

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІОПРОФІЛЮ ДЛЯ АВТОНОМНОЇ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНОЇ БУДОВИ

У статті надається економічне обґрунтування застосування комбінованих фотогеліопрофілей, що використовуються для забезпечення житлових будов тепловою і електричною енергією. Авторами приведено розрахунки економічної ефективності установок та зроблено відповідні висновки.

In the article economic justification is provided the application of combined photoheliumprofiles which are using for residential buildings heat and electricity. The calculation is adduced of economic efficiency installation by the author. Certain conclusions are made.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Використання сонячних установок для забезпечення тепловою і електричною енергією автономного споживача є одним з перспективних напрямів ресурсо- і енергозбереження не тільки для території АР Крим, але і для більшості регіонів України. Для ефективнішого використання сонячної енергії можна використовувати комбіновані установки, що виробляють одночасно теплову і електричну енергію. Самі ж установки для економії матеріалів, площ і часу збірки можна поєднувати з дахом будівель і споруд. В результаті виходить, що при розробці проектів і будівництві автономних енергозбережних будинків в кривлю будівлі доцільно вбудовувати геліосистему для нагріву теплоносія з можливістю установки фотоелементів для вироблення електричної енергії.

Аналіз досліджень і публікацій останніх років. Кількість публікацій, присвячених сонячно-енергетичним системам із застосуванням одночасного теплового і фотоелектричного способу використання сонячної енергії, останнім часом різко збільшилася, відображаючи зростаючий інтерес до комбінованого виробництва тепла і електрики [1, с.114-120; 2, с.44-48; 3, с.227-231]. У роботі К. В. Кузнецова [3, с.227-231] показано, що установки, які використовують лише фотоелектричне або тільки теплове перетворення сонячної енергії, найближчими роками досягнуть своїх граничних характеристик.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Нові системи, що використовують одночасно обидва типа перетворення, як альтернатива традиційних установок, представляють більший інтерес для розробників нових технологій [4, с.44-47; 5, с.175-178]. Перехід на комбіновані системи означає перехід на новий ступінь розвитку технології геліотехніки з вищими характеристиками системи.

Постановка завдання. Метою дослідження було проведення техніко-економічного розрахунку комбінованого геліопрофіля для індивідуальної житлової будови. Не дивлячись на різноманіття різних видів сонячних установок для комбінованого вироблення теплової і електричної енергії, велика частина сучасних розробок складається з абсорбера, на приймальній панелі якого знаходяться сонячні елементи.

Виклад основного матеріалу дослідження. Авторами пропонується використання суміщених геліосистем кількох видів (рис. 1, 2, 3). Ці розробки – фактично плоскі геліоколектори з вбудованими на їх приймальній поверхні фотоелементами. Такі конструкції дозволяють комбінувати теплові і фотоелектричні установки і використовувати для виробництва тепло фотоелектричних пристроїв серійні сонячні колектори і фотоелектричні елементи, які вже випускаються промисловістю. Ці установки можна використовувати не тільки на дахах будівель і споруд, але і для монтажу безпосередньо в їх кривлю, що дозволяє значно економити площу корисного покриття. Проводячи аналіз комбінованих

фототеплоелектричних установок плоскої конструкції, їх можна звести до трьох типів. Це установки з повітряним (рис. 1), рідинним (рис. 2) та повітряно-рідинним (рис. 3) теплоносієм.

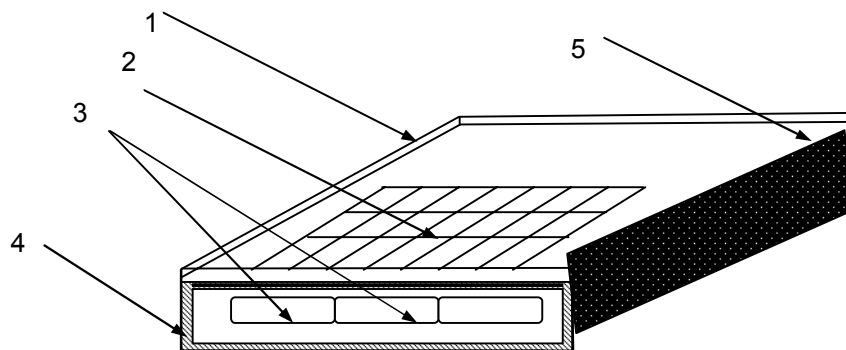


Рис. 1. Пристрій комбінованого геліоколектора з повітряним теплоносієм:
1 – верхнє скло; 2 – панель з сонячними елементами; 3 – канали для повітря;
4 – теплоізоляція; 5 – корпус.

На рис. 1. показаний плоский повітряний комбінований теплоелектричний геліоколектор. В цій установці теплопоглинальна пластина з фотоелектричними елементами розміщена посередині металевому корпусу з тепловою ізоляцією, зверху знаходиться скло, а знизу – канали для повітря, які в цій конструкції є тепловим носієм. Циркулюючий теплоносій охолоджує фотоелементи, за рахунок чого збільшується ефективність їх роботи та сумарне вироблення електроенергії, а нагрітий теплоносій використовується споживачем.

На рис. 2 показаний пристрій комбінованого колектора з рідким теплоносієм. Тут теплопоглинальна пластина з фотоелементами є типовим абсорбером плоского сонячного колектора. Знизу пластини знаходяться трубки, по яким циркулює рідкий теплоносій. Теплоносієм може бути вода або антифриз. Аналогічно установці, зображеної на рис.2, рідкий теплоносій, циркулюючи по трубках, охолоджує фотоелементи і використовується споживачем.

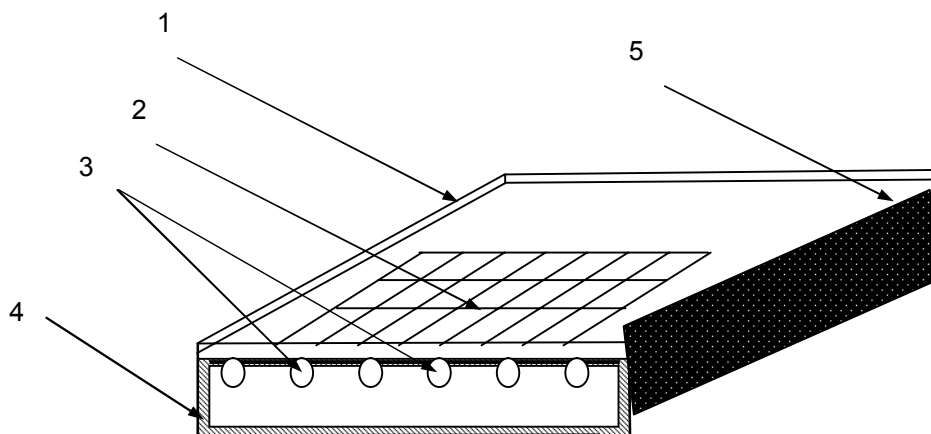


Рис. 2. Пристрій комбінованого колектора з рідинним теплоносієм:
1 – верхнє зашклення; 2 – панель з сонячними елементами; 3 – трубки для рідкого теплоносія; 4 – теплоізоляція; 5 – корпус.

Третій тип плоского комбінованого колектора зображений на рис. 3. Він відрізняється від перших двох тим, що має крім трубок з рідким теплоносієм ще і канали для повітря. В результаті споживач, крім електроенергії може ще використовувати для систем теплозабезпечення гарячу воду і нагріте повітря.

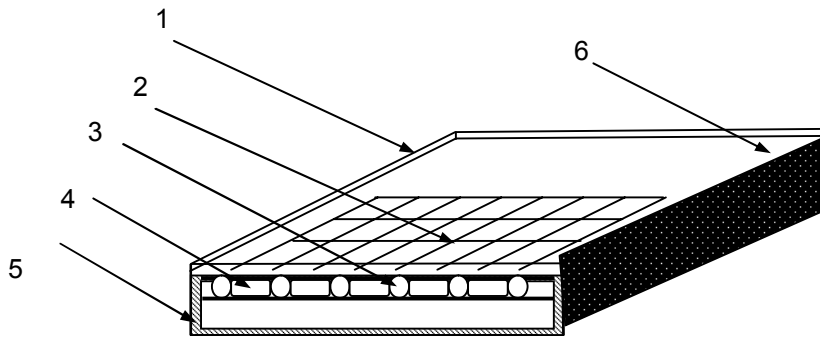


Рис. 3. Пристрій комбінованого колектора з легко-рідинним теплоносієм:

1 – верхнє зашклення; 2 – панель з сонячними елементами; 3 – трубки для рідкого теплоносія; 4 – канали для повітря; 5 – теплоізоляція; 6 – корпус.

Як видно з розглянутих типів плоских комбінованих установок (рис. 3), найбільш альтернативним є третій тип пристроїв. Проте, при проектуванні сонячних систем тепловодопостачання для автономних споживачів, припустимим може опинитися геліоколектор з повітряним або рідинним теплоносієм. Використання того або іншого типу установок обирається із завдань, які повинна виконувати система сонячного забезпечення. Наприклад, якщо споживач розраховує отримувати електричну енергію і забезпечувати тільки нагрів і вентиляцію приміщень, то найбільш припустимий перший тип (рис. 1), якщо необхідно отримувати тільки електроенергію і гарячу воду – другий (рис. 2). При проектуванні повної системи водозабезпечення, опалювання і вентиляції будівель можна використовувати третій тип (рис. 3).

Вказані геліосистеми були застосовані авторами при проектуванні сонячної установки, яка об'єднує геліоколектор для нагріву води і опалювання, фотоелектричну батарею для вироблення електрики і готову металеву конструкцію для покриття крівлі будівлі.

Дослідження дозволили провести аналіз геліотеплових, фотоелектричних і комбінованих термофотоелектричних установок, розроблених в різних конструкторських організаціях і наукових установах України. В Інституті поновлюваної енергетики НАН України (м. Київ) був розроблений комбінований фототермічний модуль [4, с.44-47], призначений для одночасного отримання теплової і електричної енергії за рахунок використання і перетворення широкого діапазону електромагнітного випромінювання Сонця. У фототермічному модулі застосовано охолодження робочої поверхні за рахунок примусового перебігу теплоносія в гідравлічних трактах. У науковому центрі при Київському національному політехнічному університеті була розроблена експериментальна модель модуля PVT [5, с.175-178]. Результати випробувань показали, що за допомогою модуля можна збільшити ефективність отримання електричної енергії сонячними елементами більш, ніж у 2 рази.

Дніпропетровською фірмою «Інсорал ЮСВ» був розроблений універсальний геліопрофіль, який вмонтовується на крівлі будівель і споруд і замінює металеві покрівельні матеріали [6, с.11-27]. У середині геліопрофіля знаходяться канали для рідкого і повітряного теплоносія, таким чином, профіль є водоповітряним геліоколектором для забезпечення споживачів гарячою водою і електроенергією. Саме ця установка і була узята за основу Кримським науковим центром для подальшої розробки і удосконалення.

На кафедрі «Енергозбереження і нетрадиційні джерела енергії» Севастопольського національного університету ядерної енергії і промисловості авторами було проведено дослідження комбінованої сонячної установки з використанням її як приймальної поверхні комбінованого промислового повнорозмірного геліопрофіля, наданого фірмою «Інсолар ЮСВ» [7, с.158-163]. Сам геліопрофіль складається з окремих елементів (смуг) шириною 0,15 м і завдовжки до 7 м. Досліджувана термофотоелектрична установка складається з

теплого абсорбера геліопрофіля і кремнієвих сонячних елементів, нанесених на його поверхню із застосуванням нанотехнологій для підвищення тепловіддачі фотоелементів.

Саме такі сонячні системи доцільно вбудовувати безпосередньо в кривлю автономних енергоефективних будинків для забезпечення тепловою і електричною енергією споживача, при їх виробництві скорочується кількість матеріалів, а при монтажі – час і собівартість будівельних робіт. Авторами були проведені порівняльні дослідження комбінованої і теплової сонячної установки.

Для проведення експериментів використовувалися дві сонячні установки рівних розмірів з однаковими тепловими абсорберами, при цьому на абсорбері однієї установки знаходилися сонячні елементи. Довжина установок складала 3 м, а ширина 1 м. Фотоелектрична батарея установки складалася з трьох фотоелектричних модулів з однаковою потужністю. Ця установка відноситься до типу, показаного на рис. 1. При проведенні експериментів було отримано порівняльне теплове вироблення двох сонячних установок (рис. 4).

Як видно з даних, при одночасному виробленні теплової і електричної енергії температури теплоносія на виході розрізнялися всього на 1-2 градуси, тобто теплова потужність установок майже не відрізняється (рис. 5). Фотоелектричні елементи знаходяться в нижній частині приймальної поверхні (рис. 1, 2, 3), де температура теплоносія найменша, при циркуляції теплоносія елементи охолоджуються, тому комбінований сонячний колектор має вищу ефективність, а також при охолодженні сонячних елементів зберігається їх максимальний ККД [8, с.150].

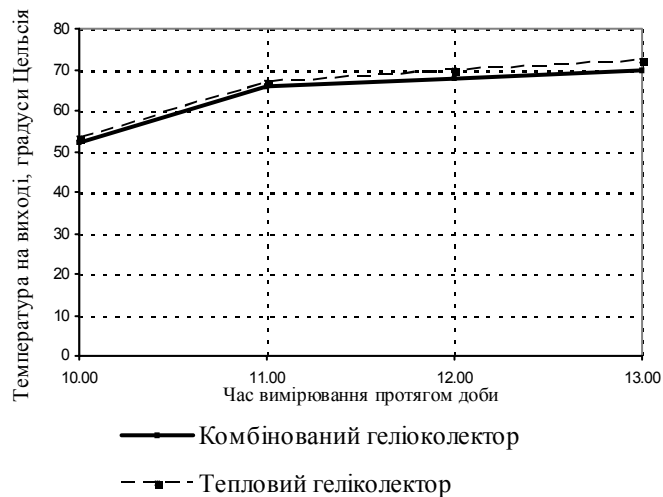


Рис. 4. Порівняльне теплове вироблення сонячних установок в °C

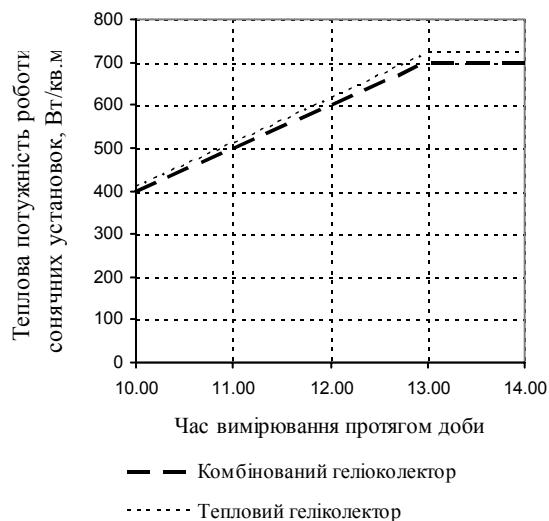


Рис. 5. Порівняльне потужне теплове вироблення сонячних установок

При спільній роботі фотоелементів і теплового абсорбера було отримано збільшення загального коефіцієнта перетворення (КП) установки до 85 %: при тепловому КП 70 % і фотоелектричному 15 %.

Істотне збільшення КП всієї системи пов'язано з використанням комбінованою установкою значної частини сонячного спектру випромінювання. Якщо тепловий колектор використовує в основному інфрачервону і довгохвильову видиму частину спектру, то кремнієві елементи використовують ультрафіолетову і короткохвильову видиму частину спектру.

В результаті проведення експерименту були отримані дані по роботі комбінованого геліопрофіля, що є збірною конструкцією, яка складається з окремих елементів шириною 0,15 м і довжиною до 7 м, готових для збірки крівлі будівель і споруд. На розроблену комбіновану теплофотоелектричну сонячну установку (рис.4) авторами був отриманий патент [9, с.114-116].

Враховуючи, що промисловість випускає в основному теплові колектори на одних фірмах, а іншими підприємствами випускаються фотоелектричні батареї, пропонується в цілях економії площі покриття, що стримується розмірами дахів, поєднувати сонячні колектора з батареями [9, с.119-1124], які дадуть можливість збільшити удвічі площу поглинаючої робочої поверхні сонячних установок.

Вище указувалося, що загальний КП установки збільшується до 85 %, порівняно з КП теплових геліоколекторів 70 % і фотоелектричних батарей 15 %, сумарна потужність збільшується на 15 і 70 % відповідно.

При суміщеній схемі геліопрофіля вироблення електроенергії фотоелектричною батареєю збільшується майже у два рази [5], що дає можливість значно економити дорогі сонячні елементи.

Це відбувається, насамперед, за рахунок охолодження кремнієвих сонячних елементів в нижній частині профілю, де знаходиться тепловий енергоносіє з меншою температурою.

Економічна ефективність в даному випадку складається з вартості фотоелектричних панелей, які можна не встановлювати.

Також економія засобів полягає у вартості комплектуючих елементів конструкцій фотоелектричних модулів, оскільки сонячні елементи виходять вбудованими в конструкцію геліопрофіля.

Максимальна теплова потужність складає близько 0,7 кВт з 1 м², а електрична до 0,15 кВт з 1 м² (за нормальних умов: сонячна освітленість 1000 Вт/м², температура повітря 25°C, атмосферна маса 1,5). У нашій установці заповнення сонячними елементами складає от 1/3 до 1/2 площі робочої поверхні, отже максимальна питома електрична потужність при мінімальному заповненні складає 0,05 кВт/м².

За умови середньої площі кровлі для одного приватного житлового будинку 100 м², максимальна питома теплова потужність комбінованої установки складе 0,7 кВт/м², а електрична 0,05 кВт/м². З урахуванням вище описаного можна розрахувати економію засобів, що отримується при використанні комбінованого геліопрофіля. Номінальна потужність P_{max} , що виробляється сонячною батареєю, розраховується по формулі:

$$P_{CB} = I_o S_{CB} \eta_{CB} = 1000 \cdot 100 \cdot 0,1 = 10(\text{кВт}) \quad (1)$$

де: I_o – максимальна освітленість робочої поверхні (складає 1000 Вт/м²), S_{CB} – корисна площа батареї (складає 100 м²); η_{CB} – ККД сонячної батареї (з урахуванням чинника заповнення складає 10 %). Оскільки освітленість і потужність, що виробляється, робочої поверхні сонячної батареї (а також комбінованого геліопрофіля) залежить від світлого часу доби, хмарності та інших чинників, необхідно у формулу (1) додати коефіцієнт використання номінальної потужності $K_{ном}$. Значення коефіцієнта $K_{ном}$ складає в середньому за рік близько 0,1. Звідси середньорічне вироблення електроенергії Еріч складе:

$$E_{річ.} = P_{max} \cdot K_{ном.} \cdot T_{річ.} = 10 \cdot 0,1 \cdot 8760 = 8760 (\kappa Bm \cdot z) \quad (2)$$

де $T_{річ.}$ - кількість годинника в році.

Відповідно місячне вироблення складе:

$$E_{міс.} = P_{max} \cdot K_{ном.} \cdot T_{міс.} = 10 \cdot 0,1 \cdot 720 = 720 (\kappa Bm \cdot z) \quad (3)$$

де $T_{міс.}$ - кількість годинника в місяць (для 30 днів).

Розрахунок теплового абсорбера проводиться також відомим методом, описаним в роботі [10, с.123]. Корисна потужність Q_u , що відводиться з колектора в одиницю часу (Вт):

$$Q_u = G C_p (t_{вих} - t_{вх.}) (Bm) \quad (4)$$

де $S_{ск}$ - площа колектора, m^2 , G – масова витрата теплоносія (кг/ сек), C_p - теплоємність води (4200 Дж/кг*к), $t_{вих.}$ - температура теплоносія на виході з колектора, $t_{вх.}$ - температура теплоносія на вході в колектор.

Температура води на виході з колектора складає 60 °С для гарячого водопостачання і 90°С для опалювання. Середньомісячна температура води на вході складає близько 20 °С.

Вироблення теплової енергії по масі теплоносія (кг) за одиницю часу T , складає:

$$m = \frac{Q_u T}{C_p (t_{вих} - t_{вх.})} \quad (5)$$

Згідно графіку (рис. 5), питома потужність установки складає 700 Вт/м2. Отже зі всієї кривлі (100 м2) номінальна потужність складе 70 кВт.

Місячне теплове вироблення геліоколектора з урахуванням коефіцієнта використання номінальної потужності складе:

$$E_{міс.} = Q_u \cdot K_{ном.} \cdot T_{міс.} = 70 \cdot 0,1 \cdot 720 = 5040 (\kappa Bm \cdot z) \quad (6)$$

Річне вироблення:

$$E_{річ.} = Q_u \cdot K_{ном.} \cdot T_{річ.} = 70 \cdot 0,1 \cdot 8760 = 61320 (\kappa Bm \cdot z) \quad (7)$$

Вартість промислових фотоелектричних модулів різних світових виробників, за їх даними, складає близько 40 грн. за 1 Вт встановленої потужності, світова ціна за сонячні елементи, з яких зібраний модуль різних фірм виробників, складає 20 грн. за 1 Вт встановленої потужності. Вартість промислового геліопрофіля виробництва дніпропетровської фірми «Інсолар ЮСВ», за даними виробника, складає 1700 грн. Ціна комбінованої установки складається з ціни промислового геліопрофіля і ціни фотоелементів.

Електрична потужність 1 м2 сонячної комбінованої установки складає 50 Вт, за таку ж потужність фотоелектричних модулів ціна складає 2000 грн. Оскільки вартість фотоелементів складає 1000 грн., то економія засобів така: 2000-1000=1000 грн. (без врахування вартості робіт).

При монтажі комбінованої установки одночасно збирається геліопрофіль і фотоелектричні блоки, відповідно, вартість робіт порівнюються з вартістю монтажу геліопрофіля без елементів, а економія засобів складає близько 1000 грн. з м2 установки. Повна економія засобів зі всієї кривлі за рахунок матеріалів конструкцій фотоелектричних модулів і монтажу складає: 1000 * 100 м2 = 100 тис. грн. при установці комбінованого геліопрофіля, на відміну від окремо узятим тепловим колектором і фотоелектричних батарей при тій же потужності. Отримані результати приведені у табл. 1.

Згідно даних таблиці видно, що економія засобів на 1 м² при виробництві і монтажі комбінованої установки, запропонованої авторами, складає:

$$3700 \text{ грн.} - 2700 \text{ грн.} = 1000 \text{ грн.}$$

Економічний розрахунок тепло фотоелектричної установки проводиться окремо для теплової і електричної частини. Тепловий розрахунок установки включає розрахунок системи гарячого водопостачання і опалювання.

Таблиця 1

Економічні характеристики термофотоелектричної установки порівняно з геліопрофілем і фотоелектричним модулем при рівних потужностях

Сонячні установки	Характеристики установок				
	Ціна (за 1 м ² геліопрофіля)	Теплова потужність з 1 м ² (Вт)	Електрична потужність (Вт)	Сумарна потужність (Вт)	Ціна за 1 Вт сумарної потужності
Промисловий геліопрофіль	1700 грн.	700	-	700	2,43 грн.
Термофото- електрична установка (запропонована авторами)	2700 грн.	700	50	750	3,6 грн.
Промислові геліопрофіль і фотоелектричні модулі	3700 грн.	700	50	750	4,93 грн.

1. Вартість електроенергії, що виробляється сонячною фотоелектричною установкою, за місяць, згідно формулі (1) складає 720 кВт*г. Ціна для споживачів по Україні складає 0,35 грн., а при обліку «зеленого тарифу» (використовується для розрахунків на фотоелектричних станціях, розташованих в АР Крим біля Сімферополя) 6 грн. за 1 кВт*г споживаної електроенергії. Отже, економія засобів складається зі всього даху автономної будови:

$$720 \text{ кВт} \cdot 0,35 \text{ грн.} = 252 \text{ грн. у місяць}$$

$$\text{з урахуванням «зеленого тарифу»}: 720 \text{ кВт} \cdot 6 \text{ грн.} = 4320 \text{ грн. у місяць}$$

$$\text{Відповідно за рік: } 3024 \text{ грн. і } 51840 \text{ грн.}$$

2. Вартість гарячої води розраховується по кількості споживачів, які проживають в будові, в середньому цей показник для приватного житлового будинку складає 5 чоловік.

По санітарних нормах кількість гарячої води, необхідної на 1 чол., складає 100 л в день, а її температура – не менше 50 °С.

Враховуючи середню температуру подачі води для нагріву, рівну 20 °С, та згідно формул (4) і (5) для нагріву води для N чол. за добу необхідно витратити тепловій енергії:

$$Q_u = NmC_p(t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}}) = 5 \cdot 100 \cdot 4200 \cdot (50 - 20) = 630000 (\text{кДж}) = 17,5 \cdot \text{кВт} \cdot \text{г}$$

У день витрата гарячої води на 5 чол. складає 0,5 м³. Відповідно, за місяць тепла витрата при нагріві складе:

$$17,5 \text{ кВт} \cdot \text{г} \cdot 30 \text{ днів} = 525 \text{ кВт} \cdot \text{г}$$

Ціна за 1 м³ гарячої води для централізованого водопостачання складає 7,52 грн. Отже, економія засобів складає:

$$0,5 \text{ м}^3 * 7,52 \text{ грн.} * 30 \text{ днів} = 112,8 \text{ грн.}$$

За рік економія складе:

$$0,5 \text{ м}^3 * 7,52 \text{ грн.} * 365 \text{ днів} = 1372,4 \text{ грн.}$$

3. Вартість теплової енергії при централізованому теплопостачанні складає за 1 кВт*г 0,28 грн. для приватних споживачів і 0,58 грн. для підприємств.

Відповідно за місяць можна підрахувати економію теплової енергії за рахунок використання сонячної установки, за вирахуванням енергії, яка йде на нагрів гарячої води, згідно формулі (6):

$$5040 \text{ кВт*г} - 525 \text{ кВт*г} = 4515 \text{ кВт*г}$$

$$4515 \text{ кВт*г} * 0,28 \text{ грн.} = 1264 \text{ грн. (за місяць)} - \text{для приватних споживачів}$$

$$4515 \text{ кВт*г} * 0,58 \text{ грн.} = 2618 \text{ грн. (за місяць)} - \text{для підприємств}$$

За рік економія коштів, згідно формулі (7), складе:

$$61320 \text{ кВт*г} - (525 \text{ кВт*г} * 12 \text{ місяців}) * 0,28 \text{ грн.} = 15405 \text{ грн.} - \text{для приватних споживачів}$$

$$61320 \text{ кВт*г} - (525 \text{ кВт*г} * 12 \text{ місяців}) * 0,58 \text{ грн.} = 31911 \text{ грн.} - \text{для підприємств}$$

Загальна економія коштів за рахунок сонячного електрозабезпечення і опалювання складає за місяць:

$$252 \text{ грн. (електроенергія)} + 112,8 \text{ грн. (гаряча вода)} + 1264 \text{ грн. (опалювання)} = 1628,8 \text{ грн. для приватних споживачів, за відсутності «зеленого тарифу»};$$

$$4320 \text{ грн. (електроенергія)} + 112,8 \text{ грн. (гаряча вода)} + 1264 \text{ грн. (опалювання)} =$$

$$= 5696,8 \text{ грн. для приватних споживачів з урахуванням «зеленого тарифу»};$$

$$252 \text{ грн. (електроенергія)} + 112,8 \text{ грн. (гаряча вода)} + 2618 \text{ грн. (опалювання)} =$$

$$= 2982,8 \text{ грн. для підприємств, за відсутності «зеленого тарифу»};$$

$$4320 \text{ грн. (електроенергія)} + 112,8 \text{ грн. (гаряча вода)} + 2618 \text{ грн. (опалювання)} =$$

$$= 7050,8 \text{ грн. для підприємств з урахуванням «зеленого тарифу»};$$

Річна економія коштів відповідно складає від 19800 грн. до 85123 грн.

Нагрів води, подача теплової енергії для опалювання здійснюється за наявності додаткового джерела живлення для нагріву (ТЕНа і ін.), а подача електроенергії за наявності локальної електричної мережі, за рахунок цього можлива цілорічна подача теплової енергії цілий рік та економія коштів. За використання комбінованої установки.

Термін окупності комплексу від 5 до 7 років з урахуванням цін на теплову і електричну енергію. Комплекс в роботі повинен виправдовувати витрати, вкладені в нього і переносити прибуток для подальшої модернізації або розширення можливостей господарської діяльності.

Основним показником є період окупності і собівартість продукції. Економічний розрахунок теплофотоелектричної установки проводиться окремо для теплової і електричної частини.

Висновки і перспективи подальших розробок. За наслідками експериментів можна зробити висновок про ефективність роботи сонячних установок з комбінованим виробленням теплової і електричної енергії.

При використанні комбінованого абсорбера для вироблення тепла і електроенергії можна значно збільшити сумарний КПД геліоустановки, а охолодження сонячних елементів циркулюючим теплоносієм на промислових елементах геліопрофіля дозволяє значно збільшити вироблення електроенергії комбінованою установкою.

Використання запропонованих установок для забезпечення тепловою і електричною енергією автономної енергозбережної будови дозволяє зробити такі висновки:

- використання сонячних установок для забезпечення автономного споживача дозволяє при комбінованому виробленні теплової і електричної енергії значно підвищить загальну ефективність всієї системи;
- використання вбудованих в кровлю будівель комбінованих геліопрофілей дозволяє значно економити матеріали, площі і собівартість робіт по монтажу і установці систем теплоелектропостачання, установка і монтаж запропонованої авторами термофотоелектричної установки (табл.1) дозволяє економити на 1 м² геліополя до 1000 грн. фінансових коштів;
- впровадження запропонованого авторами термофотоелектричного геліопрофіля дасть можливість економити в рік від 200 грн. (при звичайному тарифі) до 850 грн. (при «зеленому тарифі») з 1 м² геліоустановки при оплаті споживачем гарячого водопостачання, опалювання і електропостачання;
- згідно економічним розрахункам і проведенням авторами натурним випробуванням, окупність всієї системи теплоелектропостачання при установці термофотоелектричного геліопрофіля складає від 5 до 7 років.

Список використаної літератури

1. Вейси Ф. Расчет тепловых режимов двухстороннего приемника излучения в статическом солнечном концентраторе / Ф. Вейси, Э. Сергиевский, И. Тюхов // Труды 4-й Международной научно-технической конференции., 12-13 мая 2004 г., Москва, ГНУ ВИЭСХ. – Ч. 4. – С. 114–120.
2. Zondag H. PVT ROADMAP, A European guide for the development and market introduction of PV-Thermal technology, PV Catapult - Contact n° 502775 (SES6) / H. Zondag, M. Bakker, W. van Helden, Energy Research Centre of the Netherlands ECN, 2006. – P. 44–48
3. Кузнецов К. В. Исследование характеристик солнечного воздушного гибридного коллектора / К. В. Кузнецов, И. И. Тюхов, Э. Д. Сергиевский // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве, Труды 6-й Международной научно-технической конференции. – 13-14 мая 2008 г., Москва, ГНУ ВИЭСХ. – Ч. 4. – С. 227–231.
4. Кучинский В. П. Методика определения тепловых характеристик фототермических модулей / В. П. Кучинский, Н. П. Сеницын, А. Н. Суржик, В. И. Шевчук // Відновлювана енергетика. – 2006. – № 4. – С. 44–47.
5. Рассмакин Б. П. Отечественные солнечные коллекторы на основе алюминиевых тепловых труб / Б. П. Рассмакин // Материалы X международной конференции, АР Крым, п.г.т. Николаевка. – 14-18 сентября 2009 г. – С. 175–178.
6. Патент Российской Федерации RU 2292003 // В. В. Подлепич и др. – 2004. – 176 с.
7. Кувшинов В. В. Некоторые результаты исследования комбинированной установки для фототермопреобразования солнечной энергии / В. В. Кувшинов, В. А. Сафонов // Сборник трудов СНУЯЭиП. – № 31. – 2009. – С. 158–163.
8. Арбузов Ю. Д. Основы фотоэлектричества / Ю. Д. Арбузов, В. М. Евдокимов. – Москва, 2007. – 290 с.
9. Патент на корисну модель № 49078 Україна; МПК Н 01 L 31/00. Фототермоперетворювач сонячної енергії / А. І. Башта, В. В. Кувшинов, В. О. Сафонов. – № u 2009 12291; заявл. 30.11.2009; опубл. 12.04.2010. – Бюл. № 7. – 201 с.
10. Бекман У. Расчет систем солнечного теплоснабжения / У. Бекман, С. Кейли, Д. Даффи. – Москва: Энергоатомиздат, 1988 – 330 с.

Прийнято до друку 27.03.2011