

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПЛОСКИХ КОЛЕКТОРІВ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ У ВОЛОГИХ ГРУНТАХ

Моркляник Б.В., Брездень Б.Є.

Національний університет «Львівська політехніка»
м. Львів, Україна

АНОТАЦІЯ: В статті розглянуто ефективність застосування плоских колекторів теплових насосів у вологих ґрунтах. Розраховано термін окупності теплового насоса. Зазначено основні проблеми, які виникають під час експлуатації теплового насоса з плоским колектором.

АННОТАЦИЯ: В статье рассмотрена эффективность применения плоских коллекторов тепловых насосов во влажных грунтах. Рассчитан срок окупаемости теплового насоса. Указаны основные проблемы, возникающие при эксплуатации теплового насоса с плоским коллектором.

ABSTRACT: The article deals with the efficiency of the flat collectors of heat pumps in wet soils. The payback period of heat pump is calculated. The main problems arising during heat pump's exploitation are shown.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: тепловий насос, плоский колектор

Сьогодні традиційні види палива (природний газ, нафта, вугілля тощо), що використовуються для енерго- та теплозабезпечення, спалюються на Землі в гігантській кількості. З одного боку, це завдає суттєвої шкоди екології навколишнього середовища, з іншого – запаси цих видів палива на нашій планеті стрімко зменшуються, що приводить до підвищення цін на енергоносії. Залучення в енергетичний баланс аграрної галузі теплових насосів (ТН) дозволить використовувати відновлювальні теплові ресурси низькопотенційної енергії та дасть змогу забезпечити скорочення енергетичного дефіциту і охорону довкілля. Енергетична доцільність застосування теплових насосів як енергоджерела переконливо

доведена результатами значної кількості наукових досліджень і досвідом експлуатації мільйонів ТН у багатьох країнах світу [1 – 3].

Сьогодні в світі успішно експлуатується понад 130 млн теплонасосних установок різного функціонального призначення, а загальний річний обсягом продажу становить понад \$125 млрд [3 – 6].

На рис. 1 наведено розподіл ТН залежно від виду джерела теплоти за 2012 р. у процентному співвідношенні.



Рис. 1. Розподіл ТН залежно від виду джерела теплоти у 2012 році

На рис. 2 наведено кількість встановлених ТН у Європі за 2012 рік. З нижченаведеної ілюстрації видно, що встановлення ТН різного функціонального призначення з використанням теплоти атмосферного повітря, води та ґрунту досягли позначки понад 755044 одиниць (дані наведені для 21 країни). До десятки лідерів країн з упровадження ТНУ входять: Франція, Італія, Швеція, Німеччина, Норвегія, Фінляндія, Іспанія, Данія, Швейцарія, Великобританія, у яких введено в експлуатацію 674389 одиниць агрегатів, що становить 89 %.

Ґрунт – це найбільш універсальне джерело розсіяного тепла. Він акумулює сонячну енергію і круглий рік підігрівається від земного ядра. При цьому, він завжди "під ногами" і здатний віддавати тепло незалежно від погоди. Адже на глибині близько 5...7 м температура практично постійна протягом всього року. Останнім часом в світі (особливо в провідних країнах Європи та США) набувають все більшої популярності

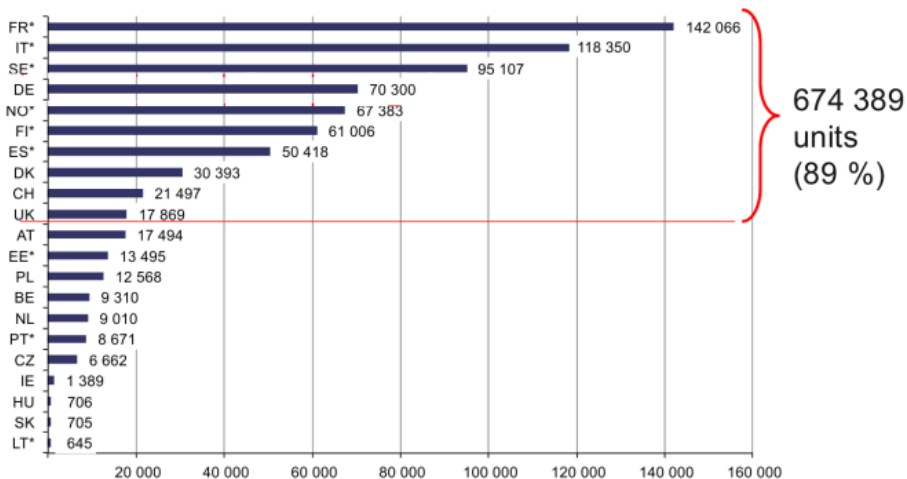


Рис. 2. Кількість встановлених теплових насосів у Європі за 2012 рік

грунтові ТН із плоскими колекторами. Наприклад, в штаті Південна Дакота зі столицею Пірр (США) протягом 2014 року було встановлено приблизно 425 ґрунтових ТН із плоскими колекторами. В цьому штаті мають популярність теплові помпи Water Furnace, які є лідерами американського ринку. Також встановлювались теплові насоси інших виробників: Nibe, Vaillant, Ochsner тощо. Того ж року в м. Гельсінкі та провінції Уусімаа (Фінляндія) встановили близько 170 ТН із плоскими колекторами. Із загального об'єму продажу геотермальних насосів близько 40% належить концерну Nibe, що представлений на фінському ринку двома брендами: Nibe – бренд концерну і Jama – бренд фінської компанії "Каукора", яка теж входить в концерн. А у Львові та Львівській області (Україна) за 2014 рік було зафіксовано продаж лише 1-го ТН з горизонтальним колектором компанією Стала Енергія (Львівська область). Інші компанії, що займаються збутом ТН, зокрема Теплоам та ПП "ЯрТа", не встановили жодного ТН з горизонтальним колектором протягом 2014 року. В каталозі перелічених компаній пропонуються ТН відомих американських, шведських та інших брендів.

Як бачимо Львів, Львівська область і Україна загалом відстають по встановленню ТН від розвинених країн світу. Це можна пояснити як об'єктивними факторами – розвиток енергетики в державі здійснювався в основному шляхом централізованого теплопостачання, так і суб'єктивними – недостатньою увагою конкретних підприємств до економії паливно-енергетичних ресурсів.

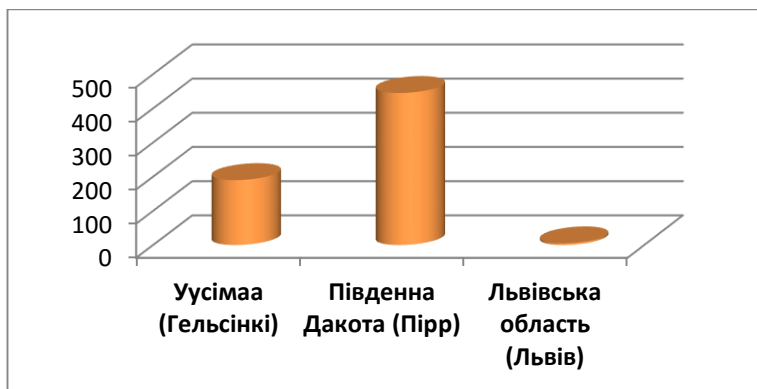


Рис. 3. Кількість встановлених ТН з горизонтальними колекторами в деяких містах світу протягом 2014 року

До головних причин відносяться також відсутність демонстраційного парку працюючих ТН та реклами їх переваг і відсутність державної підтримки при розробці, дослідженнях і впровадженні даного типу обладнання. Проте, згідно з «Концепцією розвитку паливно-енергетичного комплексу України на 2006 – 2030 роки» передбачається збільшення обсягу виробництва теплової енергії за рахунок термо-трансформаторів, теплових насосів і акумуляційних електронагрівачів з 1,7 млн. Гкал/рік в 2005 р. до 180 млн. Гкал/рік в 2030 р., тобто більше, ніж в 100 разів. Проте сьогоднішнє економічне становище України явно гальмує впровадження в реальність концепції [7].

Необхідність в перспективі влаштування ТН з горизонтальними колекторами в Україні можна довести такими перевагами: зменшення витрат невідновлювальних та використання відновлювальних джерел енергії; низькі експлуатаційні витрати в порівнянні з традиційним газовим опаленням (табл. 1); високі річні коефіцієнти ефективності експлуатації теплового насоса; тривалий термін служби без капітального ремонту; екологічно чиста технологія, відсутні викиди в атмосферу шкідливих речовин; безпека – відсутні такі джерела підвищеної небезпеки як вогонь та газ тощо.

Проте варто також зазначити і проблеми, зумовлені влаштуванням ТН з горизонтальними колекторами:

1) висока вартість ТН (20000...25000\$) і земляних робіт (колектор укладають на глибині нижче промерзання ґрунту), що окуповується через тривалий термін. В табл. 1 для однородинного будинку

в Україні площею 100...120 м² станом цін на газ та електроенергію за 2016 р. визначено наближений термін окупності ТН;

Таблиця 1

Термін окупності ТН в Україні станом цін на 2016 р.

Витрати	Газ (6,879 грн за 1 м ³)	ТН (57 коп. за 1 кВт·год)	Різниця (Δ)
Система + влаштування	1500\$	20000\$	18500\$
За 2016 р.	1200\$	240\$	960\$
До 2025 р. включно	12000\$	2400\$	9600\$
До 2035 р. включно	24000\$	4800\$	19200\$
До 2045 р. включно	36000\$	7200\$	28800\$

*Примітка: коефіцієнт ефективності ТН прийнято рівним 3,0.

2) потреба у великій технологічній площі (ця площа завжди більша від загальної опалювальної площі будівлі);

3) неможливість засадження чи забудови території над плоским колектором;

4) необхідно враховувати теплофізичні властивості ґрунту (теплопровідність, теплоємність і температуропровідність), його мінералогічний склад, а також глибину промерзання ґрунту;

5) слід враховувати вологість ґрунту основи. Ефективне застосування у вологих ґрунтах і менш ефективне у сухих та неефективне у скелястих. При влаштуванні горизонтального колектора в сухих ґрунтах зменшується питома потужність відбору тепла і збільшується необхідна площа для самого колектора (табл. 2).

Таблиця 2

Питома потужності відбору ґрунту з різних видів гірських порід

Назва ґрунту	Питома потужність відбору тепла q, [Вт/м ²]
Сухий пісок	10
Вологий пісок	15 – 20
Сухий суглинок	20 – 25
Вологий суглинок	25 – 30
Суглинок, насичений водою	35 – 40

Якщо порівняти витрати електроенергії на роботу ТН з плоским колектором і кількість виробленої ним теплової електроенергії в у.о. (\$) станом на 2016 р. для різних країн Європи, то бачимо, що Україна відстає по ефективності у зв'язку з нижчими цінами на електроенергію (рис. 4). На

рис. 4 прийнято ТН потужністю – 20 кВт·год, коефіцієнт ефективності ТН – 3, площа одноквартирного будинку 100...120 м².

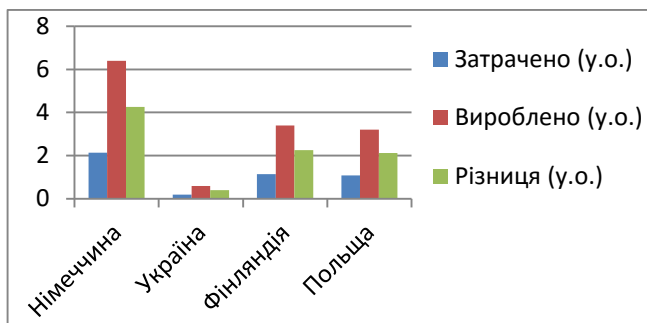


Рис. 4. Співвідношення в у.о. електрозатратності на роботу ТН потужністю 20 кВт·год і виробленої ним теплової електроенергії для деяких країн Європи (коэф. ефективності ТН = 3,0)

Проблеми, що виникають при експлуатації ТН з горизонтальними колекторами:

- 1) неможливість ремонту вже вкладених в основу труб внаслідок їх механічного пошкодження (землетрус);
- 2) слід враховувати явище морозного здимання ґрунту основи;
- 3) необхідно врахувати падіння температури ґрунтового масиву, що викликане багаторічним тепловідбором та використати для розрахунку температуру ґрунтового масиву, що очікується на п'ятий рік експлуатації;
- 4) проблема обліку впливу атмосферних явищ (роса, туман, дощ, сніг і т.д.) та обрахунок впливу на ґрунт тепла підстилаючих та оточуючих його шарів;
- 5) практично відсутній досвід експлуатації ТН з горизонтальними колекторами в Україні.

Розглянемо детальніше одну дуже важливу проблему з експлуатації ТН. Під час роботи плоского колектора теплового насоса в основах фундаментів будівель виникають температурні поля, що призводять до замерзання-розмерзання ґрунту. В результаті цього виникають об'ємні деформації ґрунту, що завдають пошкоджень (деформацій) фундаментам і надфундаментним спорудам. Очевидно, що більш значні деформації виникають у вологих ґрунтах, які при замерзанні збільшуються в об'ємі (приблизно 10%) внаслідок замерзання у них порової рідини. Явище замерзання води в ґрунті і утворення в ньому льодяних включень, полікристалів тощо називається морозним здиманням. При відтаюванні в цих ґрунтах відбувається зворотній процес, що супроводжується

осіданням і зниженням несучої здатності. Таким чином, фундаменти будівель зазнають циклічних підіймань при замерзанні та осідань при відтаюванні. Внаслідок цього виникають додаткові напруження на основи та фундаменти будівель, що обов'язково слід враховувати при проектуванні [8].

Підсумовуючи сказане, можна зробити висновки:

1. Україна значно відстає від розвинених країн світу за встановленням ТН з горизонтальними колекторами.
2. Необхідність економії невідновлювальних та використання відновлювальних джерел енергії в перспективі пришвидшить темпи впровадження ТН.
3. Станом цін на 2016 р. на енергоносії в Україні термін окупності ТН з горизонтальним колектором становить приблизно 20 років.
4. Робота плоских колекторів теплових насосів призводить до циклічного заморожування-розморожування ґрунтових основ. Це, своєю чергою, призводить до підйому та осідання фундаментів, що розташовані на цій основі. Тому, деформації, зумовлені заморожуванням-розморожуванням порової рідини основ, у яких розташовані плоскі колектори ґрунтових ТН, необхідно враховувати під час проектування основ фундаментів будівель і споруд.

Також варто зазначити, що в чинній на території України нормативній базі під час проектування не враховують явище морозного здимання, зумовленого роботою плоских колекторів ТН.

ЛІТЕРАТУРА

1. О рациональном использовании теплонасосных технологий в экономике Украины / [Ю.М. Мацевитый, Н.Б. Чиркин, Л.С. Богданович, А.С. Клепанда] // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2007. – №3. – С. 20 – 31.
2. Greg Pahl Magic heat pumps / Greg Pahl // Energy and environment. – 2006. – №6. – P. 95 – 102.
3. Renewable Energy Road Map, Renewable energies in the 21st century: building a more sustainable future, COM Brusel, 2007.
4. European Heat Pump Association (EHPA) [Електронний ресурс] // Режим доступу – <http://www.ehpa.org/>.
5. Мальований М.С. Світовий досвід, переваги та недоліки застосування теплових насосів у теплоенергетиці України / М.С. Мальований, О.Ю. Берлінг // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – №3. – С. 89 – 94.
6. Попов А. В. Новейшие возможности использования тепловых насосов / А.В. Попов // Промышленная энергетика. – 2010. – № 4. – С. 46 – 50.

7. "Стратегія розвитку паливно-енергетичного комплексу України до 2030 року". – Офіц. Вид. – К.: М-во палива та енергетики України, 2006. – 129 с.
8. Моркляник Б.В. Закономірності деформування геомеханічної системи "Фундамент – ґрунтовий масив" в зоні дії колектора теплового насоса: монографія / Моркляник Б.В. – Львів: Захід-друк, 2015. – 272 с.

REFERENCES

1. About the rational using of heat pump technology in the economy of Ukraine / [Y.M. Matsevitiy, N.B. Chirkin, L.S. Bogdanovich, A.S. Klepanda] // Energy saving. Energy. Energy audit. – 2007. – № 3. – pp. 20 – 31.
2. Malovaniy M.S. World experience, advantages and disadvantages of heat pumps using in the power system of Ukraine / M.S. Malovaniy, O.Y. Berling // Herald of Vinnitsa Polytechnic Institute. – 2012. – № 3 – pp. 89 – 94.
3. Popov A.V. The latest possibility of heat pumps using / A.V. Popov // Industrial energy. – 2010. – № 4. – pp. 46 – 50.
4. "The strategy of fuel and energy complex of Ukraine 2030". – Offic. Pub. – К.: Ministry of Fuel and Energy of Ukraine, 2006. – 129 p.
5. Morklyanyk B.V. Deformation geomechanical system "foundation-soil mass" in the area of the collector of heat pump. Monograph. – Lviv: West-press, 2015. – 272 p.
6. Popov A.V. Noveishie vozmozhnosti ispolzovaniia teplovykh nasosov [The latest possibility of heat pumps using]. Promyshlennaia enerhetika – Industrial energy, 2010, № 4, pp. 46 – 50 [in Russian].
7. "Stratehiia rozvytku palyvno-enerhetychnoho kompleksu Ukrainy do 2030 roku" ["The strategy of fuel and energy complex of Ukraine 2030"]. Kyiv: M-vo palyva ta enerhetyky Ukrainy – Ministry of Fuel and Energy of Ukraine, 2006, 129 p. [in Ukrainian].
8. Morklianyk B.V. Zakonomirnosti deformuvannia geomechanichnoi systemy "Fundament – gruntovyi masyv" v zoni dii kolektora teplovoho nasosa [Deformation geomechanical system "Foundation-soil mass" in the area of the collector of heat pump]. Monohrafiia – Lviv: Zahid-druk – West-press, 2015, 272 p. [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 28.07.2016 р.