

Оптимальні характеристики теплообмінника в теплонасосних системах опалення з використання теплоти природної води і ґрунту

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація

У даній роботі досліджено характеристики ґрунтових теплообмінників у формі бухти для систем низькотемпературного опалення тепловими насосами. Отримано оптимальне співвідношення між такими характеристиками бухти (довжина труби, діаметр труби та швидкість розсолу в контурі для теплових насосів) за заданих умов його застосування (інтенсивність відбору теплоти, теплофізичні характеристики теплоносія, температурні умови роботи системи теплового насоса). Отримані оптимальні характеристики дозволяють забезпечити оптимальний ступінь охолодження розсолу у випарнику теплового насоса, що у свою чергу призведе до отримання мінімальних сумарних витрат електроенергії теплонасосної системи опалення в цілому. Ці співвідношення можна використовувати на етапі проектування теплонасосної системи опалення.

Ключові слова: тепловий насос, природня вода, ґрунт, сумарні питомі затрати зовнішньої енергії, низькотемпературна система опалення.

Abstract

In this paper the characteristics of ground heat exchangers in the form of a bay for systems of low-temperature heating by heat pumps are investigated. The optimal ratio between the following characteristics of the bay (pipe length, pipe diameter and brine speed in the circuit for heat pumps) under given conditions of its application (heat extraction intensity, thermophysical characteristics of the heat carrier, temperature conditions of the heat pump system). The obtained optimal characteristics allow to ensure the optimal degree of cooling of the brine in the heat pump evaporator, which in turn will lead to the minimum total electricity consumption of the heat pump heating system as a whole. These ratios can be used at the design stage of the heat pump heating system.

Keywords: heat pump, natural water, soil, total specific costs of external energy, low-temperature heating system.

Використання теплонасосних систем (ТНС) тепlopостачання з ґрунтовими теплообмінниками у формі бухти дає можливість вирішити такі важливі завдання сьогодення, як зменшення використання традиційних джерел енергії, мінімізація антропогенного впливу на навколишнє середовище та покращення якості тепlopостачання. Теплонасосна технологія є найбільш перспективною серед джерел альтернативної енергетики для вирішення проблем енергозбереження, однак питання вибору типу ТН, нижнього джерела енергії та масштабів її сфер її раціонального використання є далеко не однозначними та потребує вивчення [1-2].

На рис. 1 зображена принципова схема низькотемпературного водяного опалення з використанням теплоти природної води та ґрунту. Принцип її роботи наступний: незамерзаючий теплоносій (25 % водний розчин етиленгліколю) з температурою t_t^{bx} й об'ємною витратою V_t насосом подається у випарник ТН, де він охолоджується та на виході його температура становить t_t^{bvx} . В роботі [3] 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.

На основі методу балансних рівнянь розроблено теоретичну модель ТНС низькотемпературного водяного опалення з використанням теплоти природної води та ґрунту та виконано термодинамічний аналіз роботи даної схеми.

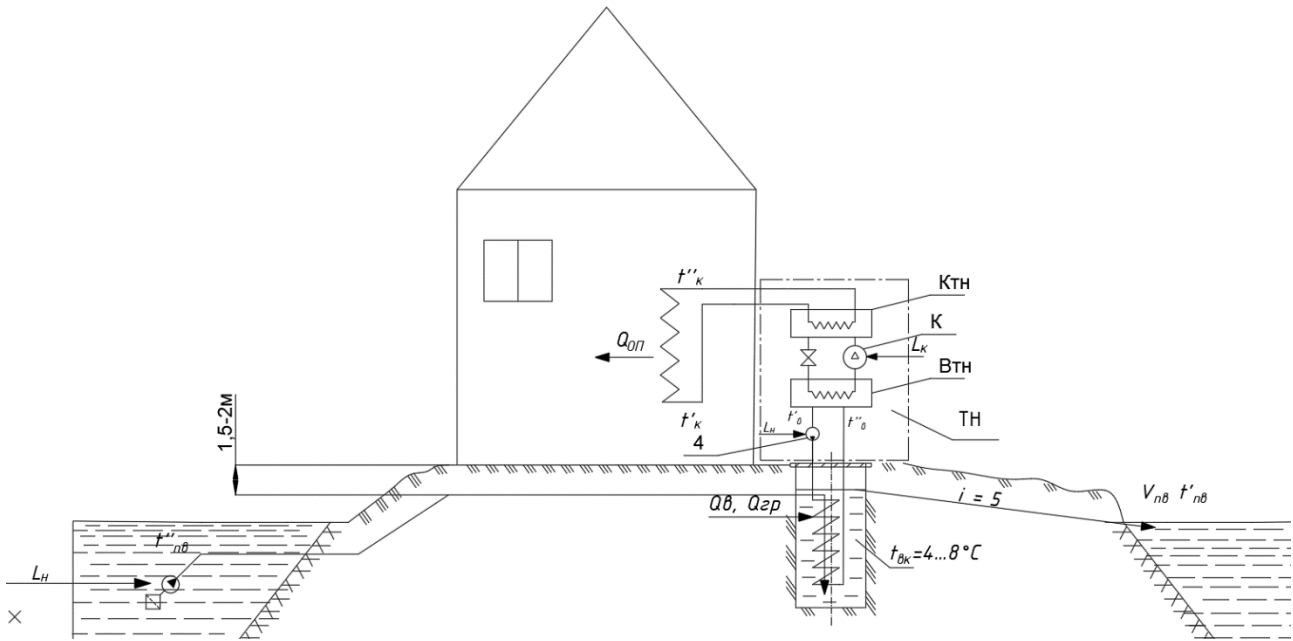


Рис. 1. Принципова теплонасосна схема низькотемпературного водяного опалення з використанням теплоти природної води та ґрунту: ОП – опалювальне приміщення, ТН – тепловий насос, К_{ТН} – конденсатор ТН, В_{ТН} – випарник ТН, К – компресор, Н – насос, L_k – робота приводу компресора ТН, L_n – робота приводу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

На рис. 2 і 3 наведена графічна інтерпретація отриманих оптимальних характеристик бухти ґрунтового теплообмінника при різниці температур води у колодязі і середній температурі гліколю, що циркулює всередині поліетиленової труби, рівній $\Delta t=4$ °С. 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 ($L_{гт}^{опт}$) і прийнятому діаметрі поліетиленової труби ($d_{вн}$) рис. 3 дозволяє визначити відповідний перепад тиску $\Delta p_{гт}$ в ґрунтовому теплообміннику, після чого може бути визначено загальний перепад тиску в контурі нижнього джерела теплоти для підбору нагнітача.

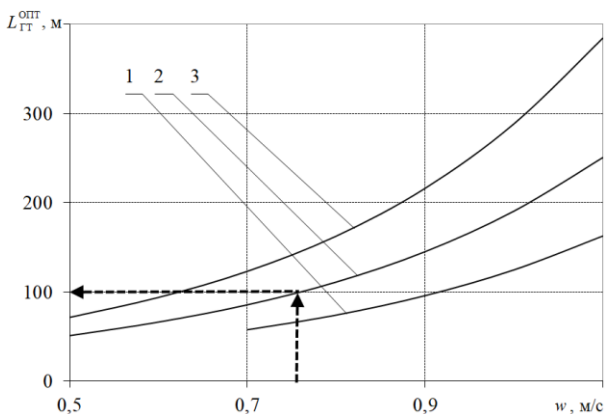


Рис. 2. Залежність довжини бухти ґрунтового теплообмінника від швидкості руху водяного розчину етиленгліколю: при різниці температур води у колодязі і середній температурі гліколю, що циркулює всередині поліетиленової труби, рівній $\Delta t=4$ °С: 1 – $d_z=33$ мм; 2 – $d_z=42$ мм; 3 – $d_z=48$ мм

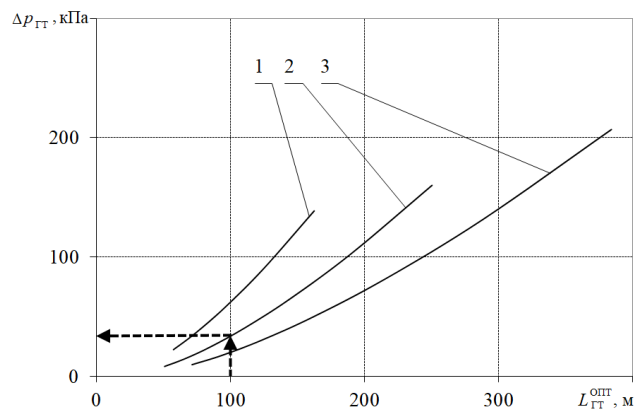


Рис. 3. Залежність втрат тиску у ґрунтовому теплообміннику від довжини труби ґрунтового теплообмінника:

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 Дз, мм	Різниця температур, Δt , °C	Питомий тепловий потік, Вт/м	Характеристики ґрунтового теплообмінника	Швидкість w , м/с				
				$w_1=0.7$	$w_2=0.8$	$w_3=0.9$	$w_4=1$	$w_5=1,1$
48	2	27	$L_{z.m.}^{om}$, м	254	359	508	713	985
			Q, кВт	6,858	9,693	13,716	19,251	26,595
			$\Delta p_{z.m.}$, кПа	62	111	192	324	530
	4	45	$L_{z.m.}^{om}$, м	123	163	216	288	384
			Q, кВт	5,535	7,335	9,72	12,96	17,28
			$\Delta p_{z.m.}$, кПа	30	50	82	131	207
	6	61	$L_{z.m.}^{om}$, м	83	106	136	175	227
			Q, кВт	5,063	6,466	8,296	10,675	13,847
			$\Delta p_{z.m.}$, кПа	20	33	52	80	122

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 тепlopостачання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гершкович, В. Ф. Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами [Текст] / В. Ф. Гершкович. – К.: Украинская Академия Архитектуры ЧП “Энергоминимум”, 2009. – 60 с.
2. Безродний М. К. Теплові насоси та їх використання [Текст] : навч. посіб. / М. К. Безродний, І. І. Пуховий, Д. С. Кутра. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 312 с.
3. Безродний М. К. Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем тепlopостачання: монографія / М. К. Безродний, Н. О. Притула. – К.: НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2016. – 272с.

Безродний Михайло Костянтинович, д-р. техн. наук, проф., професор кафедри теплоенергетики, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, m.bezrodny@kpi.ua.

Притула Наталя Олександрівна, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри теплоенергетики, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, npritula@ukr.net.

Мішко Павло Ілліч, магістр кафедри теплоенергетики, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, assassin007ua@gmail.com.

Bezrodny Mykhailo K. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Heat Power Engineering Department, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute”, Kiev, Ukraine, e-mail: m.bezrodny@kpi.ua

Prytula Natalia O. – Candidate of Technical Sciences, Docent, Docent of the Heat Power Engineering Department, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute”, Kiev, Ukraine, e-mail: npritula@ukr.net

Mishko Pavlo I. – Master’s degree of the Heat Power Engineering Department, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute”, Kiev, Ukraine, e-mail: assassin007ua@gmail.com