

Аналіз результатів функціонування сонячних колекторів в м. Краків

Кватнівські П.¹, Калініченко В.М.²

¹ Ягелонський університет, Краків, Польща

² Полтавська державна аграрна академія, Україна

Представлено результати дослідження роботи геліоустановки з трубчастим вакуумним колектором, проведені у спеціалізованій Лабораторії відновлювальних джерел енергії на базі Об'єднання електричних шкіл № 1 м. Кракова (Польща). Було проаналізовано такі дані: інтенсивність сонячного випромінювання; кількість отриманої енергії; потужність колектора; температура теплоносія, а також температура води у теплозбірнику, швидкість руху теплоносія. В результаті аналізу наведених даних зроблено висновки про ефективність та економічну доцільність використання сонячних батарей у м. Кракові та в умовах України.

Ключевые слова: відновлювальні джерела енергії, трубчастий вакуумний колектор.

Представлены результаты исследования работы гелиоустановки с трубчатым вакуумным коллектором, проведенные в специализированной Лаборатории возобновляемых источников энергии на базе Объединения электрических школ № 1 г. Кракова (Польша). Были проанализированы такие данные: интенсивность солнечного излучения; количество полученной энергии; мощность коллектора; температура теплоносителя, а также температура воды в теплонакопителе, скорость движения теплоносителя. В результате анализа приведенных данных сделаны выводы об эффективности и экономической целесообразности использования солнечной батареи в г. Кракове и в условиях Украины.

Ключові слова: возобновляемые источники энергии, трубчатый вакуумный коллектор.

Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що надходить на 1 м² поверхні, на території України знаходиться у межах від 1070 кВт-год/м² в північній частині до 1400 кВт-год/м² в АР Крим [1]. Термін ефективною експлуатації геліоенергетичного обладнання в південних областях України – 7 міс (з квітня по жовтень), у північних областях – 5 міс (з травня по вересень) [2]. Маючи такий потенціал, Україна по темпах впровадження альтернативної енергетики значно відстає від більшості країн ЄС, зокрема від Польщі. Тому досвід польських спеціалістів щодо впровадження альтернативних джерел енергії буде дуже корисним.

Вже кілька років на базі Об'єднання шкіл електричних № 1 м. Кракова (Польща) функціонує спеціалізована Лабораторія відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), на базі якої відбувається аналіз роботи сонячних колекторів різних конструкцій [3]. Досліджуються такі фактори, як температура й енергія, що отримуються з плоских, плоских вакуумних та трубчастих вакуумних колекторів. Результати вимірів автоматично записуються на сервері. На підставі зібраних даних аналізується робота геліосистем, що є практичною частиною на-

вчальної програми підготовки спеціалістів з устаткування ВДЕ. На основі результатів досліджень можна виявити орієнтовну кількість теплової енергії, що постачають різні типи колекторів за певний час в умовах Малопольського воєводства у Польщі.

П'ять окремих геліоустановок постачають тепло до п'яти теплозбірників, кожен ємністю 300 л. Ефектом роботи цих установок є 1500 л на добу підігрітої води, що використовується для поточних потреб навчального закладу.

Предметом наших досліджень був трубчастий вакуумний колектор. Він складається з 30 теплових трубок діаметром 58 мм й довжиною 1800 мм. Колектор має 1990 мм у висоту та 2456 мм у ширину, що дає загальну поверхню 4,89 м² та поверхню поглинання 4,14 м².

Колектор змонтований на основі ізолізованих мідних труб діаметром 18 мм з теплообмінником ємністю 300 л. До складу установки входять також pompa, теплозбірник-бак та вентиль безпеки, що захищає від перегріву, датчик приєднаний до блоку управління з електронним лічильником. Колектори розміщені на даху у південному напрямі під кутом 45°. Дані роботи колекторів реєструються лічильниками теплової енергії фірми APATOR-KFAP з вико-

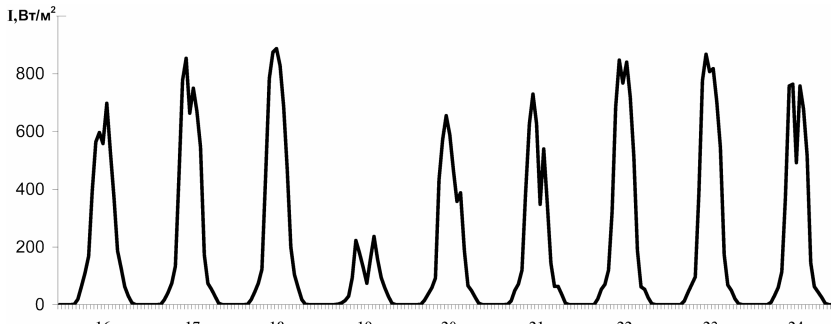


Рис.1. Інтенсивність сонячного випромінювання (I) у період 16–24 липня 2009 р.

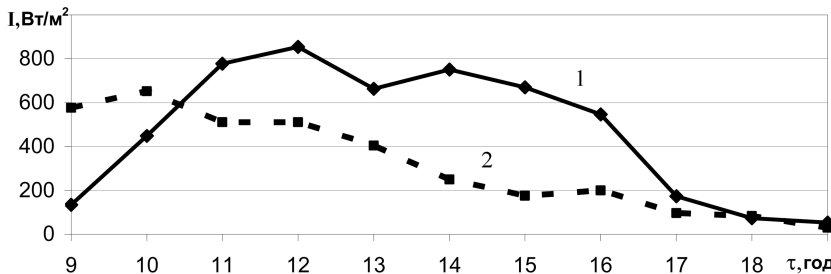


Рис.2. Середня інтенсивність сонячного випромінювання (I) впродовж дня 10 (1) та 17 (2) липня.

ристанням датчика температури MBUS RS232C апаратор 500 pt, а також блок управління фірми Frisko. Додатково вимірюється інтенсивність сонячного випромінювання за допомогою лічильника LB-900. Результати вимірювань записуються на твердому диску.

У процесі дослідження геліоустановки одержують й аналізують такі дані: кількість отриманої енергії (МДж), потужність (кВт), температура теплоносія, а також температура води у теплозбірнику (°С), швидкість руху теплоносія (л/год). Результати вимірів фіксуються на сервері за допомогою спеціалізованої програми й можуть бути представлені споживачам у табличному або графічному вигляді, наприклад, на діаграмах.

Ефективність роботи сонячного колектора залежить від орієнтації батареї, кута нахилу його поверхні, географічної широти (для Кракова – 50°), висоти над рівнем моря, а також забруднення повітря.

Нами було зроблено аналіз результатів вимірів, проведених у лабораторії ВДЕ в Кракові від 8 травня до 27 липня поточного року. Влітку у сонячні дні середнє значення інтенсивності сонячного випромінювання знаходилося в межах 700–900 Вт/м² на годину (рис.1), максимум зафіксований 12 червня о 12:33 год

(1196,5 Вт/м²). Хмарність затримує сонячні промені, що значно знижує показник інтенсивності сонячного випромінювання на колекторі (наприклад, 19 липня приблизно 200 Вт/м²).

На прикладі двох різних за захмареністю неба днів показано вплив цього фактору на проходження сонячних променів через атмосферу, отже, на інтенсивність сонячного випромінювання на колекторі (рис.2). 10 липня з 11 год небо почало затягувати хмарами, інтенсивність сонячного випромінювання на колекторі падала з 700 до 200 Вт/м², а 17 липня був звичайний сонячний день з невеликою захмареністю у період з 12 по 14 год, при цьому інтенсивність сонячного випромінювання знизилася з 900 до 700 Вт/м², а потім знову підвищилася до 750 Вт/м².

Нами були проаналізовані усі параметри роботи сонячного колектора двох середньостатистичних днів: 16 та 17 липня. У денні часи інтенсивність сонячного випромінювання була у середньому 3,63 та 4,5 кВт/м² відповідно. Зважаючи на те, що діюча поглинальна поверхня сонячних батарей має 4,14 м², колектор мав би отримувати у середньому відповідно 15,03 та 18,63 кВт/м² енергії. За лічильником теплової енергії, геліоустановка виробляла енергію 8,56 та 10,26 кВт/м². Це означає, що продуктивність установки 16 липня була 56,9 %, а 17 липня 55,1 %. На графіку (рис.3) представлена потужність геліоустановки з врахуванням її ККД.

Результати вимірювань підтверджують, що потужність геліоустановки та енергія, отримана від неї, мають дуже високий коефіцієнт кореляції. 16 липня геліоустановка отримувала

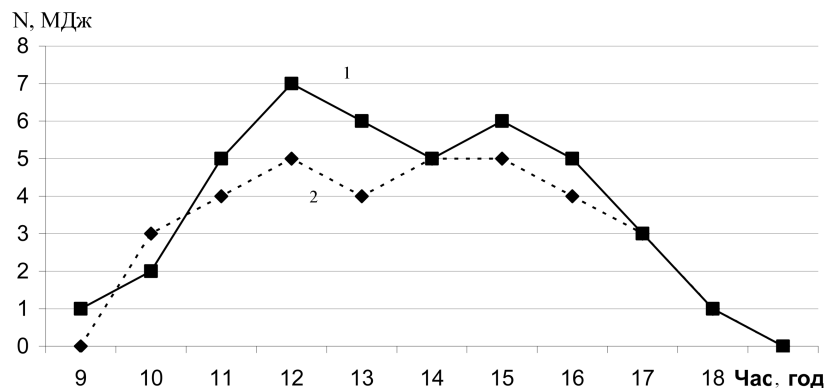


Рис.3. Енергія, отримана геліоколектором (N), на протязі 16 (1) та 17 (2) липня 2009 р.

максимальну енергію (≈ 5 МДж) при максимальній потужності ($\approx 1,35$ кВт) о 12 та 15 год. Дещо більша максимальна потужність колектора 17 липня ($\approx 1,55$ кВт) обумовила зростання отриманої енергії до 7 МДж. На основі результатів вимірів розраховано, що на протязі 16 липня геліоустановкою було отримано 34 МДж енергії, а 17 липня 41 МДж.

Безпосереднім наслідком більшої інтенсивності сонячного випромінювання є підвищення температури теплоносія, що протікає через колектор, та температури води у теплозбірнику. Різницю температур на колекторі та у накопичувачі 16 та 17 липня показано на діаграмах (рис.4). Для чистоти експерименту, виміри проводилися перед частковим використанням підігрітої води з 300-літровою накопичувача та заповненням його холодною водою з водопровідної мережі. Так, 16 липня від 9:45 до 18:15 год вода у накопичувачі нагрілася від 24,6 до 43,8 °С, а 17 липня з 9:50 до 18:00 год – від 23,4 до 50,1 °С. Отже, додаткові 7 МДж енергії дозволили отримати температуру у накопичувачі на 6,3 °С більше. Подібним чином змінювалася температура теплоносія у сонячному колекторі. Так, 16 липня з 9:45 год, коли температура теплоносія була 45,1 °С, вона нагрілася до максимальної температури 72,6 °С та підтримувалася від 14:45 до 15:15, а після 15:45 охолонула до 62,6 °С. 17 липня теплоносій від 9:50 до 10:20 год нагрівався від 59,7 до 79 °С та о 18:00 год досяг 95,5 °С.

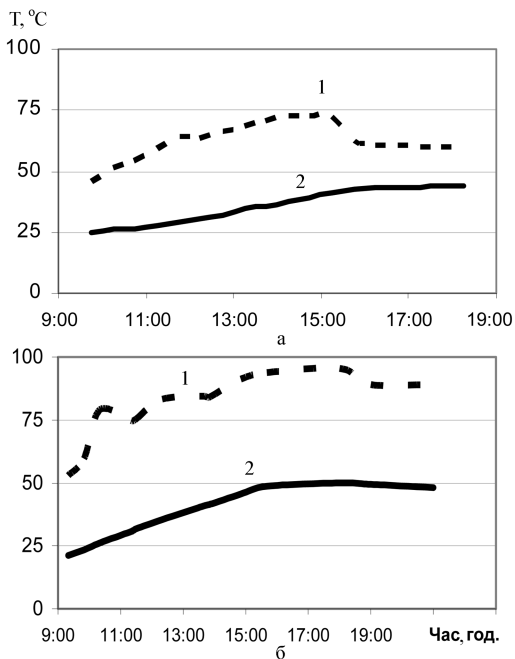


Рис.4. Температура рідини в колекторі (1) та у накопичувачі (2) у різні за інтенсивністю сонячного випромінювання дні: а – 16 липня; б – 17 липня.

Таким чином, різниця температур у накопичувачі склала 6,5 °С.

Результати вимірів підтверджують, що вакуумні трубчасті колектори в умовах м. Кракова навесні накопичували достатню кількість енергії для обігріву 300 л води до температури близько 45 °С. Вимірювання показали, що у сонячні дні наприкінці квітня між 10 й 15 год температура теплоносія у сонячному колекторі зростала від 30 до 107,3 °С, а після 17 год відзначалося значне падіння температури, до 19 год температура спадала до 20–25 °С. В умовах м. Кракова такі системи здатні накопичувати достатню кількість енергії з квітня по жовтень, а у інший період частково перекривати потреби у підігрітій воді.

Не виникає сумніву, що у літні сонячні дні колектор може повністю забезпечувати потреби споживачів у підігрітій воді, тому особливу увагу ми приділили хмарним дням з мінімальною інтенсивністю сонячного світла на колекторі. 10 липня небо було хмарне з невеликими періодами прояснень, а інтенсивність сонячного випромінювання коливалася о 10 год від 652 до близько 100 Вт/м² о 17 год. Вода у теплозбірнику впродовж 4,5 год у обідні години підігрілася від 25,3 до 35,3 °С. Теплова потужність колектора при цьому об 11 год була близько 3, а об 12 год – 4,15 кВт. Між 14 та 15 год спостерігалася значне падіння потужності, спричинене відключенням блоку управління водяного насосу. Відключення відбулося тому, що вода в накопичувачі досягла температури 60 °С, на яку налаштований блок управління. Після обміну води в контейнері на холодну потужність установки виросла до 1 кВт у 19 год та до 1,5 кВт у 20 год.

Представлені вище результати вимірювань підтверджують, що сонячний колектор поглинав достатню кількість теплової енергії для нагріву 300 л води в накопичувачі до 43,8 °С. Та головним критерієм оцінювання геліоустановки є достатність забезпечення підігрітою водою для користування у житловому будинку або будівлях іншого призначення. Для перевірки цього накопичувач наповнювали холодною водою та на початок дня отримували середню температуру близько 21,2 °С. Аналіз результатів вимірів розпочато з наступного дня (29.04.09), коли воду споживали у звичайному режимі. На виході з теплообмінника температура води була 50,1 °С.

Аналіз наведених результатів вказує на високу ефективність геліоустановки. Сонячна енергія, перетворена на теплову, у повній мірі задовольняє потребу у 300 л води, підігрітої до температури близько 45 °С.

Нами були проаналізовані також деякі результати досліджень фірм — виробників плоских колекторів, трубчастих вакуумних колекторів з U-образною трубкою та інших подібних [3–6]. У перерахунку на діючу поверхню колектора були отримані подібні параметри. Це свідчить про те, що сонячні колектори, що виробляються в Польщі або імпортовані з-за кордону, мають високу енергетичну ефективність.

За статистичними даними, середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що поступає на 1 м² поверхні, на території України знаходиться у межах від 1000 кВт·год/м у північній частині України до 1400 кВт·год/м у АР Крим. Тривалість сонячних годин (не сонячної радіації, а прямого сонячного випромінювання) на протязі року в північно-західній частині України складає 1600–1700 год. У лісостеповій зоні вона зростає до 1900–2000 год/рік, у степовій зоні, на морських узбережжях вона досягає 2300–2400 год/рік. Максимальне сонячне сяйво у Кримських горах — 2453 год/рік (Карабі — Яйла) [7]. Отже, середньорічний потенціал сонячної енергії в Україні (1235 кВт·год/м) вище, ніж у Польщі (1080 кВт·год/м) [1]. Таким чином, Україна має хороші, але поки що, на жаль, нереалізовані можливості для ефективного використання теплоенергетичного обладнання на території країни.

Висновки

При нагріванні на сонці впродовж декількох годин геліоустановка здатна підігріти 300 л води у теплозбірнику до температури близько 45–50 °С. Період ефективної роботи геліоенергетичних установок з вакуумними колекторами в умовах м. Кракова продовжується з квітня по жовтень. Сонячний потенціал центральної та південної України дещо вищий, ніж Польщі. Термін ефективної експлуатації геліо-

енергетичного обладнання в південних областях України складає 7 міс (з квітня по жовтень), а у північних областях 5 міс (з травня по вересень). Сучасні технології виготовлення геліоустановок гарантують їх багаторічну та безаварійну роботу. Масовий монтаж геліосистем є гарантією виконання зобов'язань Євросоюзу в сфері використання відновлюваних джерел енергії.

Список літератури

1. ДБН В.2.5. Обладнання будинків житлового і громадського призначення системами сонячного теплопостачання. Проектування, монтаж, експлуатація (проект) / Держбуд України. — Київ, 2005. — 30 с.
2. Методичні рекомендації з обґрунтування техніко-економічної доцільності застосування альтернативних джерел енергії на об'єктах житлово-громадського будівництва : Схвал. НТР Держбуду України, 10.02.2005 р.
3. Тутко R. *Odnawialne Zrodla Energii*. — Warszawa, 2009. — 337 p.
4. Gajda M., Gajda J. «Projekt techniczny MEW OLCZA» BIWiOS 1998.
5. Gogyi W. *Konwersja termiczna energii promieniowania sonecznego w warunkach krajowych : Ekspertyza Komitetu Termodynamiki i Spalania PAN*. — Warszawa : Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 1993.
6. Лантух Н.М., Онищук Г.І., Агеєва Г.М., Щербатий В.С. Позитивний досвід використання геліосистем в житловому фонді України // Реконструкція житла. — 2005. — Вип. 6. — С. 304–311.
7. Разработка и внедрение автоматизированной системы солнечного горячего водоснабжения на базе ЯУМЦЕ г. Ялта : (Отчет о НДР) / КиївЗНДІЕП. — Киев, 1992.

Надійшла до редакції 28.09.09

The Results of Solar Collectors Operation in Krakow Analysis

Kwapniewski P.¹, Kalinichenko V.M.²

¹ Jagiellonian University, Krakow, Poland

² Poltava State Agrarian Academy, Ukraine

The investigation data of specialised Laboratory of alternative energy resources on the basis of Association of electric schools №1 Krakow (Poland) for solar power plant operation with tubular vacuum collector are conducted. The data such as sunlight intensity; obtained energy quantity; collector capacity; heat-carrier temperature and also water temperature in heat collector, heat-carrier movement velocity are analysed. The conclusions of solar collector application in Krakow and in Ukraine conditions efficiency and economic expediency as the result of the data analysis are performed.

Key words: alternative energy resources, tubular vacuum collector.

Received 28 September, 2009