

## ВИКОРИСТАННЯ АКТИВНОЇ ПРИПОВЕРХНЕВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ДЛЯ АКУМУЛЮВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ҐРУНТІ

Луніна Я.О., аспірант, Кириленко В.М., доцент  
НТУУ «КПІ», кафедра відновлюваних джерел енергії

**Вступ.** Одним з найбільших ресурсів відновлюваної енергії є сонячна радіація. Вона може використовуватися як в режимі реального часу, так і в холодний період року завдяки системам акумулювання теплової енергії. Широке розповсюдження таких систем призведе до скорочення витрат на опалення в межах всієї країни. Аналіз стану проблеми з урахуванням конкретних умов України показав, що одним з напрямків підвищення ефективності використання сонячної радіації при її акумулюванні в ґрунтових сезонних акумуляторах, може бути використання активної приповерхневої ізоляції.

**Мета роботи.** Дослідження можливості використання активної приповерхневої ізоляції для забезпечення ефективної роботи ґрунтового сезонного акумулятора.

**Результати досліджень.** На основі аналізу радіаційного і теплового балансу земної поверхні вибрана математична модель процесу нагрівання ґрунту сонячною радіацією [1], яка дозволила отримати кількісні результати як для природних умов, так і для використання з активною приповерхневою ізоляцією [2, 3]. Активна приповерхнева ізоляція вночі буде заповнена повітрям і відігравати роль теплоізоляції, а вдень буде заповнена водою або відсутня, що дозволить ефективно накопичувати енергію сонячної радіації,

Поступаюча частина радіаційного балансу  $R$  земної поверхні складається з поглинених частин прямої сонячної  $(1-r)I'$  і розсіяної  $(1-r)i$  радіації, а також частини випромінювання атмосфери  $\delta B_A$ . Витратною частиною  $R$  є лише випромінювання земної поверхні  $B_0$ . Таким чином,

$$R = (1-r)I' + (1-r)i + \delta B_A - B_0$$

або

$$R = (1-r)(I' + i) - B^*$$

де  $r$  – альbedo,  $B^*$  – ефективне випромінювання земної поверхні.

Подальша доля сонячної радіації описується одновимірним рівнянням теплопровідності, яке для одиничної площі може бути записано у вигляді:

$$\frac{d\tau}{dt} = \chi \frac{d^2\tau}{dx^2},$$

де  $\tau$  – температура,  $\chi = \lambda/\rho C$  – температуропровідність.

Граничні умови на поверхні ґрунту:

$$\tau = -1/\pi \text{ при } \frac{2n\pi}{\omega} < t < \frac{(2n+1)\pi}{\omega} - \text{ для нічного часу,}$$

$$\tau = -R(\sin\omega t + \frac{1}{\pi}) \text{ при } \frac{(2n+1)\pi}{\omega} < t < \frac{(2n+2)\pi}{\omega} - \text{ для денного часу,}$$

де  $\omega = 2\pi/2t_0$ , де  $t_0$  – світловий період за добу.

Загальний розв'язок даного рівняння, використовуючи [3] можна записати у вигляді:

$$\tau = -\frac{\chi^{\frac{1}{2}}}{2\lambda\omega^{\frac{1}{2}}} \exp\left(-x\sqrt{\frac{\omega}{2\chi}}\right) \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{4} - x\sqrt{\frac{\omega}{2\chi}}\right) -$$

$$- \frac{(2\chi_1)^{\frac{1}{2}}R}{\pi\lambda\omega^{\frac{1}{2}}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp\left(-x\sqrt{\frac{n\omega}{\chi_1}}\right) \sin\left(2n\omega t + \frac{\pi}{4} - x\sqrt{\frac{n\omega}{\chi_1}}\right)}{n^{\frac{1}{2}}(4n^2-1)}.$$

Перший доданок описує зміну температури в нічний час, другий – в денний час. Для нічного часу теплопровідність ґрунту  $\lambda$  потрібно замінити на  $\lambda_1 = \lambda + r_t d_t$ , де  $r_t$  – тепловий опір активної приповерхневої ізоляції,  $d_t$  – її товщина. При розв'язуванні даного рівняння, враховуючи наявність активного приповерхневої ізоляції в нічний час, потрібно при розрахунках  $\chi_1$  використовувати  $\lambda_1$ . Якщо активна приповерхнева ізоляція використовується і вдень, то тепловий опір її також включається в  $\chi$ . Крім того, розрахунки потрібно проводити поденно, весь час змінюючи початкові умови на досягнуту за добу температуру поверхні, починаючи з моменту сходу сонця.

**Висновок.** Розрахунок виконаний для природних умов показав що розподіл температур має екстремальний характер при чому максимальний рівень температури зміщується в часі і зменшується по амплітуді з глибиною. Як показали розрахунки добове прогрівання сягає глибини 5 м, за рік – в два рази більшої глибини. Крім того, що вночі температура все ж повертається майже до початкових значень, внаслідок витікання теплоти в атмосферу, але поступове накопичення дається взнаки. Розрахунки показують, що використання активної приповерхневої ізоляції дозволяє збільшити температуру і відповідно накопичену теплову енергію.

#### Перелік посилань

1. Разработка и создание ґрунтового сезонного аккумулятора в приповерхностных слоях [Электронный ресурс] / Т.Г. Беляева – Элект. дан. – Режим доступа: <http://avtoreferati.ru/razrabotka-i-sozdanie-gruntovogo-sezonnogo-akkumulyatora.html>. – Название с экрана.
2. Подземное аккумулярование тепла и холода в водоносных слоях [Электронный ресурс] / А. Л. Снайдерс, О. А. Потапова. – Элект. дан. – Режим доступа: [http://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=148](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=148). – Название с экрана.
3. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел / Наука, М., 1964. 487 с.