

Література

1. Obanijesu, E.O., Akindeju, M.K., Pareek, V. and Tade, M.O. (2011 a). Modeling the Natural Gas Pipeline Internal Corrosion Rate as a Result of Hydrate Formation, Elsevier 21st European Symposium on Computer-Aided Process Engineering, (Part B). – Pp. 1160-1164.
 2. Мазур М.П. Втома та корозійна втома матеріалу газопроводів з урахуванням гідратування / М.П. Мазур // Проблеми корозії та протикорозійного захисту конструкційних матеріалів : матер. XIII Міжнар. наук.-практ. конф. – 2016. – С. 338-340.
 3. Maruschak, P., Poberezhny, L., and Pyrig, T. (2013). Fatigue and brittle fracture of carbon steel of gas and oil pipelines. *Transport* 28(3). – Pp. 270-276.

Надійшла до редакції 17.10.2016 р.

Побережний Л.Я., Грицанчук В.В., Грицанчук А.В. Коррозионно-механическое разрушение труб выкидных линий скважин под действием газовых гидратов

Проведены усталостные испытания на воздухе и в коррозионной среде (0,05 моль/л NaCl + 0,05 моль/л Na₂SO₄) для трубных сталей марки 17ГС, так и Ст20. Зафиксирована трехстадийная кинетика деформации стали трубопровода. Влияние газогидратов на относительную продолжительность стадий низкочастотной усталости проявляется в уменьшении третьей стадии, соответствующей работе в режиме ограниченной функциональности. В дальнейшем нужно продолжить исследования процессов гидратной коррозии для разработки эффективных и экологически безопасных способов и средств предотвращения их образованию.

Ключевые слова: трубопровод, выкидная линия, газовый гидрат, деградация, кинетика усталости.

Poberezhny L.Ya., Hrytsanchuk V.V., Hrytsanchuk A.V. Corrosion-mechanical Destruction of the Pipe Lines of Flow Well Under the Influence of Gas Hydrates

Fatigue tests conducted in air and in corrosive environment (0,05 mol/l NaCl + 0,05 mol/l Na₂SO₄) for steel 17GS and for St20 showed three-stage kinetics of deformation of the steel pipe. Influence of gas hydrates on the relative duration of the low-frequency stages of fatigue is a decrease in the third stage, the relevant work with limited functionality. Further research is necessary to extend the hydration process of corrosion to develop efficient and environmentally friendly ways and means to prevent their formation.

Keywords: pipeline, delivery line, gas hydrate, degradation, fatigue kinetics.

УДК 624.[15+131]

ТЕХНИКО-ЕКОНОМІЧНІ ПРИНЦИПИ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ З ГОРИЗОНТАЛЬНИМИ ТА ВЕРТИКАЛЬНИМИ КОЛЕКТОРАМИ

Б.В. Моркляник¹, Б.С. Брездень², П.О. Проценко³

Розглянуто ефективність застосування теплових насосів з горизонтальними і вертикальними колекторами. Наведено найважливіший техніко-економічний показник теплового насоса – коефіцієнт його ефективності. Побудовано графіки залежності питомої потужності відбору тепла ґрунту від його вологості та виду для горизонтального та вертикального колекторів теплового насоса. Розраховано наближений термін окупності

¹ проф. Б.В. Моркляник, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка";

² аспір. Б.С. Брездень – НУ "Львівська політехніка";

³ аспір. П.О. Проценко – НУ "Львівська політехніка"

теплового насоса. Показано співвідношення електрозатратності на роботу теплового насоса та виробленої ним теплової електроенергії для деяких країн Європи. Зазначено основні недоліки теплових насосів з горизонтальними та вертикальними колекторами.

Ключові слова: тепловий насос, горизонтальний колектор, вертикальний колектор, вологість ґрунту.

Вступ. На сьогодні у світі успішно експлуатуються сотні мільйонів теплонасосних установок різного функціонального призначення (рис. 1), а загальний річний обсяг продажу становить понад 125 млрд дол. [1, 2].



Рис. 1. Розподіл установлених теплових насосів у 2012 р. залежно від джерела тепла

Упродовж 2012 р. встановлено чимало теплових насосів (рис. 2), із яких третє місце займають теплові насоси (ТН) із ґрунтовими колекторами. З кожним роком їх встановлюють дедалі більше, адже ґрунт – це найбільш універсальне джерело розсіяного тепла. Він акумулює сонячну енергію і цілий рік підігрівається від земного ядра. Ґрунт здатний віддавати тепло незалежно від погоди, адже на глибині, нижчій від глибини промерзання, температура практично незмінна протягом усього року.

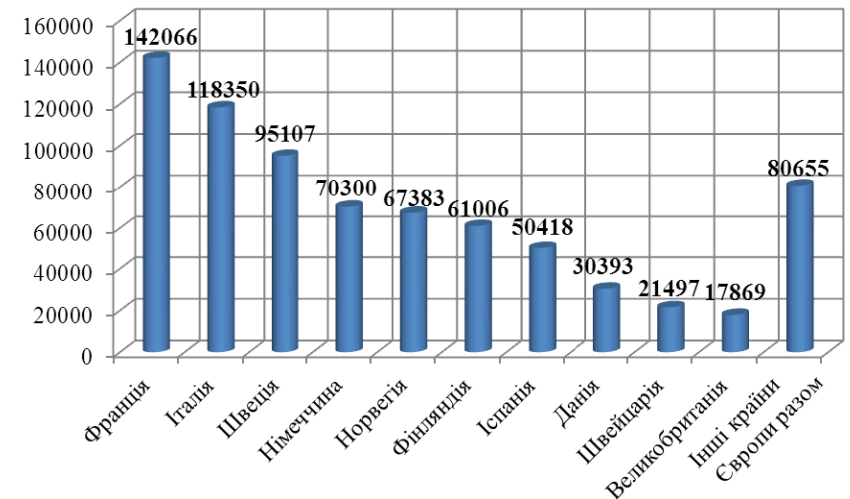


Рис. 2. Кількість установлених теплових насосів у країнах Європи за 2012 р.

Потребу влаштування у близькому майбутньому ґрунтових теплових насосів з горизонтальними та вертикальними колекторами в Україні можна довести такими перевагами: зменшення витрат невідновлюваних і використання відновлюваних джерел енергії; низькі експлуатаційні витрати порівняно із традиційним газовим опаленням; 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. Енергетичну доцільність застосування теплових насосів як енергоджерела переконливо підтверджено результатами значної кількості наукових досліджень і досвідом експлуатації мільйонів ТН у багатьох країнах світу [3].

Виклад основного матеріалу. Найважливішим техніко-економічним показником ТН є його коефіцієнт ефективності, який на пряму залежить від питомої потужності відбору тепла з ґрунту, яка, водночас, залежить від його теплопровідності. Теплопровідність ґрунту залежить від виду ґрунту, його вологості та питомої ваги [5]. Під час проектування теплового насоса потрібно врахувати, що ефективне його застосування у вологих ґрунтах (суглинок і глина), менш ефективне у сухих та неефективне у скелястих ґрунтах (чим більша вологість – тим краща теплопровідність ґрунту).

Спираючись на американський досвід [4], виконано аналіз залежностей величини теплового потоку від деяких факторів, що впливають на нього. Це дозволило визначити питоме значення теплового потоку q_{Γ} що надходить від ґрунту до горизонтального колектора ТН у вигляді

$$q_{\Gamma} = (1,4\lambda - 0,5) \cdot \left(\frac{W_x}{W_m} + 1\right) \cdot (t_{ep} - t_x), (1)$$

де: λ – теплопровідність ґрунту, Вт/(°С·м); W_x та W_m – кількість холоду та тепла, що відбирається від ґрунту за рік, виражені в однакових одиницях вимірювання; t_{ep} – температура ґрунту в природному стані, °С; t_x – середня температура рідини, що охолоджує ґрунт, °С.

Аналогічно, опираючись на існуючий досвід [4], можна визначити питоме значення теплового потоку q_B , що надходить від ґрунту до вертикального колектора ТН, за формулою

$$q_B = (1,4\lambda - 0,5) \cdot k \cdot \left(\frac{W_x}{W_m} + 1\right) \cdot (t_{ep} - t_x), (2)$$

де k – коефіцієнт, що дорівнює 1,0 за опускання у свердловину одної U-подібної труби та $k = 1,28$, якщо дві труби.

За формулами (1) та (2) обчислено питомі потужності відбору ґрунту для Львова у грудні ($t_{ep} = 10,2$ °С на глибині 3,2 м [6]) за методикою [4] та даними значеннями теплопровідності для різних ґрунтів за різної вологості і сталої питомої ваги, яка дорівнює $1,4$ т/м³ [5]. Результат подано у графічній формі (рис. 3).

Як видно з графіків (див. рис. 3) за оптимальної вологості ґрунту (10-30 % залежно від виду ґрунту) можна досягнути високого коефіцієнта ефективності

ТН з горизонтальним або вертикальним колектором ($k = 3...4$), який підтверджує його економічність під час експлуатації.

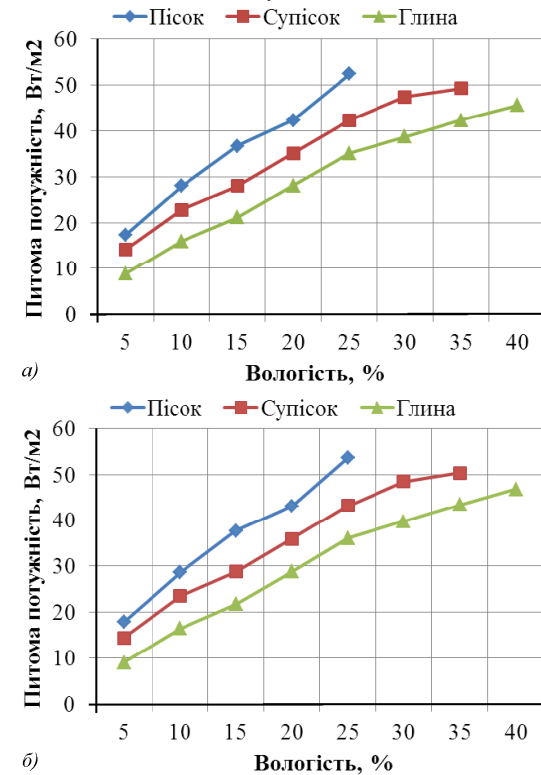


Рис. 3. Питома потужність відбору тепла залежно від вологості та виду ґрунту: а) для горизонтального, б) для вертикального колектора

Оскільки опалення за допомогою ТН із ґрунтовим колектором є дешевшим від традиційного газового опалення, то доцільно визначити термін окупності ТН (за методикою [7]), враховуючи його високу собівартість та витрати на влаштування (табл.).

Табл. Приблизний термін окупності ТН в Україні станом цін на травень 2016 р.

Витрати	Система + влаштування	за 1 рік	за 10 років	за 20 років	за 30 років
Газ (6,879 грн за 1 м ³)	1500 дол.	1100 дол.	11000 дол.	22000 дол.	33000 дол.
ТН (57 коп. за 1 кВт·год)	20000 дол.	300 дол.	3000 дол.	6000 дол.	9000 дол.
Різниця (Δ)	-18500 дол.	800 дол.	8000 дол.	16000 дол.	24000 дол.

Примітка: коефіцієнт ефективності ТН прийнято рівним 3,0.

Термін окупності ТН може становити понад 20 років, що пояснюється складним економічним становищем і невдалою політикою країни. Порівняємо ефективність експлуатації ТН у різних країнах Європи, враховуючи відповідні тарифи на електроенергію (рис. 4).

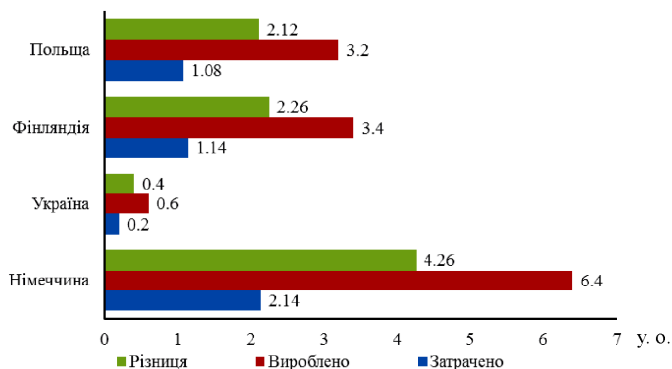


Рис. 4. Співвідношення в у.о. електрозатратності на роботу ТН потужністю 20 кВт і виробленої ним теплової електроенергії для деяких країн Європи (коэф. ефективності ТН = 3,0)

Як бачимо з рис. 4, Україна станом на 2016 р. за ефективністю використання ТН значно поступається провідним країнам Європи, проте згідно з "Концепцією розвитку паливно-енергетичного комплексу України на 2006-2030 роки" передбачено збільшення обсягу виробництва теплової енергії за рахунок термотрансформаторів, теплових насосів і акумуляційних електронагрівачів, внаслідок чого повинно вирішитись і економічне питання.

Попри перераховані вище переваги, треба врахувати і недоліки ТН:

- ТН з горизонтальними колекторами: потреба у великій технологічній площі (ця площа завжди більша від загальної площі опалювальної будівлі); неможливість ремонту вже вкладених в основу труб;
- ТН з вертикальними колекторами: високі інвестиційні витрати; влаштування ґрунтових зондів є можливим не у всіх регіонах України (наприклад, це недоцільно в тих регіонах, де скельні ґрунти залягають поблизу денної поверхні).

Висновки. Сьогодні ґрунтові ТН з горизонтальними і вертикальними колекторами встановлюють і успішно експлуатують у всіх провідних країнах світу. Україна значно відстає і має незначний досвід з експлуатації ґрунтових ТН. Проте згідно з "Концепцією розвитку паливно-енергетичного комплексу України на 2006-2030 роки" обсяг виробництва теплової енергії за рахунок ТН повинен зрости більше ніж у 100 разів.

Під час проектування ТН з горизонтальними і вертикальними колекторами потрібно враховувати вологість, теплопровідність і вид ґрунту. Потім треба визначити питому потужність відбору ґрунту, що дасть змогу встановити коефіцієнт ефективності ТН. Також під час проектування варто враховувати і недоліки, які виникають як під час влаштування ТН (перелічені вище), так і у процесі його експлуатації.

Література

1. Greg Pahl. Magic heat pumps / Greg Pahl // Energy and environment. – 2006. – № 6. – Pp. 95-102.
2. Мацевитий Ю.М. О рациональном использовании теплонасосных технологий в экономике Украины / Ю.М. Мацевитый, Н.Б. Чиркин, Л.С. Богданович, А.С. Клепанда // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит : сб. науч. тр. – 2007. – № 3. – С. 20-31.

3. Мальований М.С. Світовий досвід, переваги та недоліки застосування теплових насосів у теплоенергетиці України / М.С. Мальований, О.Ю. Берлінг // Вісник Вінницького політехнічного ін-ту : зб. наук. праць. – 2012. – № 3. – С. 89-94.

4. Stephen P. Kavanaugh. Kevin Rafferty. Ground-Source Heat Pumps / P.Stephen. ASHRAE. 1997. – 346 p.

5 : посібник з проектування інженерних систем житлових і громадських будинків з тепловими насосами. – К. : Вид-во "Либідь", 2010. – 82 с.

6. Моркляник Б.В. Закономірності деформування геомеханічної системи "Фундамент – ґрунтовий масив" в зоні дії колектора теплового насоса : монографія / Б.В. Моркляник. – Львів : Вид-во "Захід-друк", 2015. – 272 с.

7. ION Energosberezhenie.com. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.energосberezhenie.com>.

Надійшла до редакції 28.10.2016 р.

Моркляник Б.В., Брезден Б.Е., Проценко П.А. Технико-экономические принципы проектирования тепловых насосов с горизонтальными и вертикальными коллекторами

Рассмотрена эффективность применения тепловых насосов с горизонтальными и вертикальными коллекторами. Приведен важнейший технико-экономический показатель теплового насоса – коэффициент его эффективности. Построены графики зависимости удельной мощности отбора тепла почвы от его влажности и вида для горизонтального и вертикального коллекторов теплового насоса. Рассчитан приближенный срок окупаемости теплового насоса. Показано соотношение электрозатратности на работу теплового насоса и производимой им тепловой электроэнергии для некоторых стран Европы. Указаны основные недостатки тепловых насосов с горизонтальными и вертикальными коллекторами.

Ключевые слова: тепловой насос, горизонтальный коллектор, вертикальный коллектор, влажность почвы.

Morklianyk B.V., Brezden B.Ye., Protsenko P.O. Technical and Economic Design Principles of Heat Pumps with Horizontal and Vertical Collectors

The article deals with the efficiency using of heat pumps with horizontal and vertical collectors. The most important technical and economic performance of heat pump – the coefficient of efficiency is considered. Diagrams of dependence between a heat power selection from the soil and its humidity and type for horizontal and vertical collectors of heat pump are constructed. The approximative payback period of heat pump is calculated. A correlation between electrical heat pump's work and thermal energy that made by it for some European countries is shown. The main problems of heat pumps with horizontal and vertical collectors are listed.

Keywords: heat pump, horizontal collector, vertical collector, humidity of the soil.

УДК 674:621.928.93

ЧИННИКИ КОМПЛЕКСНОГО ВИРІШЕННЯ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ЗНЕПИЛЕННЯ НА ДЕРЕВООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Ю.Р. Дадак¹, А.В. Ляшеник²

Визначено чинники, які формують екологічну ефективність процесів знепилення на підприємствах деревообробної галузі, та встановлено їх взаємозв'язок з метою прийняття ефективних рішень на основі запропонованого "трикутника компромісів". Обґрунто-

¹ доц. Ю.Р. Дадак, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів;

² доц. А.В. Ляшеник, канд. техн. наук – Коломийський політехнічний коледж