На Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт з природничих, технічних і гуманітарних наук

Галузь науки «Екологія»

СТУДЕНТСЬКА НАУКОВА РОБОТА

«ГЕЛІОСИСТЕМА ДОПОМІЖНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ ШАХТНОГО ПІДПРИЄМСТВА»

Шифр «Сонячний колектор»

2020

ЗМІСТ

[ВСТУП 3](#_Toc30498914)

[1 ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ 6](#_Toc30498917)

[1.1 Використання сонячної енергії для гарячого водопостачання 6](#_Toc30498918)

[1.2 Переваги та недоліки сонячної енергетики 7](#_Toc30498919)

[2 ШЛЯХИ СТАБІЛІЗАЦІЇ РОБОТИ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРУ 9](#_Toc30498920)

[2.1 Методика дослідження 11](#_Toc30498921)

[2.2 Робота геліоустановки в умовах хмарності 13](#_Toc30498922)

[3 РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ 16](#_Toc30498923)

[ВИСНОВКИ 19](#_Toc30498924)

[ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 20](#_Toc30498925)

**ВСТУП**

В умовах глобальної екологічної кризи у світі та в Україні актуальним стає питання пошуку альтернативних джерел енергії. Одним з найбільш поширених видів відновлюваної енергії є сонячна енергія. Сьогодні в Україні найперспективнішим напрямом використання сонячної енергії є її пряме перетворення на низькопотенційну теплову енергію. Недоліком такого типу установки є обмеження тривалості світлового часу, погодних умов, а також ефект хмарності.

Протягом дня кількість сонячної радіації змінюється, для її стабілізації необхідно її акумулювати та накопичувати для подальшого використання, запропонована технічна реалізація стабільної роботи геліоустановки за рахунок використання земної радіації та акумулятора певно частини сонячної енергії. Як приклад використання сонячної енергії для господарських потреб представлено приклад шахти «Халемба» (Польща), де встановлено сонячні панелі які виступають в ролі допоміжної установки, замість резервного джерела тепла. На рисунку 1 представлено графік енергії, яка була вироблена сонячними установками на шахті «Халемба» протягом 53 тижнів 2018 року [1].

Сонячна енергія – це відновлювальний природний ресурс, для відновлення якого не потребується участь людини. Це найбезпечніше екологічне джерело енергії. Переваг сонячної енергії набагато більше ніж недоліків. Серед головних переваг доступність, екологічна чистота, відновлення, безпечність. До недоліків можна віднести – обмеження роботи тривалістю світлового часу, зниження ефективності при захмарені, значні ціни на фотоелементи та займання великих площ землі під електростанції [2].

Рис. 1 – Електроенергія вироблена геліоустановкою на шахті «Халемба» міста Руда-Шльонська (Польща) протягом 2018 року, [1]

Згідно представленого графіку (рис.1) сонячна установка найбільше виробляє енергії з другої частини весни, протягом літа та першого місяця осені.

Енергія сонячного випромінювання, яка надходить щорічно на територію України, становить близько 1,2 МВт·год/м2, але лише 1% цієї енергії належить до ресурсів, які економічно доцільно використовувати. Відповідно до досліджень, можливий потенціал сонячної генерації в Україні становить приблизно 4 ГВт. В умовах українського клімату сонячні системи працюють цілорічно, щоправда ефективність різниться залежно від географічної широти місцевості. Середньорічний потенціал сонячної енергії в Україні досить високий, що дає зможу ефективно використовувати теплоенергетичне обладнання на території країни.

Метою роботи є експериментальні дослідження забезпечення стабільної роботи сонячного колектора в умовах хмарності.

Об'єкт дослідження - процеси тепломасопереносу в сонячному колекторі.

Предмет дослідження - умови підвищення ефективності темломасопереносу при впливі хмарності.

Методи дослідження - при виконанні роботи було виконано фізичне моделювання тепломасопереносу в сонячному колекторі.

Для досягнення мети в роботі необхідно вирішити наступні завдання:

* Виявити негативні сторони існуючих моделей сонячних колекторів;
* Вирішити питання забезпечення стабільності роботи геліоустановки при зміні сонячної радіації;
* Обґрунтувати шляхи підвищення продуктивності сонячної установки.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

* Вперше запропоновано нівелювання негативного впливу хмарності на роботу геліоустановки;
* Експериментально обґрунтовано отримання додаткової енергії сонячним колектором за рахунок встановлення акумулятора.

Практичне значення отриманих результатів полягаєв розробці способу вирішення проблеми негативного впливу хмарності на роботу сонячного колектору та підвищення ККД роботи сонячного колектору.

1. **ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ**
	1. **Використання сонячної енергії для гарячого водопостачання**

Отримання електроенергії із сонячного випромінювання являє собою чисту альтернативу електроенергії з викопного палива, при чому без забруднення повітря і води, без негативних наслідків, які відображаються у глобальному потеплінні. Це одним плюсом даної технології є відсутність залежності від стаціонарної подачі електроенергії. Сонячна енергія може нагрівати воду, охолоджувати та обігрівати будинки, а також забезпечити безперебійне, природне освітлення.

Сонячні колектори - це пристрої для збору енергії випромінювання Сонця у видимому та інфрачервоному спектрі. Сонячні колектори призначені для перетворення сонячної енергії на теплову для підігрівання води на побутові потреби та підтримку системи опалення. Завдяки конструктивним удосконаленням та високому коефіцієнту абсорбції (95%) сонячні колектори ефективно працюють майже 9 місяців на рік. Скло колекторів ударостійке та гарантує механічну стійкість до атмосферних опадів (граду) чи потрапляння у них твердих предметів. Використання рідини (розчину гліколю), що не замерзає, забезпечує роботу колекторів за низьких температур повітря – до -30°С [8,9].

В Україні на сьогодні найбільш перспективним напрямом використання сонячної енергії є безпосереднє перетворення її в низько потенціальну теплову енергію. Системи сонячного теплопостачання вважаються одними із найнадійніших та довговічніших, за умови правильного та якісного монтажу. Тому дуже важливим є вибір конструкційних матеріалів при створенні колекторів. У лабораторних умовах авторами проведено ряд досліджень, які виявили відмінність матеріалів, які необхідно застосовувати при виготовленні сонячного колектора. В дослідженні було представлено чорний поліетилен завтовшки 40 мкм та спінений фольгований поліетилен товщиною 5 мм. Результати нагрівання води з чорним поліетиленом становлять 0,4°С, а в випадку фольгованого поліетилена нагрівання відбулося ефективніше в 3 рази і склало 1,5°С [2].

Системи сонячного теплопостачання, якщо вони правильно розраховані та якісно змонтовані, вважаються одними із найнадійніших та най довговічніших [3].

**1.2** **Переваги та недоліки сонячної енергетики**

В даний час по всьому світу ведеться активна робота по вдосконаленню існуючих моделей сонячного колектору і вирішення цього питання вкрай актуальне для всесвіту. Більшість конструкцій містить каркас в якому розташований абсорбер з каналами для циркуляції теплоносія, поглинач сонячної енергії, прозору ізоляцію, розташовану над абсорбером, канали вводу та виводу робочої рідини та теплову ізоляцію [5 - 8]. Більш продуктивним є сонячний колектор що містить герметичний корпус, верхня частина якого виконана з прозорого матеріалу, а звернена до сонця внутрішня поверхня має темне покриття яке поглинає сонячне випромінювання, тубі з каналами для перепустку теплоносія, що мають вхід та вихід на поверхні сонячного колектора [9].

Сонячна енергія доступний та невичерпаний ресурс, наразі безкоштовний, тому доцільно його використовувати для потреб людини, щоб заощадити використання вичерпних природних ресурсів.

Плюси використання сонячних електростанцій:

* Сонячна енергія - це відновлювальна енергія, яка не може вичерпатися (принаймні в масштабах людського мислення). В запасі у нас є ще мінімум п’ять мільярдів років, щоб використовувати Сонце для отримання електроенергії. Цього більш ніж достатньо, враховуючи те, що запаси нафти, газу, вугілля і урану можуть вичерпатися в найближчі сторіччя.
* Екологічність. Отримання сонячної енергії майже не шкодить навколишньому середовищу [3].
* Великі можливості використання в різних сферах діяльності.
* У технології отримання сонячної енергії роль людини зведена до мінімуму.
* Доступ до сонячної енергії можливій в будь-якій точці світу.
* Простота експлуатації. Сонячні станції, особливо домашні, практично не вимагають технічного обслуговування [2].
* Безшумність.
* Економічність. В Україні діє «зелений тариф» - завищена ціна, за якою держава купує електроенергію, отриману альтернативним екологічним способом.

Негативна сторона використання сонячних установок:

* Висока вартість обладнання.
* Нестабільність. Кількість отриманої енергії безпосередньо залежить від інтенсивності сонячного випромінювання [3].
* Дорогі системи акумуляції енергії.
* Для розміщення сонячних енергоустановок потрібні значні площі. Це може бути земля, стіна будівлі, або ж дах, але місце все ж потрібно виділити [4]. Але не вирішується питання забезпечення стабільність роботи через вплив хмарності.

**2 ШЛЯХИ СТАБІЛІЗАЦІЇ РОБОТИ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРУ**

Одним з поширених варіантів перетворення сонячної радіації в теплову енергію є використання сонячного колектора. Сонячний колектор – це пристрій, який здатен перетворити сонячну енергію в теплову енергію, для використання в побуті людиною в якості нагрівання води в технологічних цілях або для обігріву оселі. Згідно метеорологічних даних безпосередньо на території України сонячний колектор працює не менш 9 місяців на рік. Потенціал, наприклад, Донецької області в отриманні сонячної енергії складає близько 33\*109 МВт·год/рік [2,6].

Область використання геліоустановок обмежена тривалість сонячного періоду доби та інтенсивністю сонячної радіації, яка залежить від пори року, тому доцільно такі геліосистеми використовувати як допоміжні. Якщо розглянути використання теплової енергії на прикладі шахтного підприємства (табл. 1), основне навантаження з 8 години до 17 годин, в цей період споживання енергії досягає максимальної позначки, працюють всі галузі підприємства.

Табл. 1 – Хронограма споживання теплової енергії шахтним підприємством

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Години доби | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|  Зміни | ІV | І | ІІ | ІІІ  | ІV |
| Споживачі | Пральня |  |  |  |  |  |  |  | + | + | + | + | + | + | + | + | + |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Майстер. |  |  |  |  |  |  |  | + | + | + | + | + | + | + | + | + |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  Лазня |  |  |  |  | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |  |  |  | + | + |
|  Їдальня |  |  |  |  | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |  |  |  | + | + |
| АПК | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Калорифер | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

Основні споживачі тепла та гарячої води:

АПК – обігрів приміщень;

Їдальня – миття посуду, меблів та приміщень;

Пральня - прання та сушка спецодягу;

Лазня – купання робітників, обігрів та миття приміщень;

Калорифер – обігрів стовбурів в холодну пору року.

Традиційні засоби використовуються для основного теплопостачання цілодобово, а в цей період доцільно використовувати сонячну енергію. При цьому сонячна енергія необхідна для підприємства цілий рік, тож для цього і пропонується використовувати геліоустановку.

На хронограмі відзначено пікові періоди використання енергії на підприємстві, для того щоб забезпечити підприємство необхідною електроенергією зазвичай встановлюють декілька котлів для виробництва енергії, а при сприятливих погодних умов є можливість замінити використання котла на сонячну установку, тим самим зменшуючи негативний вплив на навколишнє середовище від викидів шкідливих речовин з котла, а також зменшити кількість використання палива (вугілля, газу).

Беручі до уваги той факт, що використання електроенергії на шахті в нічні зміни менша, ніж в денні. Замість резервного котла доцільно встановити сонячні панелі, які будуть виробляти допоміжну енергію для їдальні, пральні та господарських потреб, але від погодних умов залежить ефективність роботи цих панелей.

Найголовніший недолік звичайного сонячного колектора є обмежена та нестабільна продуктивність тепла, яка визначається тривалістю та інтенсивністю опромінення Сонцем утримуючої промені поверхні, наприклад, внаслідок хмарності.

Тривалість сонячного сяйва з одного боку є важливою характеристикою режиму сонячної радіації, а з другого боку – режиму хмарності. Тривалість сонячного сяйва виражається годинами за місяць чи рік, протягом яких прямі сонячні промені надходять на земну поверхню. Це дуже важливий елемент клімату місцевості [6].

Тривалість сонячного сяйва залежить від тривалості дня та хмарності. Тривалість дня, у свою чергу, залежить від географічної широти та пори року. Щільні хмари повністю затінюють Землю від прямих сонячних променів. Тривалість сонячного сяйва можна характеризувати кількістю годин, або відсотками від можливої тривалості. В останньому випадку добре видно, наскільки хмарність зменшує тривалість дії прямих сонячних променів [6].

**2.1 Методика дослідження**

В основу запропонованої авторами установки покладено ідею заміни зниженої в наслідок хмарності сонячної радіації на земну радіацію. Реалізується ця ідея наступним чином [10]. Сонячний колектор розташовують на кронштейні, який дозволяє перегортати його поверхню в межах півсфери. Поряд з колектором змонтовано акумулятор теплової енергії.

В нормальному режимі роботи прозора поверхня колектора отримує сонячні промені. В корпусі колектора темна поверхня поглинає промені, відбувається накопичення тепла, яке нагріває теплоносій в трубах і останній по каналам поступає до споживачів тепла. Акумулятор також знаходиться під дією променів Сонця і заповнюючи його речовина нагрівається вище ніж оточуюче середовище. При перекритті Сонця хмарами та зменшенні внаслідок цього інтенсивності опромінювання прозорої поверхні пристрою скорочується теплова продуктивність сонячного колектора. В такої ситуації, за допомогою шарнірів на опорі та кронштейна, корпус колектора встановлюють над акумулятором таким чином щоб периметри кожуху і акумулятора співпали. Розміри акумулятору можуть бути значно більшими ніж прозорої стінки колектора, це дозволяє значно збільшити теплову ємність акумулятора. Накопичена акумулятором теплова енергія спрямовується до колектора у вигляді променів та конвекційних потоків. Нутряна світловідбивна поверхня кожуху запобігає втратам променевої складової енергії, а теплоізолюючий матеріал кожуха – втратам конвекційної складової. Наявність кожуха сприяє концентруванню теплоти до колектора. Підігрів колектора від акумулятора триває до охолодження речовини акумулятора до рівня оточуючого середовища [10].

Склад геліоустановки та принцип її роботи пояснюється рисунками 2 і 3.



1 – корпус; 2 – кронштейн; 3 – стойка; 4 – акумулятор теплової енергії;

5 – кожух; 6 – шар відбиваючого світло матеріалу,

Рис. 2 - Вид сонячного колектора при нормальному

сонячному освітленні, [10]

Сонячний колектор складається з герметичного корпусу 1, верхня частина якого виконана з прозорого матеріалу, а звернена до сонця внутрішня поверхня має темне покриття яке поглинає сонячне випромінювання, труби з каналами для перепустку теплоносія, що мають вхід та вихід на поверхні сонячного колектора. Корпус 1 за допомогою шарніра закріплений до кронштейну 2, який, в свою чергу, також за допомогою шарніру з’єднаний зі несучою стойкою 3. Поруч зі стойкою 3 розташований акумулятор теплової енергії 4. Навколо герметичного корпусу 1 сонячного колектора розташований кожух 5, виконаний з теплоізолюючого матеріалу, внутрішня поверхня кожуху покрита відбиваючим світло шаром 6, зовнішній периметр кожуху має рівні розміри і форму з периметром акумулятора.

В сонячну погоду сонячний колектор працює наступним чином. Корпус 1 розгорнутий прозорою поверхнею до світла. В корпусі колектора 1 темна поверхня поглинає промені, відбувається накопичення тепла, яке нагріває теплоносій в трубах і останній по каналам поступає до споживачів тепла. Відбиваючий світло шар 6 кожуху 5 спрямовує падаючи на нього інфрачервоні промені підсилюючи ефективність колектора 1. Акумулятор 4 також знаходиться під дією променів Сонця і заповнюючи його речовина нагрівається вище ніж оточуюче середовище [10].

**2.2 Робота геліоустановки в умовах хмарності**

Вплив погодних факторів на ефективність роботи геліоустановки відбувається постійно, ефективність змінюється як протягом року, та к і впродовж дня. Запропоновано варіант, який забезпечує певну кількість теплової енергії і її можна акумулювати для подальшого використання при хмарності або заходу сонця. Технічно це можливе завдяки геліоустановкам представлених на рисунках 2 та 3.

При перекритті Сонця хмарами і зменшенні внаслідок цього інтенсивності опромінювання прозорої поверхні скорочується теплова продуктивність сонячного колектора 1. Принцип роботи сонячного колектору в умовах хмарності представлено на рисунку 3.



1 – корпус; 2 – кронштейн; 3 – стойка; 4 – акумулятор теплової енергії; 5 – кожух; 6 – шар відбиваючого світло матеріалу,

Рис. 3 - Вид сонячного колектора при наявності хмарності [10]

Для отримання додаткового тепла використовують акумулятор 4. Для цього за допомогою шарнірів на опорі 3 та кронштейна 2, корпус колектора 1 встановлюють над акумулятором 4 таким чином щоб периметри кожуху і акумулятора співпали. Накопичена акумулятором 4 теплова енергія спрямовується до колектора 1 у вигляді променів та конвекційних потоків. Нутряний світловідбивний шар 6 кожуху 5 запобігає втратам променевої складової енергії, а теплоізолюючий матеріал кожуха 5 – втратам конвекційної складової. Наявність кожуха 5 сприяє концентруванню теплоти до колектора 1. Таким чином відбувається додаткове одержання колектором 1 тепла після перекриття Сонця хмарами. Підігрів колектора 1 від акумулятора 4 триває до охолодження речовини акумулятора 4 до рівня оточуючого середовища.

На прикладі вугледобувної шахти, в таблиці 1, представлено динаміку споживання галузями підприємства шахти теплової енергії в певний час доби, найбільше споживання припадає на денні часи, з 8 годин ранку до 16 години, в цей час всі галузі працюють і споживання енергії досягає максимальної позначки.

Використання сонячної енергії дає економічний, екологічний та соціальний ефект. Зниження кількості спалювання викопних ресурсів дозволяє знизити викиди в атмосферне повітря при їх спалюванні, а заощадження природних ресурсів позитивно впливає на економіку, бо сонячна енергія безкоштовна [10].

**3 РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ**

Було виконано перевірку ефективності сонячного колектора за допомогою лабораторної установки яка складалась з електронагрівального джерела теплової енергії, яке генерувало потік інфрачервоних променів, скляного лабораторного холодильника одна половина його зовнішньої стінки, протилежної до джерела ІЧ променів, вкрита світловідбиваючої плівкою, одна сторона нутряної трубки холодильника підключена до водопроводу, з протилежного боку вода вільно витікає. Холодильник імітував сонячний колектор. Відстань (L) між джерелом теплової енергії та холодильником вимірювали. Температура води на вході до холодильника і виході з нього регіструється за допомогою електричних датчиків. Нижче холодильника розташована ємність з водою, яка також опромінюється з джерела теплової енергії. Це імітатор акумулятора теплової енергії.

Досліди проводили наступним чином. Включали електронагрівальне джерело теплової енергії та подачу води до холодильника, фіксували температуру води на вході (Т1) та виході (Т2) з холодильнику. Нагрівання продовжували до встановлення стабільного рівня температури Т2, це було подібне сонячному освітленню.Після чого живлення джерела теплової енергії та заміряли тривалість (tb) охолодження води з Т2 до Т1. Таким чином імітували захмарнення. Після цього повторно включали нагрів до Т2, вимикали нагрів, Накривали холодильник та ємність з водою кожухом зі свитловідбіваючої плівки і фіксували час (ta) охолодження води від Т2 до Т1. Ця операція була подібною до підпитки сонячного колектора від акумулятора [10].

Узагальнена картина зміни температур надана на рис. 4, де лінія «*b*» характеризує режим охолодження води в колекторі без акумулятора, а лінія «*a*» - з використанням акумулятора.



T1 – температура води початкова в крані;

T2 – температура води на виході з моделі колектору;

ta – час охолодження води з використанням акумулятора;

tb – час охолодження води без використанням акумулятора [10].

Рис. 4 – Схема зміни температури теплоносія на виходи з колектора при наявності хмарності з використанням акумулятора (а) і при нормальному сонячному освітленні без акумулятора (б):

Змінювали відстань (L) між холодильником та джерелом теплової енергії, та всі операції повторювали. Результати досліджень надані в таблиці 2.

Таблиця 2 - Режими охолодження води при різних варіантах роботи колектора, [10]



де: L – відстань від скляного холодильника до джерела тепла;

Т1 – початкова температура води в крані;

Т2 – температура води на виході з моделі теплового колектора;

ta – час охолодження води в моделі теплового колектора;

tb – час охолодження води з використанням акумулятора.

В роботі дано рішення стабілізації роботи геліоустановок та одержання додаткового тепла після перекриття Сонця хмарами. Використання сонячного теплового колектора доцільне в системах сонячного опалення і гарячого водопостачання в умовах перемінній сонячній радіації.

Результати моделювання дозволили обґрунтувати гіпотезу о можливості отримання додаткової енергії сонячним колектором за рахунок використання акумулятора та перерозподілу його енергії за допомогою кожуха. Підтверджена ефективність запропонованого пристрою.

**ВИСНОВКИ**

Застосування запропонованої конструкції сонячного теплового колектора дозволяє одержувати додаткове тепло після перекриття Сонця хмарами та забезпечити стабілізацію роботи таких геліоустановок. Як наслідок, використання сонячного теплового колектора доцільне в системах сонячного опалення і гарячого водопостачання в умовах перемінній сонячній радіації.

Результати фізичного моделювання довели ефективність методу поєднання видів теплової радіації, кількісний показник – ефективність збільшилася в 3 рази. Потенційні можливості використання альтернативних джерел досить високі і найголовніше безпечні для довкілля. Це дає змогу стверджувати, що можна забезпечити суттєву економію викопних паливно-енергетичних ресурсів та поліпшити екологічні показники енергопостачання.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Матеріали наукової конференції "Górnictwo Zrównoważonego Rozwoju 2019",Сілезький технічний університет  (м. Глівіце, Польща), 25-29 листопада 2019 г.

2. Підвищення ефективності сонячних колекторів. С.М. Шкрильова, В.К. Костенко. 5-й Міжнародний конгрес “Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування”: збірник матеріалів. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. – 202 c.

3. Сабадаш В.В. Енергетика, радіаційна безпека та захист довкілля від фізичних забруднень. Загальний курс: навч. посібник / В.В. Сабадаш, І.М. Петрушка, М.С. Мальований, О.А. Нагурський. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 296 с.

4. Плюсы и минусы солнечных станций. Електронний ресурс. Відкритий доступ. <https://ekotechnik.ua/ukr/umnoe-solnce/stati/plysu-i-minysu-solnechnuh-stantsiy/>

5. Теплов А. Лучистое тепло: солнечные термальные коллекторы // Украинский промышленный журнал “ММ. Деньги и Технологии” – 2011. №6. С. 10. Електронний ресурс / Режим доступу: <https://hi-tech.ua/wp-content/htb/upload/iblock/6ca/6cae50e13ebd3346b676c5b4bdeba347.pdf>

1. Особливості конструювання сонячних колекторів, М.І. Данчук, Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ". Луцьк, 2012. Випуск №38 Електронний ресурс / Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/node/2116>
2. Енергозбереження і енергоефективність -1. Конспект лекцій для студентів напрямку підготовки 6.050802 «Електронні пристрої та системи». - Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – 106 с.
3. Корисна модель UA 41237 U, Сонячний колектор, МПК F24 j2/06, опубл. 12.05.2009, бюл.№9
4. Корисна модель UA 10604 U, Сонячний колектор, МПК F24 j2/24, опубл. 10.10.2016, бюл.№19

10. Патент на корисну модель № 133597. Сонячний тепловий колектор / В.К. Костенко, О.Л. Зав’ялова, С.М. Шкрильова, О.С. Коростильов. Номер заявки u 2018 11819. заявл. 30.11.2018; чинний10.04.2019.