

індикаторах сталого розвитку. Аналіз. Міжнар. рада з науки (ICSU). К.: НТУУ «КПІ», 2009, 200 с.

5. Nieuwenhuijsen, M. J. (2016). Urban and transport planning, environmental exposures and health-new concepts, methods and tools to improve health in cities. *Environmental health*, 15(1), 161-171.

6. Bell, M. C., & Galatioto, F. (2013). Novel wireless pervasive sensor network to improve the understanding of noise in street canyons. *Applied Acoustics*, 74(1), 169-180.

7. Zuo, F., Li, Y., Johnson, S., Johnson, J., Varughese, S., Copes, R., ... & Chen, H. (2014). Temporal and spatial variability of traffic-related noise in the City of Toronto, Canada. *Science of the Total Environment*, 472, 1100-1107.

8. Foraster, M., Deltell, A., Basagaña, X., Medina-Ramón, M., Aguilera, I., Bouso, L., ... & Künzli, N. (2011). Local determinants of road traffic noise levels versus determinants of air pollution levels in a Mediterranean city. *Environmental research*, 111(1), 177-183.

9. Gago, E. J., Roldan, J., Pacheco-Torres, R., & Ordóñez, J. (2013). The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. *Renewable and sustainable energy reviews*, 25, 749-758.

10. Petralli, M., Massetti, L., Brandani, G., & Orlandini, S. (2014). Urban planning indicators: useful tools to measure the effect of urbanization and vegetation on summer air temperatures. *International Journal of Climatology*, 34(4), 1236-1244.

КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ ҐРУНТОВИХ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В УКРАЇНІ

¹*Станиціна В.В., к.т.н., ст. докл.,* ²*Артемчук В.О., д.т.н., с.н.с.,*

¹*Інститут загальної енергетики НАН України, м. Київ, Україна;*

²*Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН
України, м. Київ, Україна
st_v_v@hotmail.com*

В Україні розвинуті системи централізованого та децентралізованого теплопостачання, основою яких є опалювальні котельні та ТЕЦ. Серед технологій, які є перспективними для впровадження в системі теплопостачання, є теплонасосні технології. Як показує досвід європейських країн, теплові насоси (ТН) можуть забезпечити побутове опалення за конкурентоспроможною ціною. При цьому, сучасні ТН суттєво підвищують енергоефективність теплопостачання, що, в свою чергу, сприяє досягненню цілей сталого розвитку, декарбонізації та зменшенню викидів забруднюючих речовин в повітря. Саме тому впровадження ТН у Європі продовжується значними темпами, в Україні ж темпи впровадження ТН суттєво нижчі.

Успішна післявоєнна відбудова України не можлива без використання сучасних енергоефективних технологій, зокрема і ТН. При цьому кліматичні умови України дозволяють ефективно використовувати ґрунтові ТН.

Температура ґрунту при сильному промерзанні поверхневих шарів на глибині 10–12 м не опускається нижче 5–8°C. В порівнянні з повітрям як джерелом теплоти для ТН, ґрунт має вищу температуру в січні, коли є великий попит на теплову енергію для потреб опалення. Температура ґрунту на глибині 1 м в північній Україні в жовтні-листопаді складає близько 10–13°C, а в січні – близько 0–5°C. Основні переваги та недоліки ТН типу «ґрунт-вода»: високі початкові капіталовкладення на інсталяцію обладнання вертикальних свердловин (буріння свердловин, погодження цих робіт з відповідними організаціями і т.д.); висока ефективність роботи (COP) завдяки майже постійній досить високій температурі джерела теплоти; невисокі експлуатаційні затрати; простота обслуговування горизонтальних геотермальних теплообмінників; для установки вертикальних геотермальних теплообмінників необхідна невелика площа ділянки [1].

Для визначення економічної ефективності впровадження ТН був використаний показник «середньозважена собівартість теплової енергії за життєвий цикл» LCOH (Levelized Cost Of Heat), який визначається як постійна вартість генерації одиниці теплоти, яка дорівнює дисконтованим витратам, понесеним протягом усього життєвого циклу інвестиції. Основна розрахункова формула даного показника має вигляд [2]:

$$LCOH = \frac{\sum_{t=1}^N (I_t + M_t + F_t)}{\sum_{t=1}^N \frac{H_t}{(1+r)^t}}$$

t – поточний вік системи з початку спорудження; N – термін існування проекту; I_t – щорічні інвестиції; M_t – умовно постійні витрати на обслуговування та ремонт; F_t – умовно змінні витрати на ресурси – паливо, електроенергія, вода тощо; H_t – річне виробництво теплоенергії; r – ставка дисконтування.

Для визначення конкурентоспроможності авторами проведено дослідження середньозваженої собівартості теплоенергії від насосів «ґрунт-вода» та газової котельні для різних цін на електроенергію та ставок дисконту [2]. Розрахунки LCOH здійснено для ціни на електроенергію 1,68 грн/кВт·год (як для побутових споживачів) та 4,95 грн/кВт·год (середня ціна на електроенергію у вересні для бюджетних споживачів на Prozorro), ціни газу 7960 грн (побутові споживачі та теплокомуненерго), 16554 грн (бюджетні та релігійні організації) та 49989,6 грн (інші) за 1000 м³, усередненої по країні ціни доставки газу 1780 грн/1000 м³. Ставка дисконту 0% та 10 %. Для порівняння було обрано системи теплопостачання з вітчизняним та європейським тепловими насосами, розрахованими на теплопостачання невеликого будинку площею 50-60 м², з українським ТН потужністю 331 кВт, розрахованим на площу 4200 м², та

газовою котельнею з українським котлом потужністю 500 кВт. У опалювальному сезоні 2021-2022 рр. в Києві тариф на теплоенергію був 1654 грн/Гкал.

Результати розрахунків показують, що конкурувати з теплокомуненерго та газовими побутовими котлами вітчизняні ТН, розраховані як на невеликий приватний будинок, так і на велику споруду, можуть лише за відсутності ставок за кредит, дисконтної ставки 0% та ціни за електроенергію 1,68 грн/кВт·год. За наявності ставок за кредит, дисконтної ставки 10% або ціни 4,95 грн/кВт·год конкурувати з теплокомуненерго та газовими побутовими котлами можуть лише вітчизняні ТН, розраховані на споруди площею декілька тисяч квадратних метрів. Для бюджетних та релігійних організацій, які купляють природний газ за ціною 16554 грн/1000 м³, економічно доцільно використовувати український ТН потужність 331 кВт навіть за дисконтної ставки 10% та ціни на електроенергію 4,95 грн/кВт·год. Конкурентоспроможними за дисконтної ставки 0% також є малопотужні ТН український (ціна на електроенергію 1,68 та 4,95 грн/кВт·год) та європейський ТН (1,68 грн/кВт·год) і український ТН за дисконтної ставки 10% і ціни на електроенергію 1,68 грн/кВт·год. За ціни газу як для промислових споживачів конкурентоспроможними є всі з перелічених ґрунтових ТН, навіть європейський за умови дисконтної ставки 10% та ціни на електроенергію 4,95 грн/кВт·год. Таким чином, в результаті дослідження підтверджується конкурентоспроможність ґрунтових ТН в Україні, проте визначення оптимального для впровадження ТН необхідно здійснювати для кожного конкретного об'єкту.

Література

1. Ословський С.О. Аналіз комбінованих теплонасосних систем опалення та вентиляції з використанням низькотемпературних джерел енергії. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/27744/1/Oslovskiy_magistr.pdf
2. Станиціна В.В., Артемчук В.О. Перспективи впровадження деяких типів теплових насосів в Україні. *Електронне моделювання*. – 2022. – № 6. (в друці)

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ МУНІЦИПАЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ МІСТА ПОЛТАВА

*Степова О.В., д.т.н., проф., Степовий Д.Є., учень, Тристан А.А.,
НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,
м. Полтава, Україна
alenastepovaja@gmail.com*

Однією з гострих проблем сьогодення є екологічний стан атмосферного повітря українських міст, зокрема м. Полтава. За оцінками експертів Міжнародного форуму «Довкілля для Європи» місто Полтава визнана як самий