

ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ ТА ҐРУНТОВИХ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ У ЖИТЛОВИХ КВАРТАЛАХ ЄС ТА МОЖЛИВІСТЬ АДАПТАЦІЇ ДО УМОВ УКРАЇНИ

А.М.Рашевський¹, О.В.Круглякова²

¹ аспірант кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій, НТУ «ХПІ», Харків, Україна

² доцент кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна
krugliakovaov@gmail.com

У сучасній практиці теплопостачання міст Європи помітним трендом є перехід від котелень квартального масштабу до систем низькотемпературного теплопостачання (4GDH, 5GDH) з використанням ґрунтових та геотермальних теплових насосів (ТН). Для таких систем характерні робочі температурні графіки 45–65/25–40 °С для розподільчих мереж, що значно зменшує теплові втрати: для тепломереж довжиною 1–4 км зниження температури подачі з 90 до 55 °С дає скорочення втрат на 20–35 %. Основними джерелами теплоти виступають ґрунт (на глибинах 50–300 м), низькопотенційні геотермальні води (30–90 °С) та поверхневі водойми

У Данії та Німеччині широко застосовуються квартальні геотермальні станції потужністю 1–20 МВт із свердловинними полями або доступом до низькопотенційних геотермальних вод. Наприклад, м. Ольборг (Данія) експлуатує установку 14 МВт на водах $t \approx 40\text{--}75$ °С, що забезпечує $\approx 20\%$ теплового навантаження житлового району на 5 тис. мешканців. Найбільш показовим є проект у м. Есбйєрг (Esbjerg, Данія), де введено в експлуатацію установку потужністю 70 МВт на CO₂ з джерелом теплоти від морської води (4–12 °С). Система працює за графіком 65/35 °С та забезпечує близько 100 тис. мешканців, повністю замінивши вугільну ТЕЦ. Річне скорочення викидів CO₂ становить приблизно 100 тис. т/рік, а сезонний коефіцієнт перетворення SCOP = 3,1–3,6. Інший еталонний приклад – Мюнхен (Німеччина), де реалізується програма Stadtwerke München (SWM) із переходу до геотермального теплопостачання. Температура вод у пластах 2–4 км сягає 80–120 °С. На 2023 р. сукупна встановлена потужність геотермальних станцій у межах міської мережі становила близько 80 МВт, а до 2035 р. планується збільшення до 510 МВт, що забезпечить понад 50 % потреб тепла без використання газу. Станції працюють у режимах 60–90 °С для розподільчих мереж та 40–60 °С для локальних контурів, повністю відповідаючи парадигмі 4GDH/5GDH. У м. Аркус (Швеція) діє центр теплопостачання мікрорайону на базі ґрунтового поля 250 свердловин по 200 м з теплонасосною підстанцією 3,8 МВт, сезонний коефіцієнт системи визначений на рівні 4,1.

Для густозабудованих кварталів Німеччини характерні модульні ТН-підстанції потужністю 500–2000 кВт, що отримують тепло з поля свердловин, яке розташовується під внутрішніми дворами або паркінгами. Наприклад, квартал Kronsberg (Ганновер) живиться від системи потужністю 2,1 МВт яка забезпечує опалення, ГВП і охолодження будівель, причому покриття тепла тепловими насосами становить 65 %, для пікових навантажень передбачені котли.

За даними Європейської асоціації теплових насосів (ЕНРА), на 2023 рік квартальні ґрунтові ТН у ЄС характеризувалися наступними показниками:

- питома тепловіддача свердловинного поля: 35–55 Вт/м;
- COP у період максимуму навантаження: 3,2–4,0;

- SCOP системи за сезон: 3,8–5,0;
- річне скорочення CO₂: 0,20–0,35 т/Гкал заміщеного газового тепла.
- щорічне зростання сегмента сягає 12–18 %.

Для адаптації до умов України ключовим фактором є відповідність теплових графіків. Більшість українських теплових мереж працюють на 110–120/70–65 °С; пряме включення ТН економічно доцільне після переходу хоча б частини споживачів на 55/35 °С. Середня температура ґрунту на глибині 50–100 м в Україні становить 8–11 °С, що ідентична до умов Центральної Європи, тобто параметри COP для квартальних ТН будуть аналогічними.

Потенціал для України оцінюється як 10–30% покриття квартальних теплових навантажень у містах із частково модернізованими мережами та щільною багатоповерховою забудовою, з терміном окупності 5–8 років при наявності стабільного тарифного регулювання.

Для типового українського кварталу з тепловим навантаженням 8–12 тис. Гкал/рік використання ґрунтового ТН потужністю 2–3 МВт дозволяє зменшити споживання газу на 0,8–1,2 млн м³/рік і скорочує викиди CO₂ на 600–800 т/рік при терміні окупності 5–8 років.

Таким чином, європейський досвід Данії та Німеччини доводить впровадження квартальних і міських теплових мереж з низькотемпературними джерелами теплоти на ґрунтових та геотермальних теплових насосах, що є реалістичним і для українських міст після впровадження енергоефективних споживачів.

Список літератури:

1. DIN Forsyning. Esbjerg seawater heat pump project. Esbjerg, 2024. Режим доступу: <https://dinforsyning.dk/fjernvarme/vores-projekter/esbjerg-varmepumpe> – Назва з титул. екрану.
2. Danfoss. Sea water heat pump in Esbjerg – case study. Nordborg, 2023. Режим доступу: <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/news/dds/sea-water-heat-pump-in-esbjerg/> – Назва з титул. екрану.
3. International Energy Agency (IEA). District Heating in Denmark: Overview Report. Paris: IEA, 2022. Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/district-heating> – Назва з титул. екрану.
4. Stadtwerke München (SWM). Geothermie – Wärmewende München. München, 2023. Режим доступу: <https://www.swm.de/energie/waerme/geothermie> – Назва з титул. екрану.
5. Stadtwerke München (SWM). Geothermie – Factsheet. München, 2023. Режим доступу: <https://www.swm.de/dam/swm/dokumente/unternehmen/energiestandorte/geothermie-factsheet.pdf> – Назва з титул. екрану.
6. International Energy Agency (IEA). Geothermal heating and cooling – global overview. Paris: IEA, 2021. Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/geothermal-heating> – Назва з титул. екрану.
7. Bauer M., Held S., Mueller H. Deep Geothermal District Heating Systems: Munich Case Study / M. Bauer, S. Held, H. Mueller // Renewable Energy. 2022. DOI: 10.1016/j.renene.2022.01.034.
8. European Heat Pump Association (EHPA). European Heat Pump Market Report 2023. Brussels: EHPA, 2023. Режим доступу: <https://www.ehpa.org/market-data/> – Назва з титул. екрану.
9. International Energy Agency (IEA). Heat Pumps – Tracking Report 2023. Paris: IEA, 2023. Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/heat-pumps> – Назва з титул. екрану.
10. Danfoss. District Energy Handbook. Nordborg: Danfoss, 2024. Режим доступу: <https://www.danfoss.com/en/knowledge-center/dhs/handbook/> – Назва з титул. екрану.
11. ПРООН / ГЕФ. Розвиток відновлюваної енергетики в Україні. Практичні рекомендації щодо впровадження теплових насосів. Київ: ПРООН, 2021. Режим доступу: <https://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home/library/> – Назва з титул. екрану.