

О. О. Савченко, В. М. Желих, К. А. Дуднік, О. М. Конончук,
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ТЕХНІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВЛАШТУВАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПАСИВНИХ БУДИНКІВ

© Савченко О. О., Желих В. М., Дуднік К. А., Конончук О. М., 2015

Впровадження у будівництві концепції пасивного будинку дає змогу заощадити традиційні види палива. Як енергетичні ресурси систем життєзабезпечення пасивних будинків використовують альтернативні джерела енергії. В Україні значну увагу звернуто на використання сонячної енергії для гарячого водопостачання та низько потенційної теплоти ґрунту для опалення.

Для підтримання допустимих метеорологічних та санітарно-гігієнічних параметрів у пасивному будинку необхідно передбачати механічну систему вентиляції. Для попереднього нагрівання зовнішнього повітря доцільно використовувати низькопотенційну енергію Землі, тому такі системи називаються системами геотермальної вентиляції. На цей час впровадження таких систем потребує широких параметричних досліджень, розроблення та впровадження методик інженерного розрахунку, всебічного вивчення можливості ефективної їх експлуатації.

Розглянуті технічні передумови використання ґрунтових теплообмінників у геотермальних системах вентиляції та наведені результати аналітичних досліджень визначення температури ґрунту на різних глибинах протягом року. Отримано графічні залежності температури ґрунту від місяця року за заданих глибин прокладання теплообмінника. За результатами досліджень визначено рекомендовану глибину вкладання ґрунтових теплообмінників для Львова.

Ключові слова – пасивний будинок, геотермальна вентиляція, ґрунтовий теплообмінник, температура ґрунту.

The implementation of the concept of passive house construction allows you to save conventional fuels. Alternative energy sources are used as energy resources of life-support systems of passive houses. In Ukraine, much attention is paid to using the solar energy for hot water supply and low potential energy of soil for heating.

To maintain acceptable meteorological and sanitary and hygienic parameters in a passive house must anticipate mechanical ventilation system. To previous preheat outside air is advisable to use low potential energy of the Earth. That is why such systems are called geothermal systems ventilation. Currently, the implementation of such systems requires extensive parametric studies, development and implementation of engineering calculation methods, a comprehensive study of the possibilities of effective exploitation.

Technical prerequisites of use ground-air heat exchanger of geothermal ventilation and the results of analytical studies determining the temperature of the soil at different depths during the year are shown in the article. The graphical dependence of soil temperature during year for different values of depths of the heat exchanger laying are obtained. According to the research the recommended depth of laying of ground-air heat exchangers for Lviv was determined.

Key words: passive house, geothermal ventilation, ground-air heat exchanger, soil temperature.

Вступ

Останнім часом Україна значно відчула залежність від традиційних енергоресурсів: природного газу, кам'яного вугілля, мазуту, тощо. Дефіцит паливно-енергетичних ресурсів безпосередньо впливає на безперебійну роботу систем життєзабезпечення будівель житлової, громадської, комунально-побутової сфери, а також промислових підприємств. Припинення подання

паливних ресурсів загрожує виходу з ладу інженерних мереж у спорудах, зокрема системи опалення, вентиляції, гарячого водопостачання, газопостачання, електропостачання, а також технологічних процесів промислових підприємств.

Використання нетрадиційних джерел енергії: енергії Сонця, вітру, низькопотенційної енергії Землі, відходів життєдіяльності людей та тварин, дає змогу уникнути такої залежності. У світі ще з 1988 року розроблено концепцію пасивного будинку, який характеризується малим споживанням енергоносіїв. Загальне споживання первинної енергії для всіх побутових потреб пасивного будинку не повинно перевищувати 120 кВт год/(м²·рік) [1]. Забезпечення потреб систем опалення, гарячого водопостачання, вентиляції здійснюється за рахунок використання альтернативних джерел енергії. Так, для систем опалення та гарячого водопостачання використовуються сонячні колектори та теплові помпи, а в системах вентиляції обов'язковою вимогою є встановлення теплообмінних пристроїв. Теплообмінники дають змогу нагріти зовнішнє припливне повітря за рахунок тепла викидного повітря, використовуючи додаткову електричну енергію. Для зменшення споживання електричної енергії доцільно використовувати ґрунтові теплообмінники попереднього підігріву зовнішнього повітря.

Мета роботи: визначити технічні передумови використання ґрунтових теплообмінників у Львові для попереднього нагрівання зовнішнього припливного повітря системи вентиляції в холодний період року.

Аналіз останніх досліджень

Використання низькопотенційної енергії Землі відоме давно, останнім часом широко застосовують під час роботи теплових насосів типу “ґрунт–вода” або “ґрунт–повітря”. Принцип дії ґрунтових теплообмінників для теплових насосів такий самий, як і теплообмінників для геотермальної вентиляції. Система геотермальної вентиляції працює так, як зображено на рис. 1. Через повітрязабірну шахту повітря після очищення у фільтрі надходить у систему вентиляції. У холодний період року зовнішнє припливне повітря через стінки теплообмінника нагрівається від ґрунту, а потім подається на догрівання у рекуператор, у теплий період року навпаки – зовнішнє повітря, яке необхідне для забезпечення санітарно-гігієнічних та метеорологічних параметрів у приміщеннях, охолоджується за рахунок теплоти ґрунту та подається в будинок.

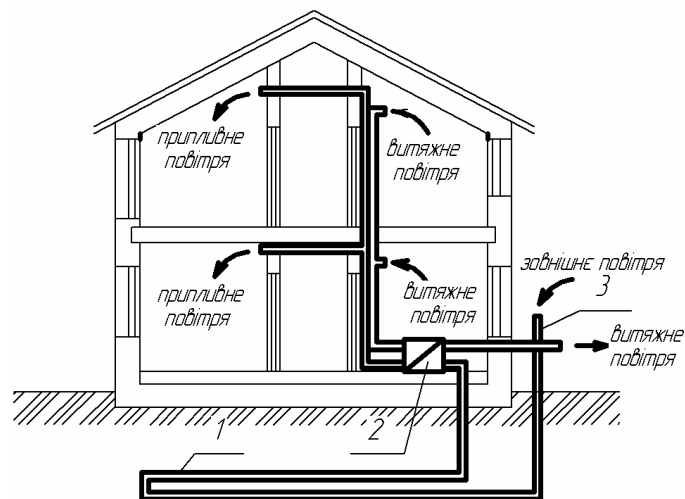


Рис. 1. Принципова схема геотермальної вентиляції пасивного будинку
1 – горизонтальні ґрунтові теплообмінники, 2 – рекуператор,
3 – забірна вентиляційна шахта

Трубопровід ґрунтового теплообмінника виконують з матеріалу, який має високий коефіцієнт теплопровідності, що дає змогу забезпечувати високоефективну тепловіддачу від ґрунту до повітря у теплообміннику. Для виконання санітарно-гігієнічних вимог на внутрішню поверхню

теплообмінника наносять спеціальне покриття, яке усуває можливість утворення бактерій як на внутрішній поверхні трубопроводу, так і у вентиляційному повітрі.

Обладнання ґрунтових теплообмінників має бути герметичним для запобігання надходженню в систему шкідливих речовин з ґрунту. Під час роботи геотермальної вентиляції у теплообмінниках може утворюватися конденсат, тому необхідно передбачити заходи із його видалення. Найчастіше у найнижчій точці системи влаштовують конденсатозбірник, видалення води з нього може здійснюватися за допомогою помпи за сигналом давача або самопливом безпосередньо у каналізацію будинку.

Залежно від необхідної продуктивності системи вентиляції розрізняють три види вкладання ґрунтових теплообмінників (рис.2): кільцева схема, схема Тихельмана та вкладання змійовиком.

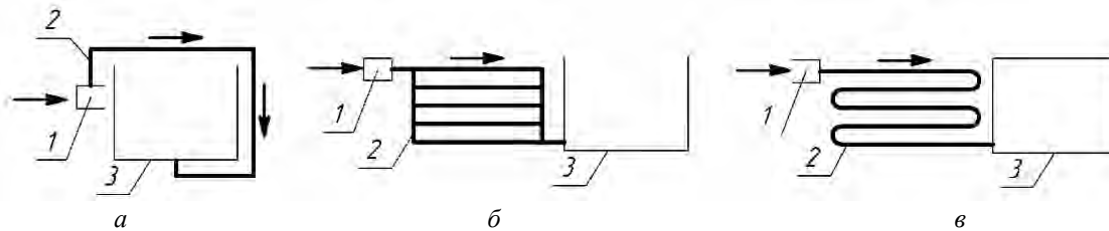


Рис. 2. Схеми вкладання ґрунтових теплообмінників за геотермальної вентиляції
 а – кільцеве вкладання, б – укладання за схемою Тихельмана, в – укладання змійовиком,
 1 – повітрязбірна шахта, 2 – ґрунтовий теплообмінник, 3 – будинок

Кільцеве вкладання ґрунтових теплообмінників рекомендується для односімейних будинків, необхідний повітрообмін яких знаходиться в діапазоні 120–250 м³/год. Головним критерієм розрахунку обладнання геотермальної вентиляції таких будинків є запобігання замерзанню рекуператора системи вентиляції. Довжина теплообмінника для забезпечення цієї умови становить 30–50 м, тому ґрунтовий теплообмінник доцільно прокладати навколо фундаменту на стадії будівництва споруди [2].

Для будинків, які потребують великої кількості припливного повітря, трубопроводи прокладають двома способами: за схемою Тихельмана та прокладання змійовиком. Залежно від кількості трубок у теплообміннику та їх довжини можна забезпечити необхідну температуру припливного повітря на виході з теплообмінника у заданих межах. Такі схеми для прокладання теплообмінників потребують великих земельних ділянок.

Рекомендована глибина прокладання ґрунтових теплообмінників у країнах Європи становить 1,5–2,5 м. Такий діапазон глибин визначається незначними змінами температур ґрунту протягом року (рис. 3), які дають змогу стабільно працювати теплообмінникам незалежно від пори року. Як видно з рис. 3, коливання температур на вказаних глибинах відбувається в межах 7–12 °С.

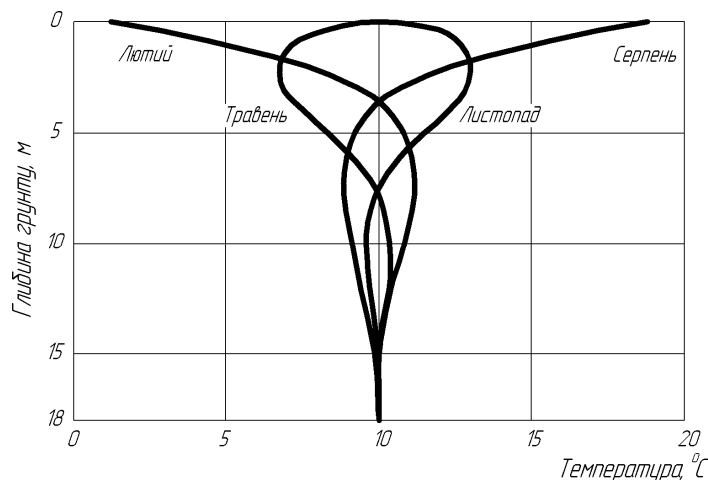


Рис. 3. Залежність температури ґрунту від глибини прокладання трубопроводів протягом року [3]

Значення температури ґрунту залежно від глибини вкладання теплообмінника є одним з визначальних факторів під час проектування геотермальної системи вентиляції, оскільки саме ця величина визначає кількість теплоти, що передається від ґрунту до повітря у теплообміннику.

Результати досліджень температури ґрунту в Україні широко подано для глибин до 20 см, оскільки це є досить важливим для сільського господарства. Дані про температуру ґрунту на різних глибинах для міст України наводяться лише для деяких міст [4, 5], проте глибина в них обмежується значенням 1,6 м. Наведені результати досліджень [6, 7] відрізняються, тому потребують подальшого вивчення.

Результати досліджень

Тепловий режим ґрунту формується під впливом двох основних факторів – падаючої на поверхню сонячної радіації та потоком радіогеенного тепла земних надр. На ґрунт глибиною до 1,5 м суттєво впливають сезонні та добові зміни інтенсивності сонячної радіації та температура зовнішнього повітря. Ґрунт на глибині нижче ніж 10 м майже не піддається впливу сезонним коливанням температур. За глибини ґрунту понад 15–20 м тепловий режим шарів ґрунту формується під впливом теплової енергії, що надходить із надр Землі та практично не залежить від сезонних, а тим більше добових змін параметрів зовнішнього клімату.

Передача тепла у товщі ґрунту залежить від багатьох характеристик ґрунтів: коефіцієнту теплопровідності, густини, вологості та питомої теплоємності.

Швидкість зміни температури внаслідок поглинання чи віддачі тепла, що надходить від земних надр, характеризується величиною температуропровідності ґрунтів a . Коефіцієнт температуропровідності, $\text{м}^2/\text{с}$, визначають за формулою:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho \cdot C}, \quad (1)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності ґрунту, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, ρ – густина ґрунту, $\text{кг}/\text{м}^3$, C – питома теплоємність ґрунту, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$.

Для відомих характеристик ґрунту та глибини вкладання теплообмінників температуру ґрунту можна визначити за залежністю [8]:

$$T_{gp}(h, t) = \overline{T}_{gp} - A \cdot e^{-h \sqrt{\frac{\pi}{365a}}} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{365} \left[t - t_0 - \frac{h}{2} \sqrt{\frac{365}{\pi \cdot a}} \right]\right), \quad (2)$$

де h – глибина, м; \overline{T}_{gp} – середньорічна температура поверхні ґрунту, приймається такою, що дорівнює середньорічній температурі зовнішнього повітря для вибраного регіону, $^{\circ}\text{C}$; t – порядковий номер дня року; A – річна амплітуда коливань температури поверхні ґрунту, $^{\circ}\text{C}$; a – температуропровідність ґрунту, $\text{м}^2/\text{добу}$; t_0 – фазова константа, дні. Річні максимум і мінімум запізнюються на 20–30 діб на кожний 1 м глибини. Так, на глибині 5 м мінімальна температура спостерігається не у січні, а у травні, а максимальна – не у липні, а у жовтні. [9]

Використовуючи формулу (2) для м. Львова визначено температури ґрунту на глибині 1,5–5 м для місяців року. Дані розрахунків показані на рис. 4.

Як видно з рис. 4, амплітуда коливання температури ґрунту зі збільшенням глибини зменшується від 10°C на глибині 1,5 м до $4,5^{\circ}\text{C}$ на глибині 5,0 м. Отже, зі збільшенням глибини прокладання теплообмінників забезпечується рівномірність роботи системи геотермальної вентиляції, на яку мало впливають добові коливання зовнішнього повітря. Запізнення проникання теплоти до шарів ґрунту призводить до того, що максимальна температура ґрунту спостерігається для місяців холодного періоду року. Це дає змогу ефективно використати теплоту Землі для попереднього нагрівання припливного повітря геотермальної вентиляції в холодний період року. Отримані дані збігаються із наведеними вище результатами досліджень (рис. 3).

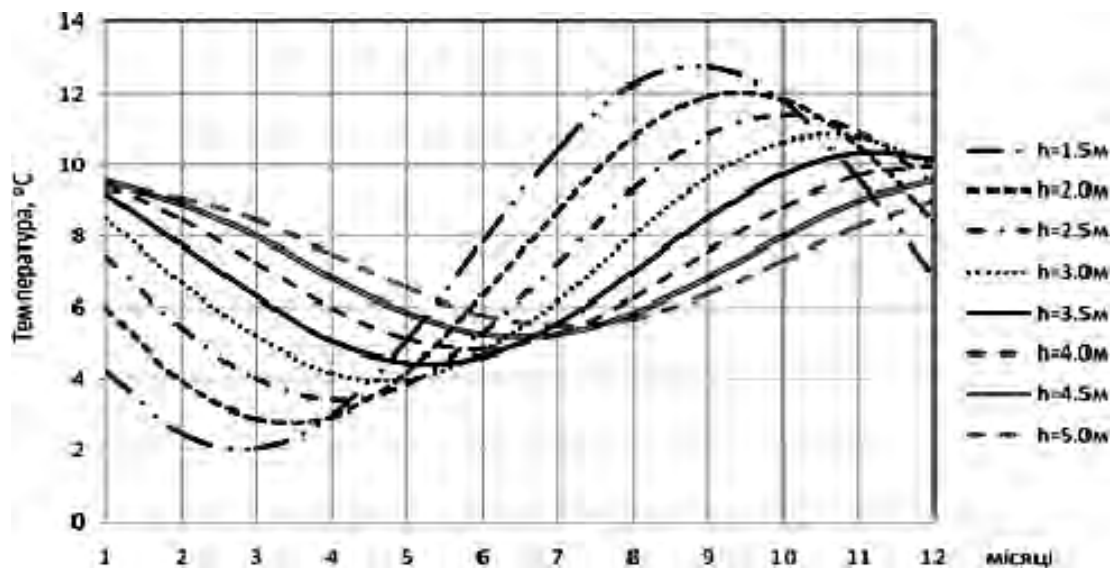


Рис. 4. Зміна температури ґрунту від глибини протяго року для м. Львів

Висновок

У результаті проведеного аналізу отриманих даних встановлено, що для січня максимальна температура на глибині 4,5 м, а для лютого та березня – на глибині 5,0 м. Різниця між значеннями температури ґрунту на глибинах 4,0–5,0 м для лютого і березня є незначною. Так, розглянуто технічні передумови використання ґрунтових теплообмінників для м. Львова та визначено рекомендовану глибину їх прокладання, яка становить 3,5 м.

1. Вольфганг Файст. Основные положения проектирования пассивных домов. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 320 с. 2. AWADUKT THERMO ґрунтовые теплообменники системы вентиляции. Техническая информация 342100/3 ru. – М., 2009. – 40 с. 3. Принцип работы ґрунтового геотермального тепло насоса [Електронний ресурс] / Группа компаний “Теплосвіт Захід” (сайт). – Режим доступу : teplovit.biz.ua/a181667-printsip-raboty-gruntovogo.html – Назва з екрана. 4. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей / под ред. инж. А. А. Николаева. – М. : Изд-во литературы по строительству, 1965. – 360 с. 5. Таблица зависимости температуры ґрунта от глубины и местоположения [Електронний ресурс] / Инженерный портал e-boiler (сайт). – Режим доступу : <http://www.e-boiler.ru/tablitza-zavisimosti-temperatury-grunta-ot-glubiny-i-mestopolozheniya> – Назва з екрана. 6. Кідрук М. І. Моделювання та оптимізація систем теплопостачання будівель з використанням відновних джерел енергії (тепловий насос та сонячний колектор). Частина 2. Моделювання роботи ґрунтового колектора теплового насоса [Електронний ресурс] / Инженерный портал e-boiler (сайт). – Режим доступу : <http://progress21.com.ua/ru/articles/groundcollector> – Назва з екрана. 7. Тарасова В. А. Моделирование тепловых режимов совместной работы ґрунтового теплообменника и теплонасосной установки / В. А. Тарасова, Д. Х. Харлампиди, А. В. Шерстюк // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – С. 34–40. 8. Akubue Jidefor Anselm. Earth Shelters; A review of Energy Conservation Properties in Earth Sheltered Housing [Електронний ресурс] / Intex (сайт). – Режим доступу : <http://www.intechopen.com/books/energy-conservation/earth-shelters-a-review-of-energy-conservation-properties-in-earth-sheltered-housing> (31.10.12) – Назва з екрана. 9. Термічний режим [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.lnu.edu.ua/faculty/geology/phis_geofourman/E-books-FVV/Interactive%20books/Meteorology/Meteo-climat/Meteo-termics.htm – Назва з екрана.