

УДК 692.232

МЕТОД РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛООВОГО БАР'ЄРА ДЛЯ ПОТРЕБ ТЕПЛО- ТА ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

Соломаха О.С.¹, Новаківський Є.В.¹, канд. техн. наук., Недбайло О.М.², канд. техн. наук

¹ Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", просп. Перемоги, 37, 03056, м. Київ, Україна

² Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Желябова, 2а, Київ, 03680, Україна

В роботі поставлено задачу використання низькопотенційної енергії ґрунту для потреб тепло- та холодопостачання без підвищення її потенціалу за рахунок так званого теплового бар'єра. Представлено математичну модель огорожувальної конструкції з тепловим бар'єром.

В работе поставлена задача использования низкотенциальной энергии ґрунта для нужд тепло- и холодообеспечения без повышения ее потенциала за счет так называемого теплового барьера. Представлена математическая модель ограждающей конструкции с тепловым барьером.

In the paper sets up the task of using soil low-grade energy for the needs of heating and cooling without increasing energy grade, due to the thermal barrier. Mathematical model of fencing structure with thermal barrier is shows.

Бібл. 2, рис. 3.

Ключові слова: тепловий бар'єр, енергетична паля.

c, m – відповідно, теплоємність і масова витрата пропіленгліколя;

h – відстань між трубами ТБ;

l – довжина стіни з ТБ;

$q_{\text{вн}}, q_{\text{зов}}, q_{\text{тб}}$ – відповідно, тепловий потік від приміщення до стінки з ТБ, тепловий потік від ТБ у довкілля, тепловий потік від ТБ;

t_1, t_2 – відповідно, значення температури на зовнішній та внутрішній поверхні стіни;

$t_{\text{с1}}, t_{\text{с2}}$ – відповідно, значення температури на зовнішній та внутрішній поверхні ТБ;

$t_{\text{вн}}, t_{\text{зов}}$ – відповідно, значення температури в приміщенні та зовнішнього повітря;

$\Delta t = \text{const}$ – різниця температур пропіленгліколя на вході та виході ТБ (підтримується постійною за рахунок насоса з електронним регулюванням його продуктивності);

x_0 – площа перегину кривої розподілу температури в ТБ;

$\alpha_{\text{вн}}, \alpha_{\text{зов}}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхні стіни відповідно;

$\delta_{\text{тб}}$ – товщина ТБ;

$\delta_{\text{ст}}, \delta_{\text{із}}$ – товщина стіни та ізоляції відповідно;

$\lambda_{\text{ст}}, \lambda_{\text{із}}, \lambda_{\text{тб}}$ – коефіцієнт теплопровідності стіни, ізоляції та ТБ відповідно.

Одним із шляхів підвищення енергоефективності житлово-комунального господарства України є зменшення споживання теплоти на опалення будівель завдяки впровадженню відновлюваних джерел енергії та використання сучасних енергоощадних технологій. До останніх заходів можливо віднести термомодернізацію огорожувальних конструкцій будівель (в т.ч. світлопрозорих), утилізацію теплоти скидного вентиляційного повітря і каналізаційних стоків.

Термомодернізація може бути як пасивною (збільшення термічного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій), так і активною – створення теплового бар'єру (ТБ) в конструкції стін.

Під тепловим бар'єром мається на увазі конструкція, що є частиною зовнішніх непрозорих огорожувальних конструкцій і складається з утеплювача з товщиною $\delta_{\text{із}}$ (коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{\text{із}}$), штукатурки, товщиною $\delta_{\text{тб}}$ (коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{\text{тб}}$), системою труб, що прокладені з кроком h , по яких циркулює теплоносій та стіни (наприклад, цегляної), товщиною $\delta_{\text{ст}}$ (коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{\text{ст}}$). В опалювальний період шляхом подавання теплоносія (розчину пропіленгліколю) з температурою $+5...+10$ °С до зовнішніх стін підвищується термічний опір огорожувальної конструкції та зменшуються тепловтрати з примі-

щень будівлі. На рис. 1 показано конструкцію стіни з ТБ і умовний розподіл температури в її перетині протягом холодного періоду.

У теплий період року трубопроводи ТБ можна використовувати для створення бар'єру теплонадходження циркуляцією теплоносія з тією ж температурою 8...10 °С. Таким чином, енергоспоживання будівлі буде в значній мірі залежати від різниці температур між навколишнім повітрям і тепловим бар'єром. На рис. 2 показано конструкцію стіни з ТБ та розподіл температури в ній в теплий період року.

Завдяки тепловому бар'єру покривається частина тепловтрат будинку крізь зовнішні непро-

зорі огорожувальні конструкції. Тепловтрати, що зумовлені різницею між значенням температури в приміщенні та температури ТБ, мають компенсуватися додатковим джерелом енергії з більшим температурним потенціалом ніж теплота ґрунту. Її перетворювачем може бути тепловий насос, що використовує залишкову енергію теплоносія після ТБ, як такого джерела. Реалізація ТБ, у порівнянні зі звичайною конструкцією стіни, зменшить витрати теплоти більш високого потенціалу, а це надасть можливість зменшити потужність теплового насосу.

Джерелом теплоти або теплоприймачем для ТБ пропонується використовувати ґрунт. Теп-

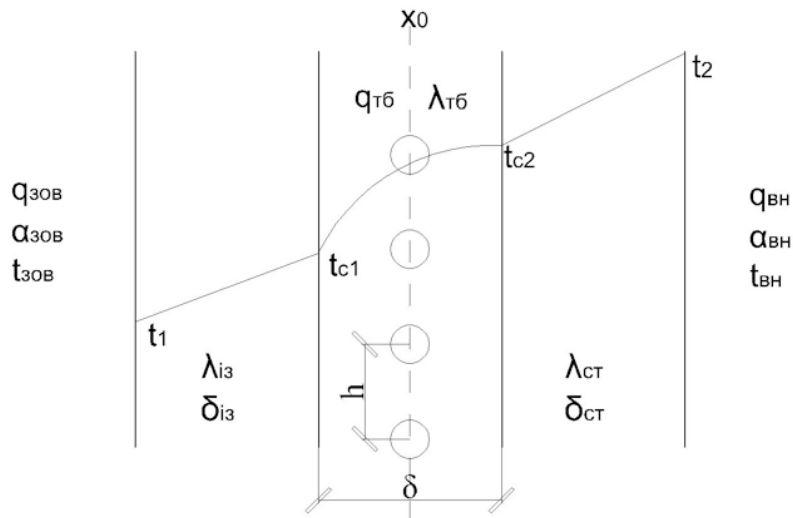


Рис. 1. Схема теплового бар'єру в холодний період року.

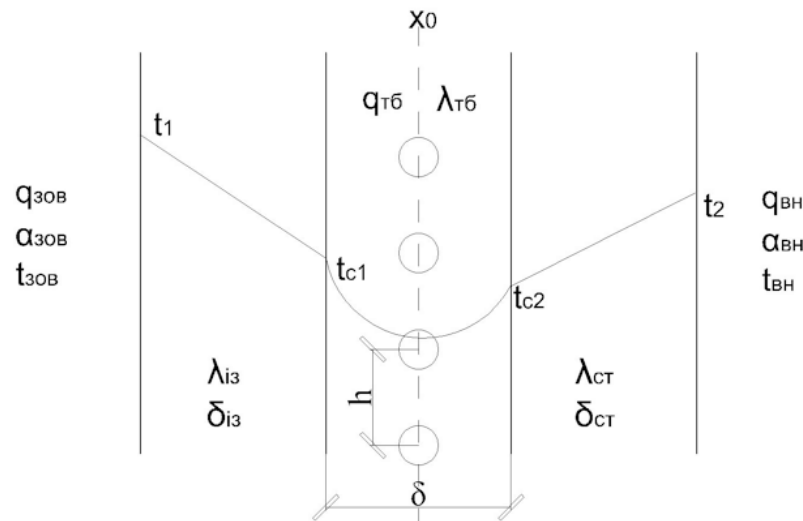


Рис. 2. Схема теплового бар'єру в теплий період року.

лота може відбиратися або віддаватися ґрунту, наприклад, за допомогою енергетичних паль (ЕП) [1]. ЕП може бути частиною фундаменту будівлі з вбудованим контуром, по якому циркулює рідина, що відбирає (або віддає) теплоту ґрунту. ЕП можуть бути виготовлені заздалегідь на виробництві або безпосередньо на об'єкті.

Принцип роботи

На рис. 3 представлено гідравлічну схему обв'язки ЕП, ТБ і системи опалення будинку.

Розглянемо принцип дії системи тепло- або холодопостачання з тепловим бар'єром і енергетичними палями.

Взимку: розчин пропіленгліколя відбирає від ґрунту (ЕП) (7) теплоту і передає за допомогою циркуляційного насоса (8) її до ТБ (11), що облаштований у зовнішніх стінах. Віддавши теплоту, розчин повертається до ЕП (7). Трьохходовий клапан (9) при цьому знаходиться у положенні АВ. При зменшенні температури довкілля нижче певного значення, ТБ вже недостатньо для забезпечення необхідних параметрів мікроклімату у приміщеннях. Датчик температури внутрішнього повітря подає сигнал на перемикання трьохходового клапана (9) у положення ВС і ввімкнення реверсивного теплового насоса (2) з циркуляційним насосом (3). Підігрітий розчин поступає до системи водяного підлогового опалення (4) і ТБ (11). Температура теплоносія регулюється контролером теплового насоса і трьохходовими клапанами (5) і (10).

Влітку: розчин пропіленгліколю циркулює по ТБ (11) зовнішніх стін, відбирає теплоту і віддає його ґрунту через ЕП (7). При значному підвищенні температури навколишнього повітря пасивного охолодження недостатньо. Вмикається реверсивний тепловий насос (2) у режимі охолодження. Розчин, що знаходиться у контурах ТБ і, якщо це необхідно, водяного підлогового опалення, охолоджується. Тепло скидається до ґрунту через ЕП (7).

Математична модель теплового бар'єру

Для оцінки ефективності роботи системи необхідно знайти розподіл значень температури в стіні та тепловтрати через огорожувальну конструкцію з ТБ при певних температу-

рах теплоносія ТБ в залежності від температури зовнішнього повітря і температури повітря в приміщенні.

Для вирішення поставленої задачі стінка розбивається на три зони [2]:

1. Несуча непрозора огорожувальна конструкція.
2. ТБ (стінка з внутрішнім джерелом теплоти).
3. Зовнішня теплоізоляція.

Для рішення поставленої задачі запишемо систему алгебраїчних рівнянь, що описує тепловий баланс стіни з ТБ.

$$q_{ТБ} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta t}{h \cdot \delta \cdot l}, \quad (1.1)$$

$$q_{ВН} = \frac{\lambda_{СТ}}{\delta_{СТ}} (t_2 - t_{C2}), \quad (1.2)$$

$$q_{ВН} = \alpha_{ВН} (t_{ВН} - t_2), \quad (1.3)$$

$$q_{ЗОВ} = \alpha_{ЗОВ} (t_1 - t_{ЗОВ}), \quad (1.4)$$

$$q_{ЗОВ} = \frac{\lambda_{ІЗ}}{\delta_{ІЗ}} (t_{C1} - t_1), \quad (1.5)$$

$$q_{ЗОВ} = q_{ВН} + q_{ТБ} \cdot \delta_{ТБ}, \quad (1.6)$$

$$x_0 = \frac{q_{ТБ} \cdot d_{ТБ} + q_{ВН}}{q_{ТБ}}, \quad (1.7)$$

$$t_{C2} - t_{C1} = \frac{q_{ТБ} \cdot \delta_{ТБ}^2}{2 \cdot \lambda_{ТБ}} + \frac{q_{ВН} \cdot \delta_{ТБ}}{\lambda_{ТБ}}. \quad (1.8)$$

В даній системі рівнянь невідомими є: $q_{ВН}$, $q_{ЗОВ}$, $q_{ТБ}$, t_2 , t_{C2} , t_1 , t_{C1} , x_0 .

Параметрами $t_{ВН}$, $t_{ЗОВ}$, $\lambda_{СТ}$, $\lambda_{ІЗ}$, $\delta_{СТ}$, $\delta_{ІЗ}$, $\delta_{ТБ}$, h попередньо задаємося, виходячи із розрахункових температур та конструктивних характеристик ТБ.

Коефіцієнти $\alpha_{ВН}$, $\alpha_{ЗОВ}$ обираються відповідно до будівельних норм.

Визначаємо шукані величини із системи рівнянь (1.1 – 1.8).

З рівнянь 1.2 – 1.6 та 1.8 тепловий потік від приміщення до стінки з ТБ

$$q_{ВН} = \left[\frac{t_{ВН} - t_{ЗОВ} - q_{ТБ} \left(\frac{\delta_{ТБ}^2}{2 \cdot \lambda_{ТБ}} + \frac{\delta_{ІЗ} \cdot \delta_{ТБ}}{\lambda_{ІЗ}} + \frac{\delta_{ТБ}}{\lambda_{ТБ}} \right)}{\left(\frac{1}{\alpha_{ЗОВ}} + \frac{\delta_{ІЗ}}{\lambda_{ІЗ}} + \frac{\delta_{СТ}}{\lambda_{СТ}} + \frac{\delta_{ТБ}}{\lambda_{ТБ}} + \frac{1}{\alpha_{ВН}} \right)} \right], \quad (1.9)$$

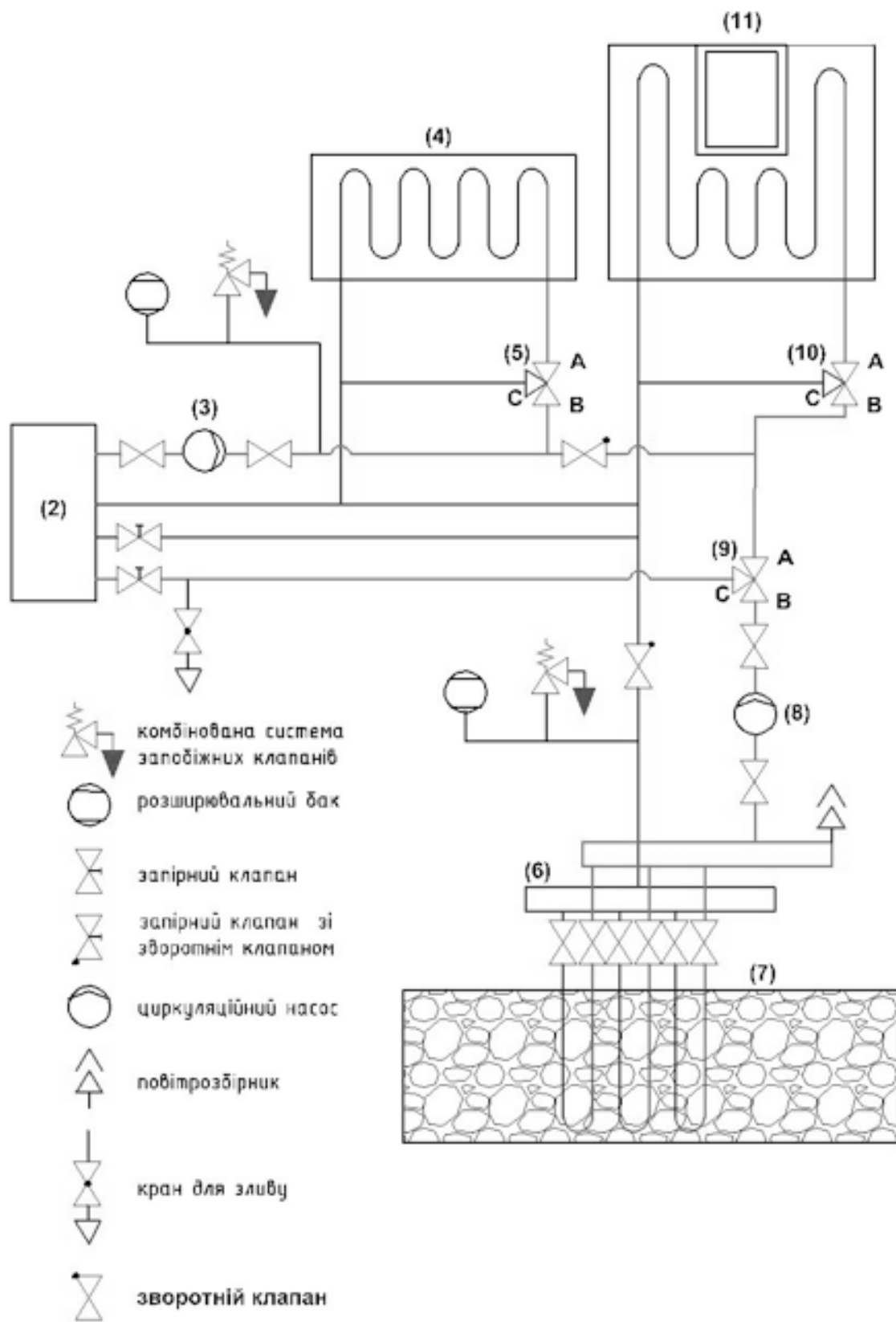


Рис. 3. Схема тепло- та холодопостачання з тепловим бар'єром.

$q_{ТБ}$ – визначається за формулою (1.1).

Площину перегину кривої розподілу температури в ТБ знаходимо за формулою (1.7).

Тепловий потік від ТБ до навколишнього середовища знаходимо за формулою (1.6).

Із рівняння (1.4) знаходимо температуру на зовнішній поверхні стіни

$$t_1 = \frac{q_{ЗОВ}}{\alpha_{ЗОВ}} + t_{ЗОВ}. \quad (1.10)$$

Користуючись рівнянням (1.5) визначаємо температуру на зовнішній поверхні ТБ

$$t_{C1} = t_1 + \frac{q_{ЗОВ} \cdot \delta_{ІЗ}}{\lambda_{ІЗ}}. \quad (1.11)$$

Із рівнянь (1.3) та (1.2) знаходимо температури внутрішньої поверхні стіни та внутрішньої поверхні ТБ, відповідно

$$t_2 = t_{ВН} - \frac{q_{ВН}}{\alpha_{ВН}}; \quad (1.12)$$

$$t_{C2} = t_2 - q_{ВН} \frac{\delta_{СТ}}{\lambda_{СТ}}. \quad (1.13)$$

Висновки

Запропоноване технічне рішення і розроблена математична модель теплового бар'єру (розташованого у зовнішній стіні будинку), на базі якої можливе створення розрахункової програми для знаходження розподілу значень температури в стіні, в залежності від температури навколишнього повітря, і параметрів теплового бар'єру, а також визначення загальних тепловтрат будинку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гершкович В.Ф. Энергетические сваи // СОК. – 2009. – № 8. – С. 46 – 50.
2. Лобасов М.С., Финников К.А. и др. Тепло-массообмен. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 295 с.

METHOD OF CALCULATION PARAMETERS THERMAL BARRIER FOR THE NEEDS OF HEATING AND COOLING

Solomakha O.S.¹, Novakivskyy E.V.¹, Nedbailo O.M.²

¹ National Technical University of Ukraine “Kiev Polytechnic Institute”, prosp. Peremohy, 37, Kyiv, 03056, Ukraine

² Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, vul. Zhelyabova, 2a, Kyiv, 03680, Ukraine

In paper the chart of thermal barrier is in-process offered to the decline energy expenses on a heat and cold supply due to the use of low-grade heat of soil without the increase of potential. A mathematical

model is got on the base of which possible creation of the calculation program for finding of distributing of temperatures in a wall depending on the temperature of surrounding air and parameters of thermal barrier, and for a calculation heat and cold losses of house. References 2, figures 3.

Key words: thermal barrier, energy pile.

1. Hershkovich V.F. Energy Piles // SHC. – 2009. – №8. – P. 46 – 50. (Rus.)
2. Lobasov M.S., Finnikov K.A. and other. Heat-mass transfer. – Krasnoyarsk: IPK SFU, 2009. – 295 p. (Rus.)

Получено 24.01.2014
Received 24.01.2014