплота плавлення льоду; x_w - молярна частка розчинника (води, що міститься в продукті); μ_w - молярна маса води; R - універсальна газова стала, T_0 - температура плавлення чистого льоду, $T_0 = 273,15$ К; ΔC - різниця питомих теплоємностей льоду та води;

У цьому рівнянні температурна функція $F(t)$ містить фізичні константи і теплофізичні характеристики води і, таким чином, є відомою функцією абсолютної температури. Величинами, що характеризують індивідуальні фізико-хімічні властивості продукту, є молярна частка розчинних речовин у воді ν_{s0} і коефіцієнт активності розчинника γ_w .

Для перевірки адекватності запропонованої моделі нами були взяті дані по частці вимороженої вологи в яловичині опубліковані в класичних роботах L. Riedel, В.П.Латишева, отримані методами калориметрії, а також дані, отримані В.П. Онищенко і колегами отримані методом ЯМР високої роздільної здатності [5].

Регресійний аналіз цих даних проводився за трьома рівняннями: рівнянням на основі закону Рауля (1), рівнянням Чиждова (2) і отриманими нами рівняннями (3,4). Коефіцієнти регресії знаходили в середовищі пакету Mathcad з використанням стандартних процедур.

На рис. 1 наведені графіки експериментальних даних для частки вимороженої вологи в яловичині і апроксимація цих даних рівняннями (1), (2) і (3,4).

Як видно з наведених даних, використання закону Рауля обмежує застосовність рівняння (1) областю невеликих відхилень від криоскопічної температури (областю лінійної залежності між температурою і концентрацією розчинених речовин). Рівняння Чиждова (2) дає завищені значення частки вимороженої вологи при низьких температурах. У той же час запропоноване рівняння дає відносно похибку апроксимації в 3 рази меншу, ніж відомі рівняння, що застосовуються для розрахунку частки вимороженої води. Але основна перевага запропонованого рівняння полягає в тому, що коефіцієнти, що входять до нього мають чіткий фізичний зміст, зокрема молярна частка розчинних речовин в соку яловичини становить $v_{s0} = 1,8\%$, а коефіцієнт активності води $\gamma_w = 1,008$, тобто розчин практично ідеальний.

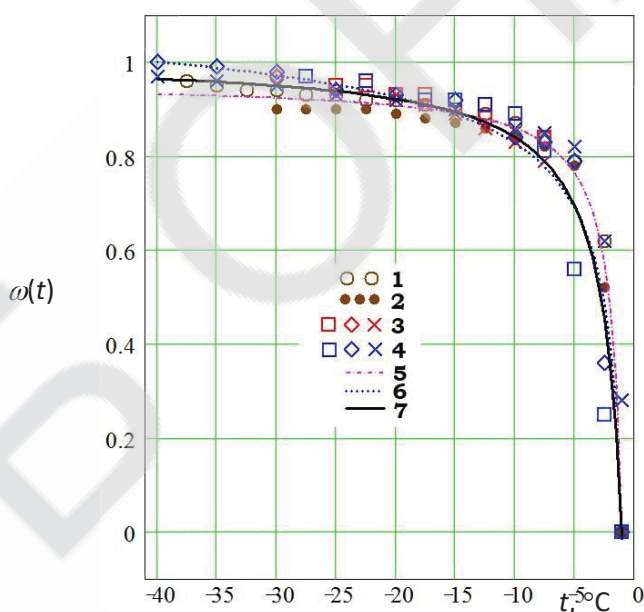


Рис.1. Порівняння рівнянь для розрахунку частки вимороженої вологи з експериментальними даними по частці вимороженої води в яловичині: 1 - дані В.П.Латишева; 2 - дані L. Riedel; 3 - дані В. П. Онищенко (заморожування); 4 - дані Онищенко (розморожування); 5 - рівняння Рауля (1); 6 - рівняння Чиждова (2); 7 - запропоновані рівняння (3,4).

Запропоновані рівняння можуть бути використано для розрахунку ефективної питомої теплоємності при вирішенні крайової задачі про заморожування-розморожування, а також для аналізу впливу хімічного складу харчових продуктів на процеси холодильної обробки, зокрема для пошуку оптимальних технологічних режимів і виборі кріопротекторів.

Література

1. Riedel L. Kalorimetrische Untersuchungen uber das Gefrieren von Fleisch // Kaltetechnik. 1957. Vol. 9. Jahrgang. Heft 2.
2. Чижов, Г. Б. Теплофизические процессы в холодильной технологии пищевых продуктов: производственно-практическое издание / Г. Б. Чижов. – 2-е изд., перераб. - Москва : Пищевая промышленность, 1979. – 271 с.
3. Wang J, Pham QT, Cleland DJ. Freezing, thawing, and chilling of foods. In: Farid MM, editor. Mathematical modeling of food processing. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, Taylor & Francis Group; 2010. pp. 375–98.
4. Потапов В.А. К расчету эффективной удельной теплоемкости в процессе замораживания. // В.А. Потапов, Д.П.Семенюк, Е.С.Грицюта / Казахстан-Холод 2017: Сб. докл. межд.науч.-техн. конф. (15-16 марта 2017 г.) – Алматы: АТУ, 2017. С. 207-211.
5. Онищенко, В. П. Состояние воды в мясе говядины при его замораживании и размораживании / В. П. Онищенко, Ю. А. Желиба, В. Д. Зинченко // Вестник Международной академии холода. – 2011. – № 2. – С. 41–43.

OPTIMIZATION AND IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY OF REFRIGERATION UNIT WITH THE USE OF SPRAYING POOLS

Zhykharieva N.V. ass. phrofessor Odessa National Technological University. Kogut V.E, ass. phrofessor Odessa National Technological University. Dragnev M., engineer Israel , Ostapenko D.student

In our time, increasing interest in new and modern technical means is the main condition for ensuring the maximum comfort of human life. One example of the favorable and useful effects of water on human living conditions is the use of fountains. Decorative fountains are used as elements of volumetric-spatial compositions. Thanks to them, the microclimate of the city's open spaces is maintained and favorable conditions for recreation are created. In most cases, fountains are located near monumental buildings that require cooling systems. In this case, as studies show, circulating water of existing and newly designed decorative fountains is advisable to use for cooling condensers of refrigeration units or directly for cooling air in surface air coolers of air conditioning systems as spraying pools. It is also advisable to use such a scheme in combined cooling systems for condensation units of refrigerating machines.

When designing a circulating water supply, methods are used that do not take into account many factors of air conditioning systems, which leads to additional operating costs. There are no computational models that provide optimization.

The proposed model of the thermal calculation of the pool takes into account the dynamics of the heat load from the air conditioning systems, solar radiation absorbed by the water, the operating time of the decorative and working jets, the accumulating capacity of water in the pool, and change in the parameters of the outdoor air.

Thus, it is important to determine the daily variation of the chilled water temperature, analyze the thermal regime of the fountain and select the optimal version of the jet operation by the hours of the day. The main purpose of the pool thermal calculation model is to determine the water temperature in its bowl, which can be done after analyzing the following components of the pool heat balance:

- thermal load from condensers of refrigerating machines, circulation pumps and solar radiation;
- cooling water due to heat and mass transfer (in jets and from the surface of the bowl).
- determining the effect on the formation of frost on the evaporator using a mathematical model;

8	СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕПЛООБМІНУ ПІД ЧАС ПРИРОДНОЇ ТА ЗМІШАНОЇ КОНВЕКЦІЇ У ВОДІ В ОБЛАСТІ ІНВЕРСІЇ ГУСТИНИ	46
	<i>Р.В. Грищенко, канд. тех. наук, доц. каф. ТЕХТ, ННІТІ, НУХТ, м. Київ</i>	
9	ПОТЕНЦІАЛ ОТРИМАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ	48
	<i>Голуб О.В., аспірант кафедри ТЕХТ, Пилипенко О. Ю., доцент кафедри ТЕХТ, НУХТ, м. Київ,</i>	
10	ПОРІВНЯННЯ АНАЛІТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТКИ ВИМОРОЖЕНОЇ ВОЛОГИ	51
	<i>Потапов В.О., д.т.н., Мольський О.С., аспірант, Смілик М. М., аспірант, Державний біотехнологічний університет м. Харків</i>	
11	OPTIMIZATION AND IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY OF REFRIGERATION UNIT WITH THE USE OF SPRAYING POOLS	54
	<i>Zhykharieva N.V. ass. phrofessor Odessa National Technological University. Kogut V.E, ass. phrofessor Odessa National Technological University. Dragnev M., engineer Israel, Ostapenko D.student</i>	
12	ОСОБЛИВОСТІ ОБ'ЄКТІВ ВИНАХОДІВ В ГАЛУЗІ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ	57
	<i>Томчик О. М., к.т.н., ст. викл. кафедри ХУКП, інженер з патентної та винахідницької роботи І категорії відділу ПтаНТЗ ОНАХТ, м. Одеса, Хмельнюк М. Г., професор, зав. кафедрою ХУКП ОНАХТ, м. Одеса</i>	
13	ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ МІКРОКЛІМАТУ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЙ КУЛЬТИВУВАННЯ МАТОЧНИХ ЕНТОМОКУЛЬТУР	59
	<i>Піщанська Н.О., доцент кафедри ХУ і КВ, ІХКЕ ОНАХТ, Одеський національний технологічний університет Подмазко О.С., доцент кафедри ХУ і КВ, ІХКЕ ОНАХТ, Одеський національний технологічний університет Бельченко В.М., в.о. заст. Директора за наукової роботи Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН</i>	
14	ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ХМ НА РІЗНИХ РОБОЧИХ РЕЧОВИНАХ	61
	<i>Подмазко І.О. доцент кафедри КПА, ІХКЕ ОНАХТ, Подмазко О.С., доцент кафедри ХУ і КВ, ІХКЕ ОНАХТ, Одеська національна академія харчових технологій</i>	
15	РОЗРАХУНОК ТЕПЛООБМІНУ МІЖ КРАПЛЯМИ РОЗПОРОШЕНОЮ ОХОЛОДЖУЮЧОЇ РІДИНИ І ДИМОВИМ ГАЗОМ	64
	<i>Бушманов.В.М. аспірант, Когут В.О. доцент, Жихарева Н.В. доцент, Одеська національна Академія Харчових Технологій м.Одеса</i>	
16	ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ДИМОВИХ ГАЗІВ СИЛОВИХ УСТАНОВОК СУДЕН	66
	<i>Бушманов.В.М. аспірант, Когут В.О. доцент, Жихарева Н.В. доцент, Одеська національна Академія Харчових Технологій м.Одеса</i>	
17	ДОСЛІДЖЕННЯ В'ЯЗКОСТІ РОЗЧИНІВ ХОЛОДОАГЕНТ R290/КОМПРЕСОРНЕ МАСТИЛО ТА ХОЛОДОАГЕНТ R290/ КОМПРЕСОРНЕ МАСТИЛО/ФУЛЕРЕН C₆₀	67
	<i>Корнієвич С.Г., Борисов В.О., Желєзний В.П. Одеський національний технологічний університет, м. Одеса,</i>	
18	ЕКОЛОГО-ТЕРМОЕКОНОМІЧНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РОБОЧИХ ТІЛ З ДОМІШКАМИ ФУЛЕРЕНУ C₆₀ В ПАРОКОМПРЕСІЙНОМУ ХОЛОДИЛЬНОМУ ОБЛАДНАННІ	70
	<i>Корнієвич С.Г.¹, Хлієва О.Я.^{1,2}, Борисов В.О.¹, Валбах Е.¹, Желєзний В.П.¹ Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса</i>	
19	ТЕПЛОНАСОСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ СУДНОВИХ ДВЗ	74

*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