

АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ГРУНТОВИХ ТЕПЛОБМІННИКІВ ДЛЯ КЛІМАТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДИНКІВ

С.М. Романько

Шосткинський інститут Сумського державного університету
khtms@ishostka.sumdu.edu.ua

Сучасний світ стоїть перед величезними викликами пов'язаними зі змінами клімату та обмеженням традиційних джерел енергії на основі викопного палива. Основними споживачами енергії у світі є житлові та комерційні будівлі на які припадає від 15% до 30% загального світового споживання енергії [1]. Така ж кількість парникових газів також виробляється та викидається в навколишнє середовище внаслідок спалювання викопного палива. Згідно даних [8] в усьому світі енергія, необхідна для освітлення, опалення, охолодження та кондиціонування повітря в будівлях, становить приблизно 40% від загального світового річного споживання, що має значний вплив на навколишнє середовище через викиди CO₂ та NO_x. Крім того, протягом останніх десятиліть було відзначено значне зростання глобального споживання електроенергії через попит на кондиціонування повітря та відповідне пікове зростання попиту на електроенергію в літній сезон [9], [10]. Україна не стоїть осторонь глобальних проблем і перехід на екологічно чисті відновлювальні види енергії як замітники викопного палива є надзвичайно актуальним, зокрема в місті Шостка.

Енергетичною стратегією України до 2035 р. передбачено збільшення частки «зеленої» енергії до 25 % у енергетичному балансі країни, зниження імпортозалежності енергетичної галузі України з 51 % у 2015 р. до 33 % у 2035 р., а також повноцінна інтеграція з енергетичною системою ЄС, а Європейський закон про клімат (European Climate Law) передбачає досягнення країнами Євросоюзу 100%-ї вуглецевої нейтральності до 2050 року, його основні положення були представлені в Європейській «зеленій угоді» в грудні 2019 року [2].

Одним із напрямків досягнення вуглецевої нейтральності є використання геотермальної енергії, яка є одним із найчистіших джерел відновлюваної енергії, Геотермальну енергію можна використовувати для виробництва електроенергії та тепла [3], а при використанні низькотемпературної геотермальної енергії її можна використати і для охолодження будівель влітку [4]. Для видобутку низькотемпературної геотермальної енергії застосовуються системи ґрунтового теплового насоса (GSHP) [5], які можна поділити на системи з відкритим контуром і системи з замкнутим циклом із підключенням ґрунтового теплообмінника [6], де теплоносій циркулює через замкнутий контур який закопаний у землю або занурений у воду. Петля теплообміну може мати горизонтальну, вертикальну конфігурацію або бути зануреною у якусь природню водойму (ставок, озеро тощо). Горизонтальне розташування теплообмінника є рентабельним для невеликих житлових будинків, особливо для нового будівництва. Установки з вертикальною конфігурацією теплообмінника, як правило, використовуються для великих будівель, так як використання горизонтальної системи теплообміну потребує значної площі землі. Система з відкритим контуром використовує воду з свердловин, колодязів або воду з природніх водойм як теплообмінну рідину, яка циркулює безпосередньо через систему теплового насосу. Після того, як вода пройшла циркуляцію по системі, вона повертається в землю через свердловину, колодязь або скидається у водойму (Міністерство енергетики США, Управління з енергоефективності та

відновлюваних джерел енергії). Згідно [7] GSHP із відкритим контуром економить 28% енергії та зменшує CO₂ на 28%, ніж GSHP із закритим циклом у сезон охолодження. При використанні як для охолодження, так і для опалення протягом року GSHP із відкритим контуром економить близько 6% енергії та скорочує приблизно 6% викидів CO₂, ніж GSHP із закритим циклом.

Особливістю нашого регіону є те, що основний водоносний горизонт знаходиться в тріщинуватій крейді, що має порожнечу в яких знаходиться вода, і має товщину десятки метрів (паспорт свердловини м. Шостка, пров. Зоряний). Це дає можливість створювати ґрунтові теплообмінники з відкритим контуром які можуть працювати як на відбір тепла з ґрунту в опалювальний сезон так і перенесенням у ґрунт зайвого тепла з будинку під час спеки. Причому останнє може бути здійснено без використання теплового насосу.

Схема роботи ґрунтового теплового насосу з відкритим циклом руху теплоносія зображено на рис.1. Теплоносій (вода) 4, що поступає у видобувну

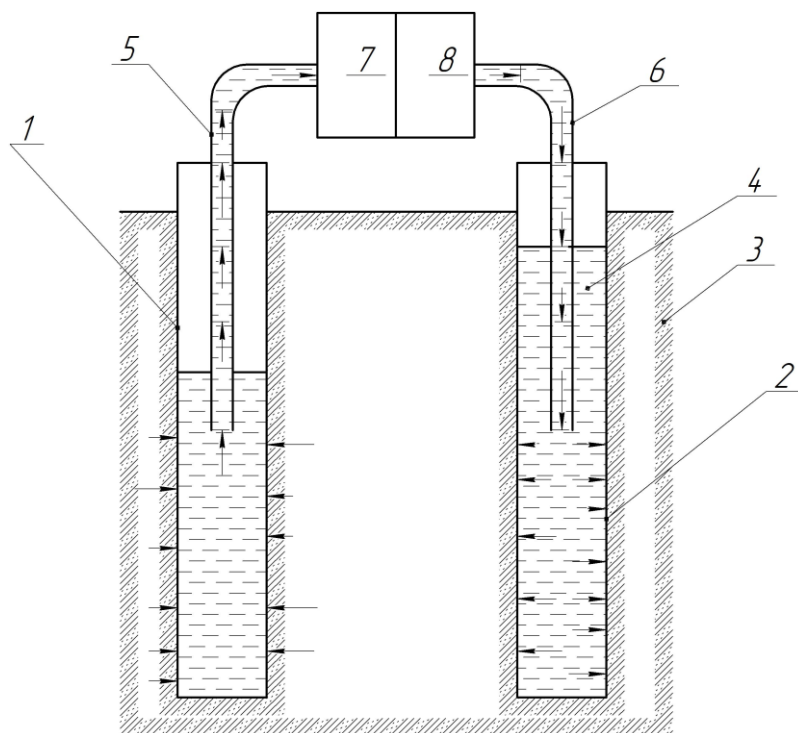


Рисунок 1 Схема установки

свердловину 1 з водоносного шару ґрунту 3 насосом 7 через трубу 5 подається на теплообмінник або теплообмінники 8 кліматичної системи будинку пов'язані з тепловим насосом та системою охолодження будинку. Після теплообміну вода через трубу 6 подається у нагнітальну свердловину 2 звідки вона повертається назад у водоносний шар ґрунту. При цьому, у разі якщо система працює у режимі опалення житлового будинку в теплообміннику за

допомогою теплового насосу відбувається відбір тепла, і вода закачується у водоносний шар ґрунту охолодженою, а влітку, коли система працює в режимі охолодження будинку, у водоносний шар ґрунту потрапляє підігріта вода.

Для дослідження процесу теплообміну в ґрунті з застосуванням відкритого циклу руху теплоносія були пробурені дві однакові свердловини (рис.2) глибиною 26 метрів. Буріння свердловин проводилось гідравлічним способом. Для запобігання обсіпання свердловини паралельно обсаджували її сталевую трубою ДУ50 ГОСТ 3262-7 (позиція 7).

В ході буріння було з'ясовано, що після проходження верхнього шару ґрунту 1, шару піску 2 і шару глини 3, на глибині 8,2 метри розташовується перший водоносний горизонт (пливун) 4, який складається з суміші піску та води. Його товща складала 1,8 метрів. Позицією 5 на схемі позначено перетинку, що відділяє

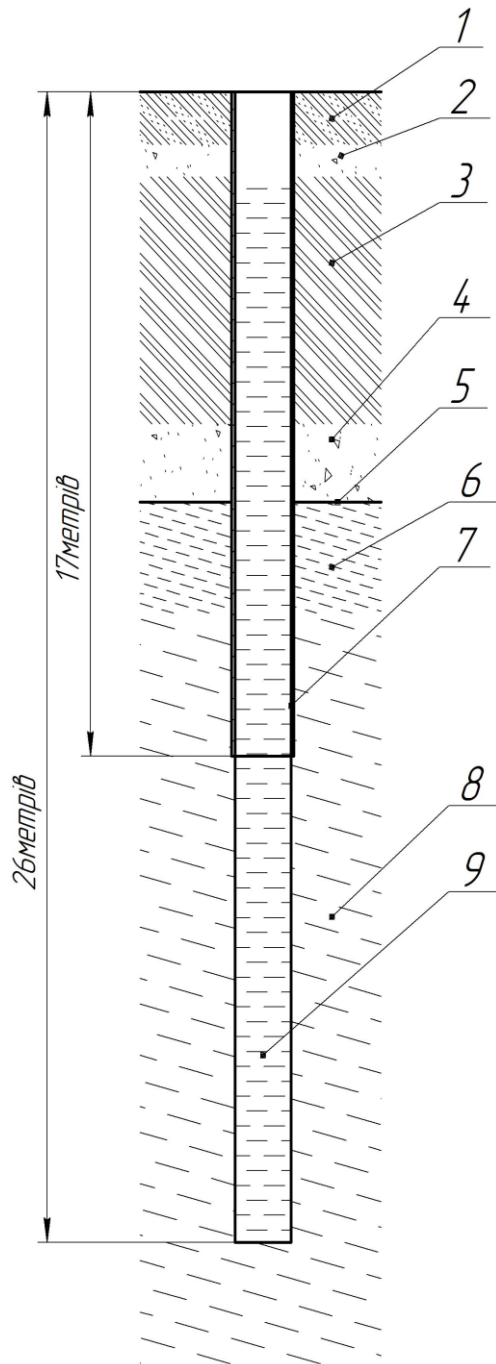


Рисунок 2 Схема свердловини

пливун від крейди. Дана перетинка не розмивається водою, але добре розколюється при ударі. Позицією 6 на схемі позначено щільну крейду після якої починається другий водоносний шар, що розташований у тріщинуватій крейді 8. Як видно зі схеми, у зазначеному випадку, маємо два водоносних шари: перший розташований вище у пливуні, другий розташований знизу у тріщинуватій крейді. Для запобігання перетоку води між різними водоносними шарами а також потраплянню піску у водоносний шар розташований у крейді обсадну трубу опущено на 7 метрів нижче першого водоносного шару.

При дослідженні даної свердловини була виміряна температура теплоносія (води) яка складала $8,9^{\circ}\text{C}$. Вимірювання проводилось термометром з ціною поділки $0,1^{\circ}\text{C}$. Був виміряний статичний рівень води у свердловинах, який на 20.10.2023р. склав 1,62 метри нижче рівня підлоги. Було встановлено здатність приймальної свердловини приймати воду яка складала $0,48 \text{ м}^3/\text{год}$. при підйомі рівня води у свердловині на 1 метр. Як наслідок, для даної свердловини, при перевищенні витрат теплоносія $0,778 \text{ м}^3/\text{год}$ його буде необхідно закачувати у нагнітальну свердловину під додатковим тиском.

Висновок. Проведено аналіз ґрунтових теплообмінників для видобутку низькотемпературної геотермальної енергії. Найбільш перспективними в м. Шостка є ґрунтові теплові насоси з відкритим

циклом руху теплоносія, вони можуть працювати як на відбір тепла з ґрунту в опалювальний сезон так і перенесенням у ґрунт зайвого тепла з будинку під час спеки.

Список літературних джерел

- 1 Ozturk, M. Energy and exergy analysis of a combined ground source heat pump system. *Appl. Therm. Eng.* 2014, 73, 362–370
- 2 Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.
- 3 Soltani, M.; Kashkooli, F.M.; Dehghani-Sani, A.R.; Kazemi, A.R.; Bordbar, N.; Farshchi, M.J.; Elmi, M.; Gharali, K.; B. Dusseault, M. A comprehensive study of geothermal heating and cooling systems. *Sustain. Cities Soc.* **2019**, 44, 793–818.
- 4 ASHRAE. Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Applications; American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.: Atlanta, GA, USA, 2011.
- 5 Yang H., Cui P., Fang Z. Vertical-borehole ground-coupled heat pumps: A review of models and systems, *Applied Energy*, Volume 87, Issue 1, January 2010, Pages 16-27 <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.04.038>
- 6 Jin Luo ^a, Joachim Rohn ^b, Wei Xiang ^a, David Bertermann ^b, Philipp Blum. A review of ground investigations for ground source heat pump (GSHP) systems, *Energy and Buildings*, Volume 117, 1 April 2016, Pages 160-175 <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.02.038>
- 7 Boahen, Samuel, et al. "A study on the evaluation of the annual energy consumption for a geothermal heat pump system with open loop and closed loop ground heat exchangers." *International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration* 25.03 (2017): 1750024.
- 8 Breger, Dwayne S., et al. "Thermal energy storage in the ground: comparative analysis of heat transfer modeling using U-tubes and boreholes." *Solar Energy* 56.6 (1996): 493-503.
- 9 Yang, Hongxing, Patrick Cui, and Zhaohong Fang. "Vertical-borehole ground-coupled heat pumps: A review of models and systems." *Applied energy* 87.1 (2010): 16-27.
- 10 Lund, John W., Derek H. Freeston, and Tonya L. Boyd. "Direct application of geothermal energy: 2005 worldwide review." *Geothermics* 34.6 (2005): 691-727.