

**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.

Використана література:

1. <https://servicechannel.com/blog/3-technologies-sustainable-refrigeration/>
2. DT Group. Desiccant Dehumidifier.
3. FAO World Agriculture: Towards 2015/2030 – Summarizing Report

УДК 621.59

**ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАСТИНЧАСТО-РЕБРИСТОГО
ТЕПЛООБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РЛГХМ**

*Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор ІХКЕ ОНАХТ
Грандафілов В.В., к.т.н., ст. викладач ІХКЕ ОНАХТ
Яковлева О.Ю., к.т.н., доцент ІХКЕ ОНАХТ*

В основі конструкції пластинчасто-ребристих апаратів лежить ідея про застосування двостороннього високоефективного оребрення з боку прямого і зворотного потоків. Внаслідок цього апарати мають прямокутні оребрені канали. Основні елементи, що визначають конструкцію цих апаратів: розділові пластини; ребра, розташовані між пластинами мають хороший тепловий контакт з останніми; бічні проставки. Ці апарати конструктивно виконуються протиточними, перехресноточними і прямоточними. За масово-габаритними і експлуатаційними показниками ці апарати відносять до ефективних компактних теплообмінників. Компактність поверхні в них $1000\text{--}3000\text{ м}^2/\text{м}^3$. Є поверхні, компактність яких досягає $6000\text{ м}^2/\text{м}^3$.

Мала маса апарату дозволяє зменшити пускові періоди холодильних установок, а висока теплопровідність – підвищити ефективність апарату. Корозійно-стійку сталь застосовують, коли від апарата потрібна підвищена міцність або, коли в цілях досягнення дуже високої компактності поверхні (до $6000\text{ м}^2/\text{м}^3$) ребра виконують з дуже тонкого листа ($t_p = 0,05\text{ мм}$).

Вибір пластинчасто-ребристих теплообмінників в якості теплообмінних апаратів для роторно-лопатеві газової холодильної машини (РЛГХМ) проводився з урахуванням перерахованих переваг, в залежності від конкретних умов обраного теплового процесу.

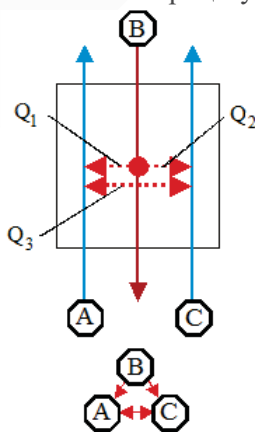


Рис. 1. Схеми організації теплообміну в теплообмінниках.

В таблиці 1 наведені фізичні параметри потоків, які обмінюються теплом у холодильнику і рефрижераторі.

Таблиця 1

Фізичні параметри потоків

Холодильник						
Потоки	p_{cp} , МПа	T_{cp} , К	c_p , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	ν , $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	$\mu \cdot 10^6$, Па · с	λ , $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$
Гелій	1,5	396	5,204	0,794	21,94	0,184
Вода	0,15	295	4,174	0,00106	774,765	0,66
Рефрижератор						
Гелій	2,85	133	5,204	0,956	11,76	0,1
Азот	2	177,5	1,043	0,25	11,43	0,018

Знайдемо вирази Фаннінгового коефіцієнта тертя f та коефіцієнта модуля Колбурна j , які є функціями числа Рейнольдса та параметрів геометрії основних ребер.

Модуль Колбурна:

$$j = St \cdot Pr^{2/3}, \quad (1.1)$$

$$f = 0.029 \cdot Re^{-0.09} \left(\frac{s}{b} \right)^{0.034} \left(\frac{t_f}{b} \right)^{-0.169} \quad (1.2)$$

Число Стантона:

$$St = \frac{Nu}{Re \cdot Pr}, \quad (1.3)$$

Число Прандтля:

$$Pr = \frac{c_p \cdot \mu}{K} \quad (1.4)$$

Число Нуссельта:

$$Nu = \frac{h \cdot D_h}{K} \quad (1.5)$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$h = j \cdot G \cdot c_p \cdot Pr^{2/3} \quad (1.6)$$

Падіння тиску:

$$\Delta P = \frac{2 f L G^2}{\rho D_h} \quad (1.7)$$

Довжина L теплообмінника визначалась за формулою:

$$L = \frac{Q}{UA \cdot LMTD} \quad (1.8)$$

Ефективність ребра η_f

$$\eta_f = \frac{\tanh(x)}{x} \quad (1.9)$$

$$x = h \sqrt{\frac{h \cdot B}{2tk}} \quad (1.10)$$

де, зовні h – висота ребра, під корнем h – коефіцієнт теплопередачі, зазвичай значення B приймається як 2,25 для середнього стану.

Математичне моделювання на основі перерахованих вище формул відбувалося в програмі Microsoft Excel (див. рис. 2).

Для того щоб спроектувати теплообмінник оптимальним і компактним необхідно визначити компроміс між вибором поверхонь з вищими факторами j (для мінімізації необхідної зони теплопередачі) та вибору поверхонь з нижчими показниками f/j для досягнення кращої теплопередачі для падіння тиску.

Основною метою процесу оптимізації є отримання потрібного значення падіння тиску при збереженні найменшого можливого розміру теплообмінника. Розміри ребер і кількість шарів варіюються для отримання мінімального розміру. Товщина ребер коливається від 0,2 мм до 0,8 мм для кожної щільності оребрення в діапазоні 400÷600 ребер/м, висота ребра $h = 7$ мм.

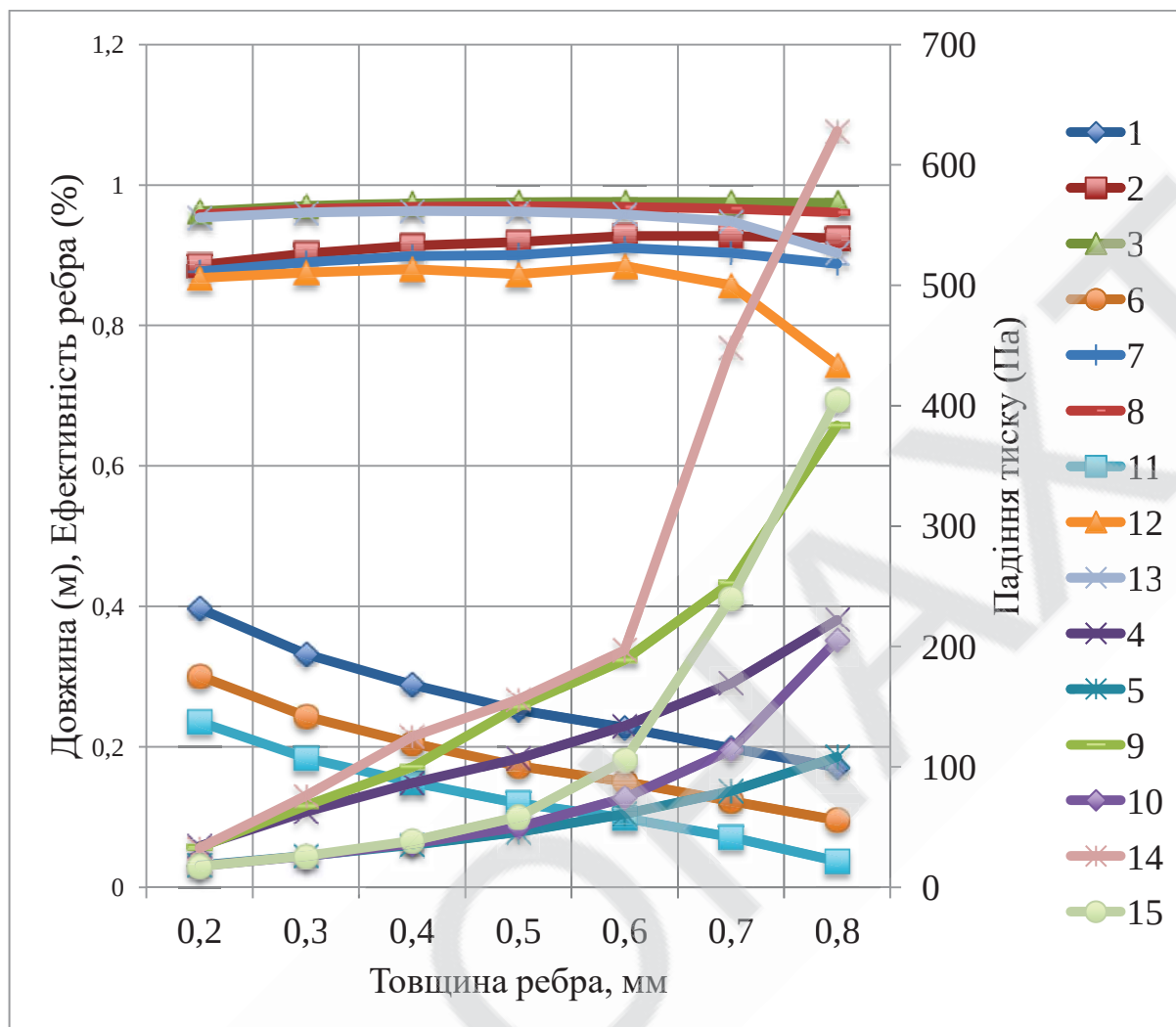


Рис. 2. Залежності параметрів теплообмінника від товщини і щільності оребрення для рефрижератора:

- 1, 6, 11 – довжина теплообмінника, відповідно при 400, 500, 600 ребер / м;
- 2, 7, 12 – ефективність ребра гарячого потоку, відповідно;
- 3, 8, 13 – ефективність ребра холодного потоку, відповідно;
- 4, 9, 14 і 5, 10, 15 – падіння тиску гарячого і холодного потоку.

З рис. 2 можна зробити ряд висновків про наступне:

1. Падіння тиску гарячих потоків 1, 2 і холодного потоку 3 зменшується зі зменшенням щільності оребрення і зменшенням товщини ребер.
2. Об'єми всіх потоків зростають зі зменшенням щільності оребрення і зменшенням товщини ребер.
3. Ефективність ребер збільшується зі збільшенням товщини ребра і збільшенням щільності оребрення для 400, 500, 600 ребер/м.
4. Мінімум температурних напорів і гідравлічних опорів досягається при значенні щільності 500 ребер/м і при товщині ребра 0,2 мм.

Запропоновано методику аналізу графічним методом пластинчасто - ребристого теплообмінника.

Модель описує ефект вторинних параметрів, таких як осьова теплопровідність через металеву матрицю теплообмінника. Вивчено вплив геометричних параметрів і коефіцієнта теплопередачі.

Отримано графік залежностей довжини, ефективності ребра і падіння тиску в теплообміннику в залежності від товщини ребра і щільності оребрення (рис. 2).

	<i>Середа В.В., доцент КІП ім. Ігоря Сікорського, Горін В.В., проф. каф. Одеська академія технічного регулювання та якості, Лю Ян, аспірант КІП ім. Ігоря Сікорського,</i>	
31	ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ <i>Крушельницький Д.О. аспірант ІХКЭ ОНАХТ, м. Одеса : Жихарева Н.В., к.т.н., доцент ОНАХТ</i>	111
32	ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАСТИНЧАСТО-РЕБРИСТОГО ТЕПЛООБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РЛГХМ <i>Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор ІХКЕ ОНАХТ, Трандафілов В.В., к.т.н., ст. викладач ІХКЕ ОНАХТ, Яковлева О.Ю., к.т.н., доцент ІХКЕ ОНАХТ</i>	112
33	ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ РОТОРНО-ЛОПАТЕВОЇ ГАЗОВОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ <i>Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор ІХКЕ ОНАХТ, Трандафілов В.В., к.т.н., ст. викладач ІХКЕ ОНАХТ, Яковлева О.Ю., к.т.н., доцент ІХКЕ ОНАХТ</i>	117
34	МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПРОДУКТИВНОСТІ ГЕНЕРАТОРА БІНАРНОГО ЛЬОДУ ШНЕКОВОГО ТИПУ <i>Зімін О.В., к.т.н., доцент ОНАХТ м. Одеса</i>	120
35	АКТУАЛЬНІСТЬ СТЕЛЬОВОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ <i>Бурдюжа С.А., Беркань І.В. – викладачі ВСП «ОТФК ОНАХТ»</i>	122
36	ГРАФІЧНІ МЕТОДИ ДЛЯ ПРОЦЕДУР ОПТИМІЗАЦІЇ ТА РЕТРОФІТУ <i>Дудко О.М., аспірант, Одеса, ОНАХТ.</i>	123
37	РЕТРОФІТ ХОЛОДОАГЕНТУ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ НА ДІЮЧИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИНАХ <i>Дудко О.М., аспірант ОНАХТ, Козут В.О., к.т.н., доцент ОНАХТ, Жихарева Н.В., к.т.н., доцент ОНАХТ., Єршов В.О., аспірант, ОНАХТ Одеса</i>	125
38	ПРИМЕНЕНИЕ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА ПРИ СЖИГАНИИ СЕРНИСТЫХ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ <i>Корниенко В.С., к.т.н., доцент кафедры теплотехники ХФ НУК Херсонский филиал Национального университета кораблестроения имени адм. Макарова</i>	128
39	ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF A SOLAR AIR CONDITIONING SYSTEM <i>Ovchinnikov M., higher education Odessa National Technological University, Zhykharieva N.V. ass. phrofessor Odessa National Technological University</i>	129
40	ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ І ПОКРАЩЕННЯ УМОВ ПРАЦІ ВИРОБНИЦТВА КАРБАМІДУ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ <i>Жихарева Н.В., к.т.н., доцент ОНТУ., Одеса, Філков І.О, здобувач вищої оосвіти ОНТУ,</i>	132
41	ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОТРИМАННЯ ВОДИ З АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ <i>Біленко Н.О., старший викладач, Тітлов О.С., завідувач кафедрою, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса,</i>	133
42	МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ РЕЖИМІВ ГЕЛЕОГЕНЕРАТОРІВ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН <i>Осадчук Є.О., старший викладач, Тітлов О.С., завідувач кафедрою, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса</i>	135
43	РОЗРОБКА СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ДЛЯ ПЕРВИННОЇ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ОБРОБКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА ДРІБНОНАСІННЄВИХ КУЛЬТУР <i>Петушенко С.М., викладач вищої категорії, Одеський технічний коледж, Тітлов О.С., завідувач кафедрою, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса</i>	136
44	РОЗРОБКА АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ ТЕМПЕРАТУР ПОВІТРЯ НАВКОЛИШНЬОГО	138

*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