

УДК 631.12:621.181.24:519.872

ДО ВИЗНАЧЕННЯ ІНСТАЛЯЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЕЛІОСИСТЕМ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ МЕТОДОМ МОДЕЛЮВАННЯ

В.Сербій, канд. техн. наук

Л. Рудик

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

У статті наведено графічні моделі, які відображають закономірність заміщення традиційних енергоресурсів за рахунок використання енергії сонця для приготування гарячої води від 300-1100 л на добу залежно від площі сонячних колекторів. Аналітично отримані рівняння визначення відсоткового заміщення традиційної енергії системою сонячних колекторів залежно від добового об'єму споживання гарячої води та встановленої площі геліоколекторів, також отримане рівняння для практичного визначення раціональної площі системи сонячних колекторів.

Ключові слова: геліосистема, сонячна радіація, сонячна енергія, колектор, модель, гаряче водопостачання.

Вступ. Сонячна радіація — це невичерпне поновлюване джерело екологічно чистої енергії. Річна кількість сонячної енергії, що надходить на Землю, становить $1,05 \cdot 10^{18}$ кВт·год, причому на поверхню суші припадає лише 1/5 частина цієї енергії, тобто $2 \cdot 10^{17}$ кВт·год.

Розподіл глобального потоку сонячного тепла на поверхні земної кулі нерівномірний. Кількість сонячної енергії, що надходить за рік на 1 м^2 поверхні Землі (рис. 1), змінюється приблизно від 800 кВт·год/ м^2 на півночі до 2200 кВт·год/ м^2 в найбільш спекотних пустельних місцях ($1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 3600 \text{ кДж}$, а $1000 \text{ кДж} = 278 \text{ Вт} \cdot \text{год}$).

Під час проходження сонячних променів через атмосферу Землі частина випромінювання розсіюється і поглинається молекулами озону, повітря і водяної пари, а також частинками пилу. Це призводить до ослаблення прямого сонячного випромінювання, але з'являється дифузне (розсіяне) випромінювання, частина якого повертається назад в космічний простір, а основний його потік досягає поверхні Землі. Частка розсіяного (дифузного) випромінювання змінюється не тільки протягом року (що залежить від географічних і кліматологічних факторів), але й протягом дня, і може становити від 25% (у похмурий день) до 75% (в яскравий сонячний день) від сумарної сонячної енергії.

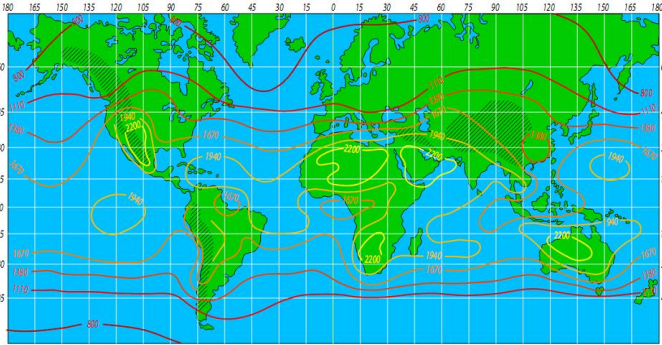


Рисунок 1 – Річне надходження сонячної радіації на горизонтальну поверхню в різних районах земної кулі (кВт·год/м² на рік)

Крім «географічного» положення безпосередньо самого місця, важливим фактором є орієнтація теплопоглинаючого елемента (сонячної панелі) по відношенню до сонця. Зрозуміло, що найбільший ефект можна отримати, якщо сонячний елемент буде знаходитись завжди під прямим кутом до падаючих сонячних променів. Але сонце змінює своє положення не лише протягом доби, але й залежно від сезону має різні кути нахилу своєї траєкторії по відношенню до земної поверхні.

Використання пристроїв, що відстежують рух сонця і змінюють відповідно положення сонячного колектора, призводить до значного і необґрунтованого подорожчання всієї системи в цілому. Тому прийняті оптимальні кути установлення сонячного колектора: кут нахилу до лінії горизонту і азимут (кут повороту панелі по відношенню до напрямку на Південь).

При азимуті $\pm 15^\circ$ (південно-західний і південно-східний напрямки відповідно) середньорічне надходження сонячної енергії на поверхню сонячного колектора зменшується всього на 2% (рис. 2) порівняно з орієнтованим строго на південь (азимут = 0).

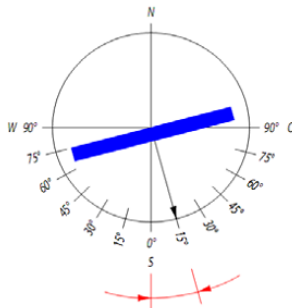


Рисунок 2 – Установка колектора з азимутом 15° на схід

Кут нахилу утворюється між геліоколектором і горизонтальною площиною (рис. 3). При установленні на похилому даху кут нахилу колектора визначається крутизною схилу даху. Установлення під меншим кутом є оптимальним у тому випадку, якщо неможлива орієнтація на південь поверхні колектора. Розміщення площини колектора під малим кутом може призвести до великого коливання ефективності сонячної панелі: від максимуму в літній полудень (ефективність 85-95%) до мінімуму в зимові дні та у вечірні години (ефективність 25-40%).

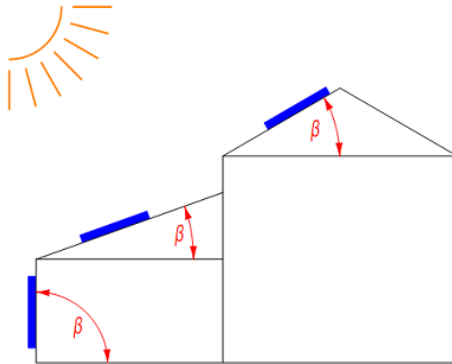


Рисунок 3 – Установлення колектора под кутом β°

З точки зору виконуваних завдань оптимальний кут нахилу β приймається рівним: для систем опалення – широті $\varphi+15^\circ$; для систем ГВП цілорічної дії – широті φ , ГВС сезонного (весна-осінь) дії – широті $\varphi-15^\circ$.

Актуальність. Під час розроблення та обговорення планів сільськогосподарського виробництва на першому місці стоїть завдання його енергозабезпечення. До теперішнього часу це питання вирішувалось за рахунок більш широкої експлуатації традиційних мінерально-паливних джерел: вугілля, нафти, природного газу та ядерного палива, запаси яких постійно вичерпуються.

Пропорційно зростають і оптові ціни на паливо, а якщо враховувати, що споживання теплової енергії збільшується, то пошук, розроблення та впровадження енергоощадних технологій, а також методів використання поновлюваних видів енергії стає першочерговим завданням [1].

До основних видів поновлюваних джерел енергії, які можуть та вже знаходять своє застосування в сільськогосподарському виробництві, відносяться:

- енергія сонячної радіації;
- вітрова енергія.

Поновлювані джерела енергії включають в себе покоління обладнання, що здатне виконувати низку сільськогосподарських завдань: перекачувати

воду для зрошування, для випоювання худоби або для внутрішнього споживання; для освітлення сільськогосподарських споруд тощо. Ці форми поновлюваних джерел енергії включають сонячну енергію, енергію вітру, силу води та інші [2].

Широке використання сонячної енергії для побутових, сільськогосподарських і агропромислових заходів практикується фактично з розвитком цивілізації.

Загроза гострого дефіциту комерційних джерел енергії в поєднанні з серйозними проблемами забруднення навколишнього середовища зумовило прискорений інтерес до наукового використання поновлюваних джерел енергії. Енергія, доступна від сонця, невичерпна та екологічно чиста.

Найбільш поширеним застосуванням сонячної енергії є використання повітряних сонячних колекторів в енергоощадних технологіях утримання тварин і птиці, а також для сушіння сільськогосподарської продукції.

Нагрівання води є також одним з найбільш поширених застосувань сонячної енергії для побутових і промислових потреб.

Таким чином, сонячні енергетичні технології можуть відігравати важливу роль в найближчому майбутньому сільського господарства [3-7].

Результати досліджень. В результаті спостережень за сонячною активністю в Київській області був побудований графік інтенсивності сонячного випромінювання на 1 м^2 горизонтальної площини (рис. 4). Дані графіка використані для моделювання умов роботи системи сонячних колекторів. Залежно від площі поглинання сонячних променів колекторами, результатом моделювання був ступінь заміщення традиційної енергії, що використовувалась на сільськогосподарських об'єктах для підігріву води сонячним теплом (рис. 4).

МДж/м²



Рисунок 4 – Ансамбль реалізацій інтенсивності сонячної інсоляції для Київської обл. протягом 2014 року

Моделювання проводили для вибору раціональної площі (кількості сонячних колекторів) системи для виготовлення гарячої води на 400 л (рис. 5, а) та 1000 л (рис. 5, б) в день.

Для розрахунку обрано кут нахилу до горизонтальної поверхні 50° , що дорівнює географічній широті знаходження об'єкта, а азимут дорівнює 20° на південний схід, вхідна температура води 8°C , а вихідна -55°C . Моделюється робота плоского сонячного колектора.

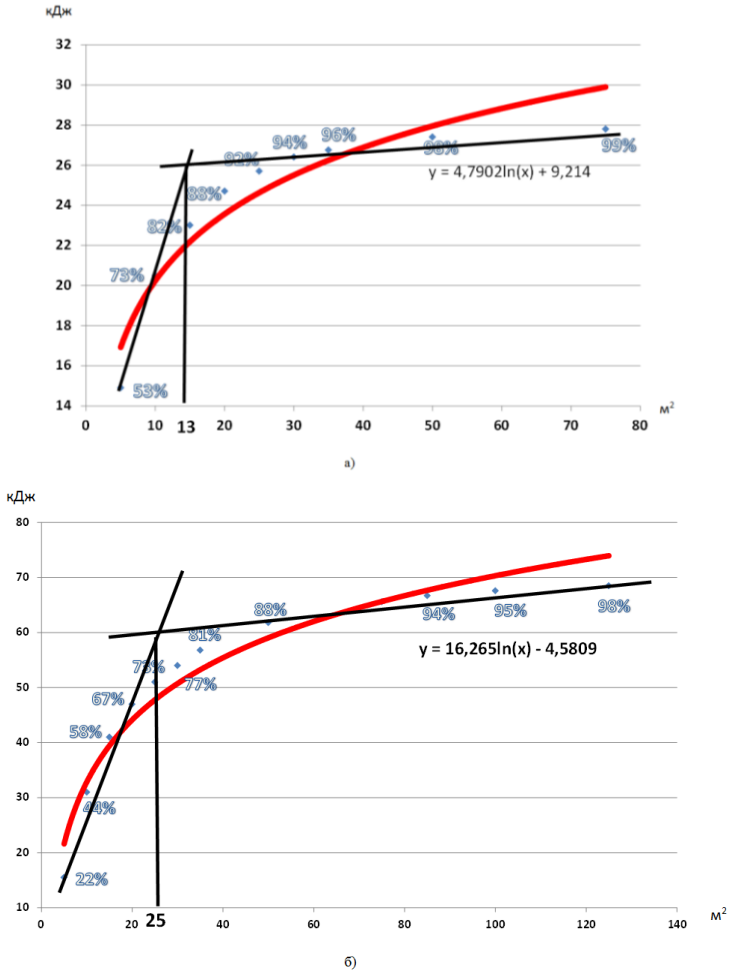
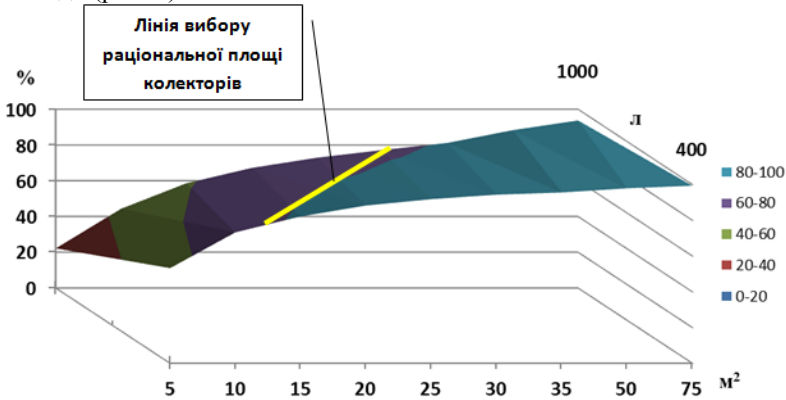
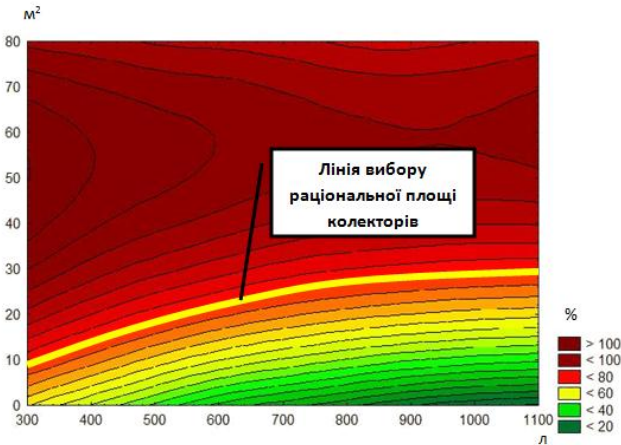


Рисунок 5 – Графік середньорічного відсоткового заміщення використання традиційної енергії в залежності від площі системи сонячних колекторів при приготуванні 400 л гарячої води (а) та 1000 л (б) в день

За результатами моделювання побудовано поверхню зміни ступеня заміщення енергоресурсів у відсотках за рік в залежності від площі поглинання сонячного випромінювання та потрібного об'єму приготування гарячої води (рис. 6).



а)



б)

а) загальний вигляд поверхні відгуку,

б) контурний графік вибору раціональної площі колекторів

Рисунок 6 – Закономірність зміни середньорічного заміщення традиційних енергоресурсів у відсотках в залежності від площі системи поглинання сонячного випромінювання та потрібного об'єму приготування гарячої води:

Аналізуючи графіки рисунків 5 та 6, прийнято за раціональну площу сонячних колекторів для нагрівання 400 л води на добу – 12-14 м², для 1000 л – 24-26 м².

В результаті апроксимації поверхні відгуку (рис. 6, а) отриманої моделюванням для розрахунку середньорічного відсоткового заміщення традиційного джерела енергії, отримана залежність:

$$\% = 84,73 - 0,1 \cdot V + 1,9 \cdot S + 3,9 \cdot 10^{-5} \cdot V^2 + 0,0006 \cdot V \cdot S - 0,02 \cdot S^2, [\%].$$

де % – ступінь заміщення традиційних енергоресурсів сонячним теплом;
 V – об'єм води, що нагрівається в системі гарячого водопостачання, л;
 S – площа сонячних колекторів, м².

Для вибору раціональної площі колекторів для приготування гарячої води у межах 300-1100 л на добу для об'єктів сільського господарства рекомендується використовувати трендову лінію, відповідно позначену на контурному графіку (рис. 6, б) або за аналітично отриманим рівнянням:

$$S = -4,75 + 0,05 \cdot V - 2 \cdot 10^{-5} \cdot V^2, [m^2].$$

Практичний результат. В УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого було випробувано комплект для виготовлення гарячої води об'ємом 400 л на базі вакуумних сонячних геліоколекторів, який складається: з вакуумних колекторів СВК-А 30-58-1800 (рис. 7, а), бака-акумулятора Galmet SGW(S)-400 (рис. 7, б), контролера електронного СК868С8 (рис. 7, в), циркуляційного насоса Wilo ST25/6 (рис. 7, г), розширювального бака Zilmet CP 35л 3/4 (рис. 7, д) та тена ELIKO GRBT 3 кВт (рис. 7, е), який вбудовано в бак акумулятора [8].



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рисунок 7 – Обладнання для приготування 400 л гарячої води на добу

Комплект для виготовлення гарячої води об'ємом 400 л на базі вакуумних сонячних геліоколекторів у світлий час доби перетворює енергію сонця в теплову енергію, нагріваючи теплоносій (пропіленгліколь). Гарячий теплоносій через теплообмінник в баці нагріває воду. Також у системі передбачений тен. За несприятливих погодних умов (погана освітленість), коли геліосістема не може забезпечити необхідну температуру в баці, нагрівання води забезпечується тенем. Система працює в автоматичному режимі. Всі процеси керуються контролером геліосистеми. Температурні датчики встановлені на виході з геліоколекторів, внизу і вгорі бака. Системою передбачений захист від перегріву бака.

На вказаній схемі показано принцип роботи геліосистеми на вакуумних сонячних колекторах (рис. 8).

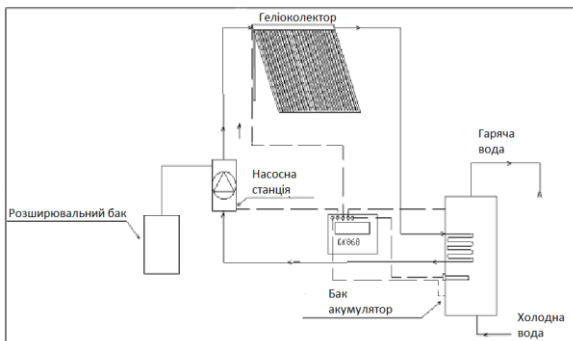


Рисунок 8 – Загальна функціональна схема системи

Така система розрахована на цілорічне нагрівання гарячої води для побутових потреб. Сонячний колектор розміщений на даху будинку. Бак-акумулятор, насосна станція та контролер розміщений у будинку. На трубопроводах наявна теплоізоляція для зниження тепловтрат.

Економічна ефективність в середньому за рік цієї системи становить 53,20 грн/м³, строк її служби — 20 років. Показники економічного оцінювання наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники економічного оцінювання

Показник	Одиниця виміру	Значення показника
Прямі експлуатаційні витрати	грн/м ³	53,20
в тому числі:		
- амортизаційні відрахування		28,36
- затрати коштів на ремонт і ТО		11,34
- затрати коштів на електроенергію		13,50

Висновки.

1. Розроблено графічні моделі оцінювання ступеня заміщення традиційних енергоресурсів альтернативним джерелом енергії – сонячним теплом під час роботи сонячного колектора в залежності від об'єму добової витрати води та активної площі колекторів. Отримано рівняння поверхні відгуку для розрахунку ступеня заміщення традиційних енергоресурсів.

2. Прийнято раціональну площу сонячних колекторів для нагрівання 400 л води на добу – 12-14 м², для нагрівання 1000 л – 24-26 м².

3. Графічно отримана лінія тренду для вибору раціональної площі сонячного колектора для конкретного об'єму гарячого водопостачання об'єкту сільського господарства. Отримано рівняння розрахунку раціональної площі сонячних колекторів.

4. Проведено розрахунок економічної ефективності використання сонячних колекторів на прикладі системи гарячого водопостачання в об'ємі 400 л на добу. Вартість нагрітої води становить 53,20 грн/м³.

Література

1. Использование энергии солнца и ветра в сельском хозяйстве Украины. / Н.А. Корчемный, В.П. Машевский, В.М. Головки, И.Б. Киселица и др./К., 1989. – 84 с.
2. Role of renewable energy on agriculture [Електронний ресурс]. – <http://www.ijeset.com/media/0001/6N7-IJESET711.pdf> / Role of renewable energy on agriculture – Заголовок з екрану.
3. Patrick Murphy, Plan C: Community Survival Strategies for Peak Oil and Climate Change (Gabriola Island, BC: New Society Publishers, 2008).
4. From a presentation by David Pimentel, Cornell University, at Local Solutions to Energy Dilemma, New York City, April 28-29, 2006. Revised to account for increased energy use from

earlier estimate published in David and Marcia Pimentel, *Food, Energy, and Society* (Niwot, CO: University Press of Colorado), 1996.

5. David and Marcia Pimentel, *Food, Energy, and Society* (Niwot, CO: University Press of Colorado), 1996, 20.

6. Energy estimates in this paragraph also from Pimentel, *Food, Energy, and Society*.

7. Susan S. Lang, Cornell University News Service, "Cornell ecologist's study finds that producing ethanol and biodiesel from corn and other crops is not worth the energy,".

8. Комплект для виготовлення гарячої води 400 л на базі вакуумних сонячних геліоколекторів: Протокол № 1851/1603-01-2014 державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК/ УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – 2014. – 32 с.

Анотация

В статье приведены графические модели, отражающие закономерность замещения традиционных энергоресурсов за счет использования энергии солнца для нагрева воды от 300-1100 л в сутки в зависимости от площади солнечных коллекторов. Аналитически получены уравнения для определения процентного замещения традиционной энергии системой солнечных коллекторов в зависимости от суточного объема потребления горячей воды и установленной площади гелиоколлекторов, также получено уравнение для практического определения рациональной площади системы солнечных коллекторов.

Summary

The article contains graphic models that reflect the pattern of substitution of traditional energy resources through the use of solar energy for producing from 300 to 1100 liters per day of hot water, depending on the area of solar collectors. The equations determining the percentage replacement of traditional energy system of solar panels depending on the amount of hot water daily consumption and set solar collectors area and also practical equation for determining the effective solar collectors system area are obtained analytically.