

**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.

Висновки.

1. На сьогоднішній день на водному транспорті питання утилізації скидної теплоти СДУ залишаються вкрай актуальними. Одним з варіантів вирішення цього завдання з урахуванням змінених параметрів роботи суднових дизелів є впровадження теплонасосних парогенеруючих установок.
2. Проведені дослідження показали енергетичну ефективність і технічну здійсненність теплонасосного напрямку утилізації низькопотенційної теплоти СДУ.
3. Остаточний вибір режимних параметрів роботи ТНПУ (у тому числі і марки хладону) повинен проводитися на основі оптимізаційних розрахунків, моделюючих конструктивні і вартісні характеристики апаратів установки.

Список літератури

1. Радченко Н.И., Сирота А.А. Теплоутилизирующие контуры на низкокипящих рабочих телах для ДВС // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: Зб. наук. пр.* – Харків: ХАІ, 2002. – Вип. 31. Двигуни та енергоустановки. – С. 17–19.
2. Рей Д., Макмайл Д. Тепловые насосы: Пер. с англ. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с.
3. Янтовский Е.И., Левин Л.А. Промышленные тепловые насосы. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.
4. Танкер проекта 15966 "Григорий Нестеренко". Спецификация. – Херсон: ЦКБ "Изумруд", 1985. – 156 с.
5. Оценка эффективности утилизации теплоты судовых главных дизелей теплонасосными паропроизводящими установками/ Ю.В. Захаров, А.А. Андреев, И.В. Калиниченко, В.И. Максимов// *Зб. наук. пр. НУК.* – 2005. – № 2 (401). – С. 70-79
6. .

УДК 621.577 + 697.1

ОПТИМАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОТИ ПРИРОДНОЇ ВОДИ І ГРУНТУ В ТЕПЛОНАСОСНИХ СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ

Безродний М.К., проф., д.т.н. КПІ ім. Ігоря Сікорського, Притула Н.О., доц., к.т.н. КПІ ім. Ігоря Сікорського, Фетов І.В. магістрант КПІ ім. Ігоря Сікорського
npritula@ukr.net

Необхідність сталого енергопостачання населення, зменшення рівня енергетичної залежності від імпортного палива, зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище, зменшення соціальної напруги у сфері енергетики, загальне підвищення рівня енергетичної безпеки України потребують розв'язання проблем, пов'язаних із низькою енергетичною ефективністю економіки країни та значними витратами суспільства на енергозабезпечення. Таким чином, головним напрямком розвитку систем генерації, транспорту та розподілу теплоти з метою зменшення залежності України від імпортних енергоносіїв має стати зниження рівнів споживання природного газу за рахунок розвитку систем теплопостачання на базі електричної енергії в поєднанні з нетрадиційними і відновлюваними джерелами енергії. При цьому енергозберігаюча технологія (тепловий насос) дозволить поєднати виробництво теплоти з раціональним застосуванням енергії, що дає можливість одночасно зменшити енергетичне

навантаження на навколишнє природне середовище і кількість енергетичних відходів, які одержуються у процесі виробництва та при використанні виготовленої теплоти [1-3].

При будівництві будинків поблизу відкритих водойм з'являється можливість використання теплоти цих водойм як джерела низькопотенційної теплоти з перетворенням її в тепловому насосі. Доцільність такого використання повинна оцінюватися з врахуванням фізичних характеристик застосування теплообмінних пристроїв. Вода із водойми подається зануреним насосом в теплообмінник і скидається назад у водойму. В проміжному контурі, заповненому гліколем, теплота передається з теплообмінника до випарника теплового насоса. На рис. 1 теплота води, що попередньо підігрілася за рахунок проходження в ґрунті, відбирається за допомогою опущеної в колодязь з цією водою бухти із поліетиленової труби.

Для визначення довжини поліетиленової труби, згорнутої в бухту, що занурена у водойму, може бути використане рівняння

$$L=C\Delta t^m, \quad (1)$$

де L – довжина поліетиленового трубопроводу, віднесена до 1 кВт теплового потоку від води відкритої водойми до гліколю, що циркулює у трубі; Δt – різниця температур води у водоймі і середньої температури гліколю, що циркулює всередині поліетиленової труби, °С; C і m – коефіцієнт і показники степені, що визначені експериментальним шляхом [1,4].

Незамерзаючий теплоносій (25 % водний розчин етиленгліколю) з температурою $t_{\text{Т}}^{\text{вх}}$ й об'ємною витратою $V_{\text{Т}}$ насосом подається у випарник ТН, де він охолоджується та на виході його температура становить $t_{\text{Т}}^{\text{вих}}$. В роботі [5] встановлено, що існує оптимальний ступінь охолодження теплоносія у випарнику ТН. Це проявляється внаслідок того, що затрати енергії на привід компресора ТН та на насос при зміні температури теплоносія на виході з випарника ТН змінюються в протилежних напрямках. Таким чином, підтримання оптимального ступеня охолодження теплоносія в випарнику ТН забезпечує мінімальні сумарні затрати зовнішньої енергії на ТНС опалення в цілому.

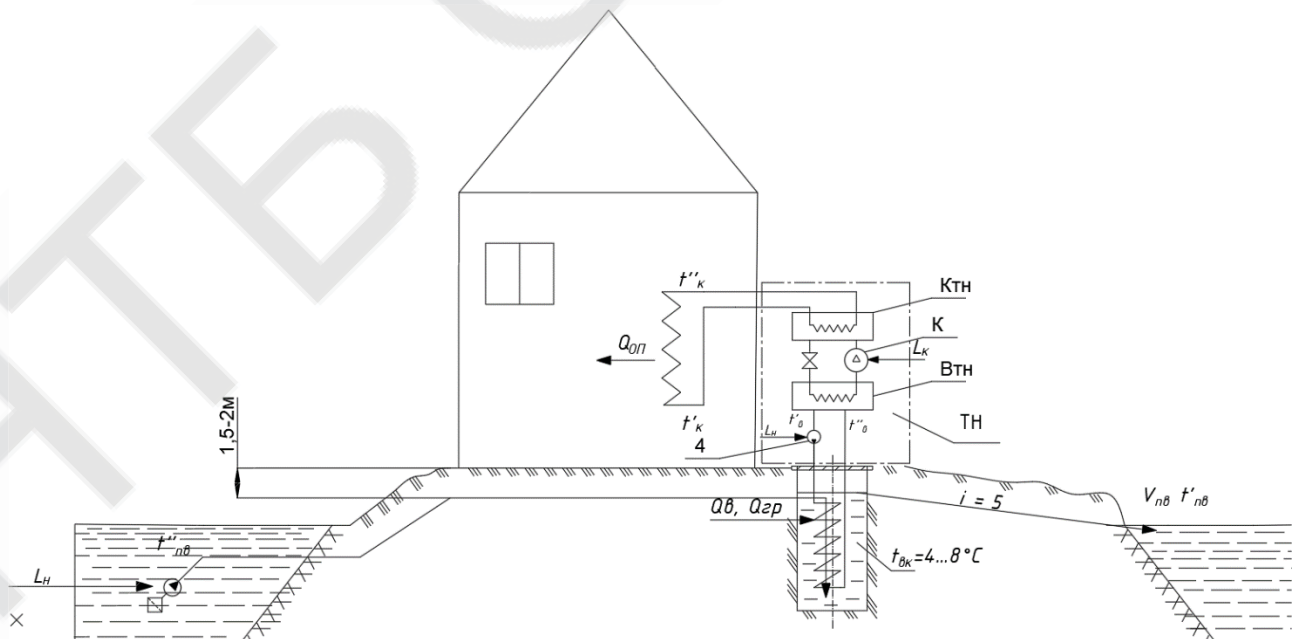


Рис. 1. Принципова теплонасосна схема низькотемпературного водяного опалення з використанням теплоти природної води та ґрунту: ОП – опалювальне приміщення, ТН – тепловий насос, КТН – конденсатор ТН, ВТН – випарник ТН, К – компресор, Н – насос, L_k – робота приводу компресора ТН, L_n – робота приводу насоса.

На рис. 2 і 3 наведена графічна інтерпретація отриманих оптимальних характеристик бухти ґрунтового теплообмінника при різниці температур води у колодязі і середній температурі гліколя, що циркулює всередині поліетиленової труби, рівній $\Delta t=4\text{ }^{\circ}\text{C}$. З рис. 2 оптимальна довжина поліетиленової труби в бухті контуру теплообмінника може бути визначена в залежності від вибраного значення швидкості руху теплоносія та діаметра труби.

При визначених, таким чином, величинах довжини труби бухти ґрунтового теплообмінника ($L_{г.т.}^{opt}$) і прийнятому діаметрі поліетиленової труби в бухті ($d_{вн}$) рис. 3 дозволяє визначити відповідний перепад тиску $\Delta p_{г.т.}$ в бухті теплообмінника, після чого може бути визначено загальний перепад тиску в контурі нижнього джерела теплоти для підбору циркуляційного насоса.

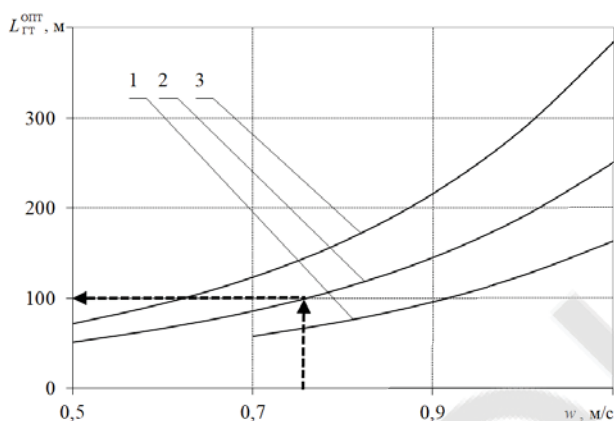


Рис. 2. Залежність довжини бухти ґрунтового теплообмінника від швидкості руху водяного розчину етиленгліколю:

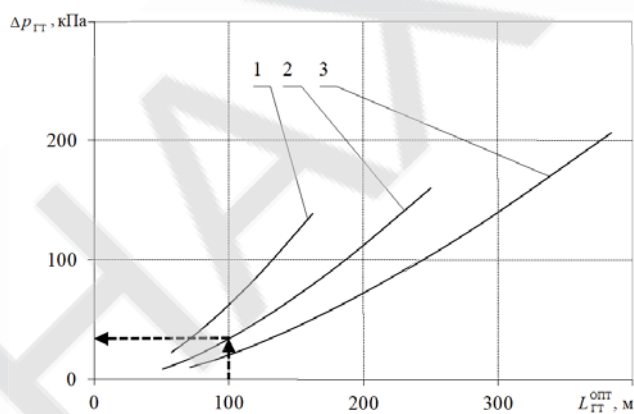


Рис. 3. Залежність втрат тиску у ґрунтовому теплообміннику від довжини труби ґрунтового теплообмінника:

при різниці температур води у колодязі і середній температурі гліколя, що циркулює всередині поліетиленової труби, рівній $\Delta t=4\text{ }^{\circ}\text{C}$: 1 – $d_3=33\text{ мм}$; 2 – $d_3=42\text{ мм}$; 3 – $d_3=48\text{ мм}$

Для зручності практичного використання отриманих даних в табл. 1 наведені також загальні теплові потоки, що відводяться одним теплообмінником від нижнього джерела і які можуть бути використані при проектуванні системи теплонасосного опалення будинку з заданими втратами теплоти на опалення.

Табл. 1 Результати розрахунків оптимальних параметрів теплообмінника

Діаметр Труби $D_3, \text{ мм}$	Різниця температур, $\Delta t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	Питомий тепловий потік, Вт/м	Характеристики ґрунтового теплообмінника	Швидкість $w, \text{ м/с}$				
				$w_1=0.7$	$w_2=0.8$	$w_3=0.9$	$w_4=1$	$w_5=1,1$
33	2	26	$L_{г.т.}^{opt}, \text{ м}$	113	155	213	292	398
			$Q, \text{ кВт}$	2,938	4,03	5,538	7,592	10,348
			$\Delta p_{г.т.}, \text{ кПа}$	44	76	128	211	339

	4	43	$L_{e.m.}^{onm}, M$	58	74	96	125	163
			Q, кВт	2,494	3,182	4,128	5,375	7,009
			$\Delta p_{e.m.}, kPa$	22	36	57	90	139
	6	57	$L_{e.m.}^{onm}, M$	41	51	64	81	102
			Q, кВт	2,337	2,907	3,648	4,617	5,814
			$\Delta p_{e.m.}, kPa$	16	25	38	58	87
42	2	29	$L_{e.m.}^{onm}, M$	166	228	316	437	598
			Q, кВт	4,814	6,612	9,164	12,673	17,342
			$\Delta p_{e.m.}, kPa$	48	83	142	236	382
	4	47	$L_{e.m.}^{onm}, M$	86	111	145	191	251
			Q, кВт	4,042	5,217	6,815	8,977	11,797
			$\Delta p_{e.m.}, kPa$	25	41	65	103	160
	6	63	$L_{e.m.}^{onm}, M$	59	75	94	120	153
			Q, кВт	3,717	4,725	5,922	7,56	9,639
			$\Delta p_{e.m.}, kPa$	17	27	42	65	98

Наведені співвідношення можуть бути використані на стадії проектування теплонасосної системи низькотемпературного водяного опалення з використанням теплоти природної води та ґрунту при визначенні оптимальної довжини труби бухти, а також перепаду тиску в контурі для підбору циркуляційного насоса, або витрати теплоносія зі сторони нижнього джерела теплоти для забезпечення оптимальних умов роботи теплонасосної системи теплопостачання.

1. Гершкович В.Ф. Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами. К.: Украинская Академия Архитектуры ЧП “Энергоминимум”, 2009. – 60 с.
2. European Heat Pump Association (EHPA) // Access mode – <http://www.ehpa.org/>.
3. Редько А. О., Безродний М. К., Загорученко М. В., Ратушняк Г. С., Редько О. Ф., Хмельнюк М. Г. Низькопотенційна енергетика. Навчальний посібник (Під редакцією академіка НАНУ А. А. Долинського), Харків: Видавництво «Друкарня Мадрид», 2016. – 412с.
4. Безродний М.К., Пуховий І.І., Кутра Д.С. Теплові насоси та їх використання. Навчальний посібник. – Київ: НТУУ «КПІ», 2013. – 312 с.
5. Безродний М.К., Притула Н.О. Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання. Монографія. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 272 с.

- Калініченко І.В., к.т.н., доцент кафедри теплотехніки; Асаволук 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