

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	6
1.1. Геліотехнології як актуальний напрям енергетики України	6
1.2. Відомі пристрої для використання сонячної енергії.....	7
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП ДІЇ ЗАПРОПОНОВАНОЇ ГЕЛІОУСТАНОВКИ.....	11
2.1. Аналіз аналогів та прототипу установки	11
2.2. Технічний опис конструкції установки.....	14
2.3. Принцип дії установки	18
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЮЧОЇ МОДЕЛІ СОНЯЧНОЇ КУХНІ.....	20
3.1. Виготовлення елементів конструкції діючої моделі.....	20
3.2. Експериментальні характеристики діючої моделі.....	25
ВИСНОВКИ.....	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	30
ДОДАТКИ.....	32

ВСТУП

В умовах війни для України особливо великого значення набувають питання національної безпеки, серед яких – енергозберігаючі технології та альтернативні джерела енергії. Завдяки забезпеченню автономності від зовнішніх ресурсів українці зможуть здобути перемогу в енергетичному аспекті війни. Внаслідок значних руйнувань енергетичних об'єктів Україні необхідно підвищити маневрову здатність системи, враховуючи нові умови та можливості, відновити втрачені потужності. Модернізація українського енергетичного сектору підтримає економіку країни, прискорить інтеграцію країни до Європейського Союзу та сприятиме боротьбі зі світовою екологічною катастрофою – зміною клімату на планеті.

Проект Плану відновлення України Національної ради з відновлення України від наслідків війни передбачає заходи, серед яких провідне місце належить відбудові та розвитку відновлювальних джерел енергії. Одне з таких перспективних альтернативних джерел для нашої країни – енергія Сонця. Отже, *актуальним* є розроблення конструкцій геліоустановок для автономного перетворення сонячної енергії в теплову, що можна використовувати в польових умовах.

Метою роботи є розроблення портативної сонячної кухні як джерела теплової енергії в польових умовах, яка б мала покращені характеристики перед вже існуючими. Для досягнення мети були поставлені такі *дослідницькі завдання*:

- проаналізувати існуючі геліоустановки, виділити їхні головні недоліки;
- розробити конструкцію сонячної кухні як портативного екологічно чистого автономного джерела теплової енергії;
- виготовити та дослідити діючу модель сонячної кухні.

Об'єкт дослідження – пристрої для перетворення сонячної енергії (геліоустановки).

Предмет дослідження – геліоустановки для отримання теплової енергії (сонячні кухні) в польових умовах.

Інформаційною базою роботи були наукові статті, видання за даною тематикою, патенти України та зарубіжних країн, матеріали мережі Internet.

Методи дослідження:

- теоретичний: вивчення наукової літератури, патентів на корисні моделі, матеріалів мережі Internet та Закону України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі», аналіз (виділення недоліків існуючих пристроїв аналогічного призначення) та синтез (розроблення конструкції портативного сонячної кухні), порівняння та аналогія (пошук ідеї конструкції портативної геліоустановки, зокрема у природних системах), узагальнення (виділення можливих напрямів застосування розробленої сонячної кухні), підготовки заявки на отримання патенту на корисну модель до Українського національного офісу інтелектуальної власності та інновацій), висвітлення результатів дослідження у спеціалізованому виданні;
- експериментальний: дослідження параметрів діючої моделі геліоустановки та її режимів роботи.

Наукова новизна роботи полягає у розробленні конструкції портативної екологічно чистої геліоустановки, яка дозволяє реалізувати такі режими роботи: нагрівання води (підігрів та кип'ятіння), приготування варених страв, запікання продуктів та їх розігрівання, виконання господарських робіт.

Практичне значення пов'язано з тим, що розроблена геліоустановка знайде застосування у галузі геліоенергетики, зокрема як портативне екологічно чисте автономне джерело теплової енергії на присадибних ділянках, під час подорожей та в польових умовах.

На запропоновану конструкцію сонячної кухні нами отримано патент України на корисну модель «Геліоустановка» (№ 1424/ЗУ/24) [5]. Результати дослідження висвітлені у науковому журналі «Молодий вчений» [1].

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

1.1. Геліотехнології як актуальний напрям енергетики України

Геліотехнології є одним з найбільш дешевих способів отримання екологічно чистої енергії, тому розвиток сонячної енергетики – пріоритетний напрям для інвестицій у багатьох країнах (зокрема, США, Німеччина, Китай та Японія). [17]. Чинниками розвитку сонячної енергетики в Україні є: сприятливі кліматичні умови для використання сонячної енергії та її відновлюваність; збереження традиційних джерел енергії; простота отримання енергії; доступність, екологічність та безшумність перетворення; автономність від країн, що є постачальниками вичерпних ресурсів. Проте сонячні електростанції країн Північної Європи – Польщі, Німеччини, Данії генерують більше енергії порівняно з Україною [12], що має набагато сприятливіші кліматичні умови, зокрема областей, що розташовані на півдні країни: Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька, частково Донецька та АР Крим) (рис. 1.1).

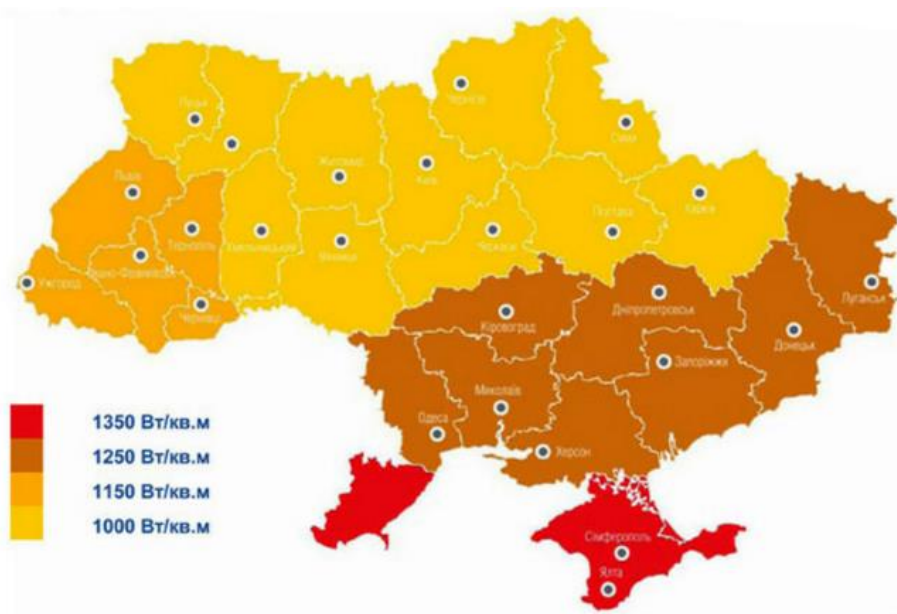


Рис. 1.1. Карта України за інтенсивністю сонячного випромінювання [21]

За рівнем інсоляції територія України умовно поділяється на такі регіони: Західний, Центральний, Південно-Східний та Південний. Найбільш перспективною для розвитку геліотехнологій вважається Південна частина країни. До 2022 року сонячна енергетика України активно розвивалася та становила 5% від загального виробництва електроенергії країни. Найбільші промислові сонячні електростанції були побудовані в Дніпропетровській (290 МВт), Одеській (240 МВт), Вінницькій (228 МВт) та Херсонській (100 МВт) областях [4]. Такому розвитку генерації сприяло залучення інвестицій та запровадження урядом «зеленого» тарифу для приватних домогосподарств, кількість яких щороку зростала щонайменше вдвічі. Згідно з Енергетичною стратегією України до 2050 року держава планує збільшити до половини частку використання альтернативних джерел енергії порівняно з ядерною енергетикою [16].

Отже, актуальним напрямом сучасних досліджень є технології використання та перетворення сонячної енергії. До розв'язання окресленої проблеми також активно долучається молодь. Цьому сприяє широкий спектр творчих конкурсів фізико-технічного спрямування, зокрема: Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідницьких робіт учнів – членів Малої академії наук, Всеукраїнський конкурс молодіжних проєктів з енергозбереження «Енергія і середовище», Всеукраїнський конкурс винахідницьких і раціоналізаторських проєктів еколого-натуралістичного напрямку, Всеукраїнський конкурс молодіжних науково-технічних проєктів «InventorUA», Всеукраїнський науково-технічний конкурс «Еко-Техно Україна».

1.2. Відомі пристрої для використання сонячної енергії

Здавна людство навчилося використовувати енергію Сонця для своїх потреб – приготування їжі, підігріву води, вирощування рослин та інше. З історії цікавим є загальновідомий факт спрямування Архімедом сонячного світла (212 р. до н.е.) [9, с. 57]. Застосувавши ефект «гарячого скла» під час війни, він підпалив кораблі римлян за допомогою увігнутих дзеркал. Сьогодні значно збільшився перелік пристроїв, що використовують енергію Сонця. Internet-магазини пропонують багато

гаджетів на сонячних батареях – годинники, рюкзаки, кепки, намети, зарядки, бездротові клавіатури, іграшки тощо (рис. 1.2).



а)



б)

Рис. 1.2. Приклади сучасних гаджетів, оснащених сонячною панеллю:

а) рюкзак [18]; б) навчальна іграшка-коник [8]

Сонячні колектори та печі – ще один приклад застосування сонячного випромінювання. Ці сонячні установки використовують як у побуті, так і для промислових потреб. З історії техніки відомо, що вперше в 1830 році під час експедиції швейцарець Горацій де Соссюр використав сонячний колектор для приготування їжі. А наприкінці XVIII ст. французький вчений Антуан Лавуазьє винайшов сонячну піч, за допомогою якої можна було одержати надвисокі температури для різноманітних промислових процесів. На сьогодні у світі існує дві найбільші сонячні печі – в Узбекистані [19] та Solar Furnace у Франції [3].

Solar Furnace знаходиться в місті Фон-Ромі-Одейо (Східні Піренеї) та працює з 1970 року (рис. 1.3). Функцію параболічного відбивача виконують дзеркала, у фокусі яких температура може підвищуватися до 3500°C. Температура регулюється за рахунок зміни нахилу дзеркал. Система стеження за Сонцем оснащена 63-ма дзеркальними плитами (геліостатами) зі 180 секціями, встановлених на двигунах, що рухаються за Сонцем. Відображені геліостатами промені фокусуються увігнутих дзеркалом в робочу зону.



а)



б)

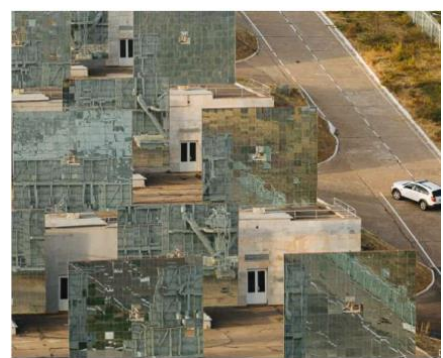
Рис. 1.3. Сонячна піч Solar Furnace [3]:

а) зовнішній вигляд конструкції; б) параболічний відбивач

Комплекс «Сонце» в Узбекистані розташований в сейсмічній зоні (45 км від Ташкента), де сонце світить 270 днів у році (рис. 1.4). Він побудований в період з 1981 по 1987 роки та має найбільший концентратор у світі. Функцію параболічного рефлектора виконує величезне увігнуте дзеркало, що концентрує енергію світла, відображену з 62-ох розташованих навпроти у шаховому порядку великих дзеркал (геліостатів, що в свою чергу складаються з 12090 дзеркал). Геліостати мають змогу повертатися за напрямком Сонця, а положення найбільшого у світі концентратора (загальна площа складає 1840 м^2) повинно бути орієнтованим в напрямку північ-південь. Максимальна температура такої печі може досягати 2000°C .



а)



б)

Рис. 1.4. Комплекс «Сонце» в Узбекистані [18]:

а) зовнішній вигляд конструкції; б) розташування геліостатів

Нині також зростає потреба у *геліоустановках малої потужності* для індивідуальних потреб населення, зокрема для використання в польових умовах. Різновидами таких установок є *сонячні кухні (печі)* – геліоустановки, що використовується для приготування їжі. Прикладом такого пристрою є сонячна піч виготовлена Леонідом Миськівом [20]. Вона складається з двох основних елементів – призми Френеля (зі старого проєкційного телевізора) та противня від духовки. Цю піч можна використовувати під час подорожей та відпочинку (рис. 1.5). Проте вона має й суттєві недоліки, зокрема, значні мас-габаритні характеристики призми та складність у її виготовленні, нерівномірна робота впродовж світлового дня.



Рис. 1.5. Процес приготування їжі з використанням лінзи Френеля [20].

Отже, нами поставлено завдання розробити портативну сонячну кухню з покращеними характеристиками перед вже існуючими (підвищені коефіцієнти використання коефіцієнту корисної дії, зниженні витрати енергії у передавальних ланках, знижені мас-габаритні характеристики, рівномірна робота впродовж світлового дня тощо).

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП ДІЇ ЗАПРОПОНОВАНОЇ ГЕЛІОУСТАНОВКИ

2.1. Аналіз аналогів та прототипу установки

Відомі сонячні кухні відрізняються за конструкцією, розміром, специфікою використання. Зазвичай сонячна кухня складається з геліоконцентратора, у центрі якого знаходиться ємність для приготування їжі. Деякі варіанти конструкції передбачають також можливість орієнтування на Сонце. Як приклад, наведемо сонячні кухні, що пропонують сучасні виробники: параболічна сонячна піч ES [14], гриль Gosun Sport на сонячній енергії [6] та сонячна кухня Solar Brother Sungood [22] (рис. 2.1). Попри наявні переваги ці геліоустановки мають й суттєві недоліки. Зокрема, параболічна сонячна піч ES, що призначена для домашнього та вуличного приготування, має високу вартість (приблизно 7000 грн.), знижений коефіцієнт корисної дії (робоча ємність не теплоізольована), а також не позбавлена негативного впливу на очі користувача (фокальна зона концентратора лежить за його межами). Гриль Gosun Sport на сонячній енергії, що містить вакуумні трубки та працює за принципом термоса, також характеризується високою вартістю (приблизно 10000–14000 грн.) та складністю очищення трубок після приготування їжі; сонячна кухня Solar Brother Sungood швидко збирається, проте не передбачає можливості орієнтування за Сонцем, потребує значних витрат часу для приготування їжі та є також порівняно дорогою (приблизно 3000 грн.).

У роботі нами було поставлено завдання розробити сонячну кухню, яка шляхом використання енергії Сонця та підвищення коефіцієнта корисної дії установки за рахунок зміни форми концентратора та зменшення теплових втрат дозволяє використовувати її як портативне екологічно чисте автономне джерело теплової енергії, яке можна використовувати в польових умовах та заощаджувати електричну енергію.

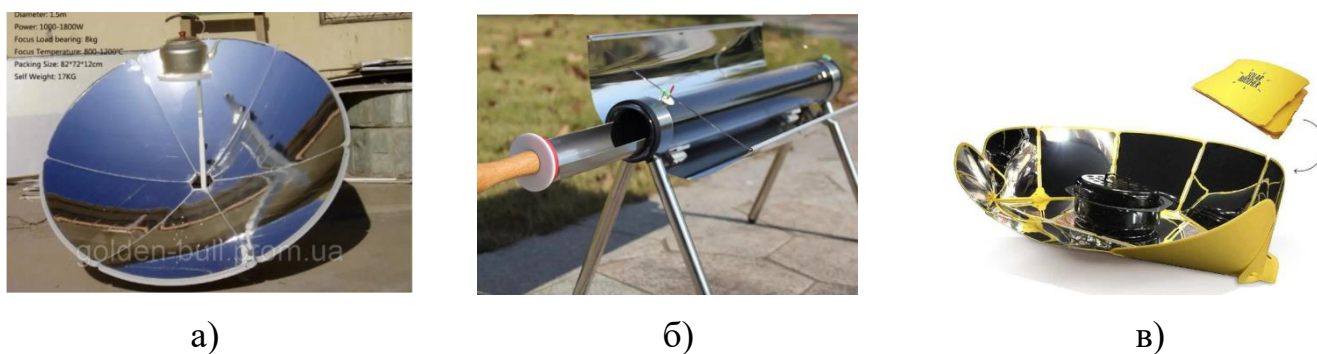


Рис. 2.1. Конструкції відомих сонячних кухонь:

- а) параболічна сонячна піч ES [14]; б) гриль Gosun Sport на сонячній енергії [6];
в) сонячна кухня Solar Brother Sungood [22]

Для розв'язання цього завдання нами проаналізовано також конструкції сонячних кухонь, що наведені в Базі патентів України. Аналогом запропонованої нами сонячної кухні є геліоустановка «Сонячна піч для приготування їжі» [13]. Вона містить (рис. 2.2) пристрій для перетворення енергії та пристрій для орієнтування. Пристрій для перетворення енергії складається з корпусу у вигляді паралелепіпеда 1, виготовленого з, щонайменше двох, шарів теплоізолювального матеріалу 2, що розділені повітряним прошарком 3; прозорої нахиленої кришки з декількома шибками 4. Сонячна піч має змогу повертатися навколо вертикальної осі за допомогою пристрою для орієнтування 5. Усередині печі поверхня вкрита металевією фольгою 6. У повітряному прошарку розташовано теплообмінник для підігріву повітря 7, який використовує гарячу воду для нагрівання повітря з традиційної сонячної водонагрівальної установки або з сонячного колектора 8. Всередину сонячної печі поміщають ємність з їжею для її приготування. Установка додатково містить бак-акумулятор 9 та вентилі 10.

До недоліків цього аналогу відносимо:

- нерівномірність роботи печі впродовж світлового дня, зумовлена відсутністю орієнтування за висотою Сонця;
- наявність додаткової сонячної водонагрівальної установки або сонячного колектора;
- значні мас-габаритні характеристики печі;

- низький коефіцієнт корисної дії установки.

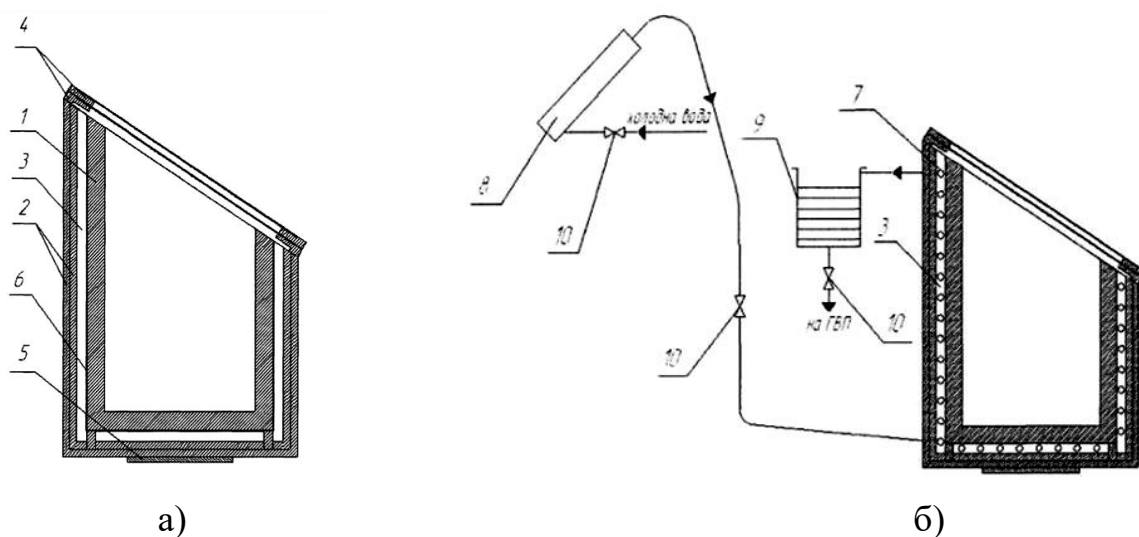


Рис. 2.2. Конструкція аналогу запропонованої геліоустановки [13]:

а) загальний вигляд; б) розташування теплообмінника

Найбільш близькою за технічною суттю до запропонованої нами сонячної кухні є геліоустановка з нерухомим концентратором (Сонячна установка з нерухомим концентратором) [15]. Вона складається (рис. 2.3) з пристрою для перетворення енергії та пристрою для орієнтування. Пристрій для перетворення енергії містить нерухомий концентратор 1 та розташований усередині нього рухомий приймач 2, що має циліндричну форму, яка відповідає формі фокальної зони концентратора. Концентратор закріплений на вертикальній опорі 3 й виконаний з можливістю обертання навколо вертикальної осі 4, що проходить через центр директриси 5 поверхні концентратора вслід за переміщенням Сонця. Пристрій для орієнтування містить вертикальну опору, що закріплена в бетонній основі 6 і спирається на торцевий підшипник 7. У верхній частині опора підтримується двома розпірками 8, що прикріплені до корпусу радіального підшипника 9, а рухомий приймач жорстко закріплений на вертикальній опорі за допомогою клем 10 та тяг 11, 12 та має змогу повертатися за Сонцем за допомогою приводу.

Недоліками прототипу є:

- наявність бетонної основи, в якій закріплена опора, що збільшує мас-габаритні характеристики установки та суттєво знижує його портативність;

– значні втрати теплової енергії приймача, зокрема у холодну та/або вітряну погоду.

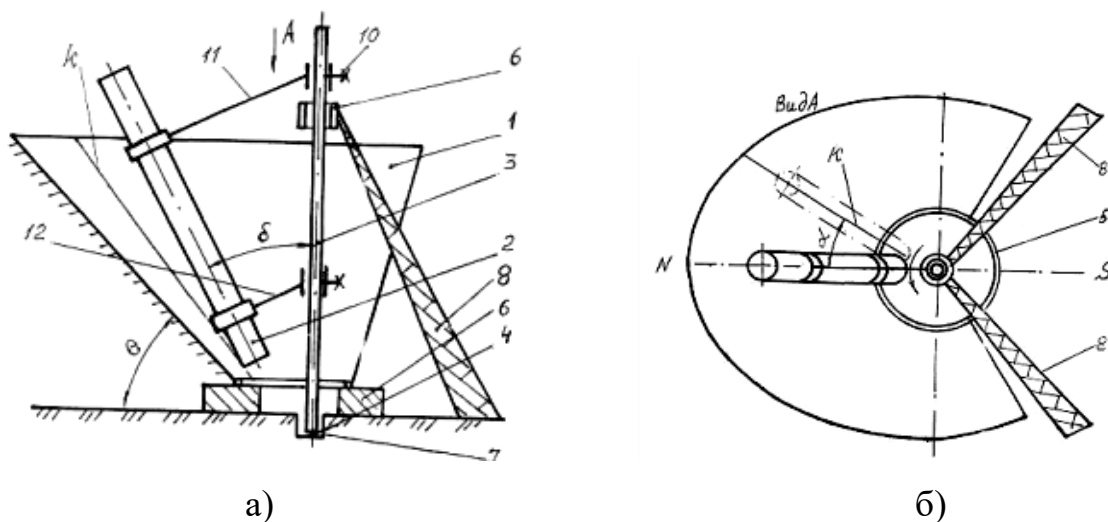


Рис. 2.3. Конструкція прототипу запропонованої геліоустановки [15]:

а) вигляд збоку; б) вигляд зверху

Отже, у процесі аналізу наявних геліоустановок виявлено характерні елементи конструкції сонячних кухонь та їх принцип дії, виокремлено недоліки аналогів та прототипу запропонованої геліоустановки: нерівномірність роботи установки впродовж світлового дня, що зумовлена відсутністю орієнтування за висотою Сонця; значні мас-габаритні характеристики установки; низький коефіцієнт корисної дії сонячної кухні, що обумовлені значними втратами теплової енергії приймача, зокрема у холодну та/або вітряну погоду; висока вартість пристрою.

2.2. Технічний опис конструкції

Запропонована нами сонячна кухня за зовнішнім виглядом нагадує соняшник та складається з двох основних частин: пристрою для перетворення енергії («голова соняшника») та пристрою для орієнтування («стебло соняшника»). Ідея власної конструкції портативної сонячної кухні з використанням природного аналога – соняшника, виникла під час роботи над груповим науковим проектом щодо вивчення

сільськогосподарських рослин України. Як і соняшник, наша сонячна кухня орієнтується за денним світилом.

Сонячна кухня складається з пристрою для перетворення енергії та пристрою для орієнтування на Сонце. Пристрій для перетворення енергії містить (рис. 2.3): концентратор 1, знімну циліндричну робочу ємність 2, тримач 3, фіксувальний стрижень 4; та пристрою для орієнтування, що містить: підставку 5, опору 6, кронштейн 7, ручку 8. Геліоустановка може додатково мати світлопрозорий циліндричний ковпак 9.

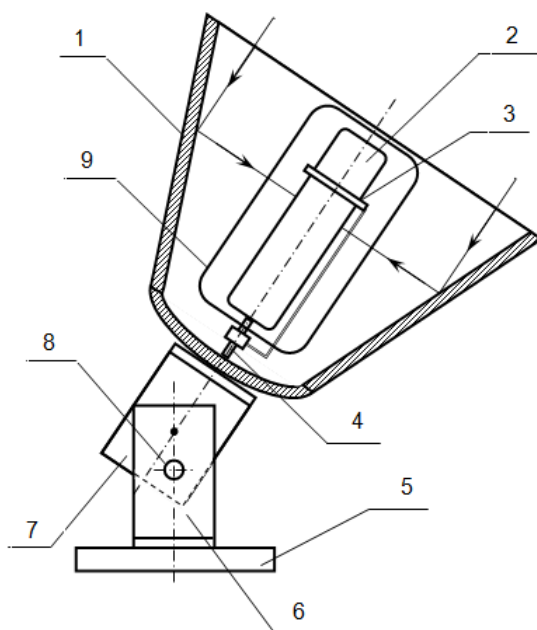


Рис. 2.3. Схема конструкції запропонованої сонячної печі

Концентратор 1, виконаний у формі зрізаного кругового конуса з вгнутою основою та кутом 45° між його віссю й твірною. Знімну циліндричну робочу ємність 2 розташовують вздовж осі концентратора 1 у його фокальній зоні за допомогою тримача 3, який закріплений на фіксувальному стрижні 4, розміщеному вздовж осі концентратора 1. Зсередини концентратор 1 має металеве покриття з високим коефіцієнтом відбивання світла. Вгнута основа концентратора 1 дає змогу спрямовувати світлові промені на нижню поверхню (дно) ємності 2. Зовнішня поверхня ємності 2 виконана зачорненою для збільшення коефіцієнту поглинання сонячного випромінювання, а її циліндрична форма, що зумовлена осевою симетрією

фокальної зони концентратора 1, дозволяє знизити інтенсивність відбитих променів. На підставці 5 розташована опора 6 з можливістю повороту пристрою для перетворення енергії навколо вертикальної осі. До опори 6 закріплений кронштейн 7 з можливістю повороту пристрою для перетворення енергії навколо горизонтальної осі. Ручка 8 призначена для керування поворотом кронштейна 7 та опори 6. Концентратор 1 жорстко з'єднаний з кронштейном 7 за допомогою фіксувального стрижня 4. Пристрій для орієнтування дозволяє забезпечити спрямування осі концентратора 1 на Сонце за двома кутами в горизонтальній системі небесних координат:

- за висотою Сонця над горизонтом, що регулюють поворотом кронштейна 7 навколо горизонтальної осі;
- за азимуту Сонця, що регулюють поворотом опори 6 навколо вертикальної осі.

Світлопрозорий циліндричний ковпак 9 закріплюють у тримачі та розташовують співвісно зі знімною циліндричною робочою ємністю 2. Виконання ковпака 9 циліндричним та його співвісне розташування зі знімною циліндричною робочою ємністю 2 збільшує коефіцієнт пропускання сонячного випромінювання. Розміри ковпака 9 мають бути такими, щоб повітряний прошарок між ним та ємністю 2 був невеликим, у цьому випадку термічний опір прошарку найбільший. У верхній частині ковпак 9 може мати невеликий (приблизно 1 см – 2 см) технологічний отвір для запобігання конденсації водяної пари на внутрішній поверхні ковпака 9 у холодну пору року. Для зменшення втрат теплової енергії (зокрема, у холодну та/або вітряну погоду) знімну циліндричну робочу ємність 2 можна закривати кришкою.

На описану сонячну кухню нами отримано патент України на корисну модель «Геліоустановка» (№ 1424/ЗУ/24) [5] (рис. 2.4). Для виокремлення відмінних від прототипу ознак цієї установки наведемо формулу корисної моделі:

1. Геліоустановка, що складається з пристрою для перетворення енергії, що містить концентратор з розташованою у його фокальній зоні циліндричною робочою ємністю, та з'єданого з ним пристрою для орієнтування, яка **відрізняється** тим, що концентратор виконаний у формі зрізаного кругового конуса з вгнутою основою та

2.3. Принцип дії установки

Запропонована сонячна кухня працює так. Перед початком роботи її встановлюють на горизонтальну поверхню. Вздовж осі концентратора у його фокальній зоні закріплюють за допомогою тримача знімну циліндричну робочу ємність, яку можна накривати кришкою та світлопрозорим циліндричним ковпаком. Розміщення ємності всередині концентратора та використання ковпака сприяє зменшенню втрат теплової енергії, що зумовлені конвективним рухом нагрітого повітря, та зменшує охолоджуючий вплив вітру. Контроль за тепловими процесами всередині ємності можна забезпечити через кришку ємності (у цьому випадку кришка виконується світлопрозорою).

За допомогою пристрою для орієнтування користувач повертає концентратор так, щоб сонячне випромінювання надходило до нього. Максимум енергії концентратор отримує за умови спрямування його осі на Сонце. За такого розташування геліоустановки сонячні промені, що потрапляють до концентратора паралельно до його осі, після відбивання від поверхні концентратора фокусуються на робочій ємності. Переваги такого концентратора полягають у тому, що:

- він легко виготовляється та збирається;
- відбиті від концентратора промені не потрапляють в очі користувача;
- фокальна зона знаходиться поблизу осі концентратора (сонячні промені падають на циліндричну поверхню робочої ємності під кутом 0°);
- фокальна зона розташована усередині концентратора (вздовж його осі), що полегшує теплоізолювання робочої ємності від охолоджуючого впливу вітру.

Геліоустановка не потребує високої точності фокусування сонячних променів на робочій ємності, тому переміщення концентратора услід за рухом Сонця користувач може здійснювати вручну, наприклад, за двома кутами в горизонтальній системі небесних координат: за висотою Сонця над горизонтом, що регулюють поворотом кронштейна навколо горизонтальної осі, та за азимутом Сонця, що регулюють поворотом опори навколо вертикальної осі. Положення концентратора достатньо

змінювати з інтервалом в одну-дві години відповідно до руху Сонця, оскільки впродовж однієї години небесна сфера разом із Сонцем повертається на кут 15° .

Розроблена конструкція сонячної кухні дозволяє:

- зменшити мас-габаритні характеристики установки, що дасть змогу використовувати її як портативне автономне джерело теплової енергії;
- підвищити енергетичну ефективність установки, зокрема її коефіцієнт корисної дії (досягається орієнтуванням концентратора на Сонце, теплоізолюванням робочої ємності, освітленням ємності з усіх боків);
- забезпечити рівномірну роботу установки впродовж світлового дня (використання пристрою для орієнтування на Сонце);
- знизити собівартість установки використанням підручних матеріалів (металева фольга, цупкий папір, алюмінієві бляшанки з-під напоїв тощо);
- не забруднювати навколишнє середовище під час експлуатації (зокрема, відсутні викиди CO_2) та заощаджувати вичерпні ресурси (використовується невичерпне джерело енергії – Сонце).

Запропонована сонячна кухня може бути використана як портативне екологічно чисте автономне джерело теплової енергії на присадибних ділянках, під час подорожей, у приміщеннях (через вікно) та в польових умовах. Установка дозволяє реалізувати режими роботи: нагрівання води (підігрів та кип'ятіння), приготування варених страв, запікання продуктів та їх розігрівання, виконання господарських робіт.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЮЧОЇ МОДЕЛІ СОНЯЧНОЇ КУХНІ

3.1. Виготовлення елементів конструкції діючої моделі

Для перевірки працездатності запропонованої сонячної кухні та її експериментального дослідження, нами була розроблена та виготовлена діюча модель геліоустановки (рис. 3.1). Для її створення були використані матеріали, що наявні в домашньому господарстві. Габаритні розміри моделі становлять: висота 0,6 м, діаметр концентратора 0,5 м. Діюча модель сонячної кухні розвиває потужність 130 Вт, що дозволяє, наприклад, нагріти 0,5 л води з початковою температурою 20°C до 100°C максимум за 25 хв за умови ясного неба у період з весни до осені.



а)



б)

Рис. 3.1. Загальний вигляд діючої моделі сонячної кухні:

а) вигляд збоку; б) робоча зона установки

Основні конструктивні елементи діючої моделі та матеріали, з яких вони були виготовлені, такі. Пристрій для перетворення енергії у діючій моделі містить [1]:

- концентратор діаметром 0,5 м, виготовлений з цупкого паперу у формі зрізаного кругового конуса з кутом 45° між його віссю й твірною, його внутрішня поверхня має шар металевої фольги; основа виготовлена з вгнутого сталевого диску діаметром 0,12 м, поверхня якого також має шар металевої фольги (рис. 3.2, а);

– знімну циліндричну робочу ємність з алюмінію висотою 0,16 м, діаметром основи 0,065 м (об’ємом 0,0005 м³) та масою 0,012 кг, зовнішня поверхня якої зачорнена (рис. 3.2, б);

– тримач зі сталевого дроту діаметром 0,003 м (рис. 3.2, в);

– фіксувальний стрижень виконаний у формі шпильки зі сталі довжиною 0,08 м з різьбою М8;

– світлопрозорий термостійкий пластиковий циліндричний ковпак з внутрішнім діаметром 0,09 м, висотою 0,18 м, товщиною стінки 0,003 м, що має технологічний отвір у верхній частині діаметром 0,01 м (рис. 3.2, г).

Маса діючої моделі (без робочої ємності) складає приблизно 1,5 кг: маса пристрою для перетворення енергії – 0,5 кг (маса ковпака 0,2 кг), а маса пристрою для орієнтування – 1 кг (маса підставки 0,6 кг).



а)



б)



в)



г)

Рис. 3.2. Елементи конструкції діючої моделі: а) концентратор; б) знімні робочі ємності; в) тримачі; г) різні моделі ковпаків

У діючій моделі нами було запропоновано два варіанти орієнтування концентратора на Сонце: за допомогою горизонтальної системи небесних координат (цей спосіб конструктивно більш простий, установка не потребує точного орієнтування) (рис. 3.3, а) та за допомогою екваторіальної системи небесних координат (за необхідності дозволяє автоматизувати орієнтування, проте спосіб потребує введення додаткових елементів конструкції) (рис. 3.3, б). Пристрій для орієнтування за першим варіантом містить:

- підставку, що має форму круглої пластини з текстоліту діаметром 0,2 м, товщиною 0,02 м;
- сталеву опору у формі рівнополичного кутика товщиною 0,002 м, довжиною 0,06 м та шириною полки 0,09 м;
- сталевий кронштейн у формі рівнополичного кутика товщиною 0,002 м, довжиною 0,055 м та шириною полки 0,065 м;
- ручку, що виготовлена зі сталевого стрижня довжиною 0,15 м, діаметром 0,008 м, який має теплоізолювальне покриття.



а)



б)

Рис. 3.3. Пристрій для орієнтування діючої моделі:

а) за горизонтальною системою небесних координат; б) за першою екваторіальною системою небесних координат

Робота пристрою для орієнтування за допомогою екваторіальної системи небесних координат здійснюється за двома кутами: схиленням δ та часовим кутом t .

Впродовж світлового дня часовий кут Сонця неперервно змінюється – зростає, тоді як його схилення залишається практично незмінним (його зміну слід враховувати через більш тривалі проміжки часу). Це спрощує дії користувача під час слідкування за Сонцем впродовж світлового дня та дозволяє автоматизувати процес орієнтування. Зміна часового кута забезпечується поворотом тяги на певний кут, що відповідає часу доби та визначається за циферблатом з нанесеними на ньому шкалами часу та кутів (див. рис. 3.3, б). Зміна кута схилення забезпечується поворотом платформи з концентратором та може проводитися перед початком роботи установки. Подібна система орієнтування (екваторіальна) використовується в налаштуванні телескопів в обсерваторіях. Цей принцип орієнтування нами було попередньо вивчено під час екскурсії до обсерваторії Запорізького національного університету (рис. 3.4).



а)



б)

Рис. 3.4. Вивчення системи орієнтування телескопа в обсерваторії Запорізького національного університету: а) екскурсія до обсерваторії;
б) робота з системою орієнтування телескопа

Під час експериментальних досліджень в польових умовах (на дачі) температура в ємності контролювалася цифровим термометром з термопарним датчиком (рис. 3.5). Дисплей та джерело струму термометра розташовані на підставці, а робочий спай термопари приводився у тепловий контакт з дном робочої ємності. Також серію дослідів було проведено в фізичній лабораторії з використанням цифрового комплексу LabQuest 2 (рис. 3.6).



а)



б)

Рис. 3.5. Вимірювання температури в робочій ємності:

а) цифровий термометр (разом із датчиком температури та джерелом струму);

б) розміщення термометра на підставці установки



а)



б)

Рис. 3.6. Дослідження діючої моделі в фізичній лабораторії:

а) вимірювання температури води в робочій ємності; б) аналіз кривих нагріву

Отже, діючу модель сонячної кухні виготовлено з матеріалів, що наявні в домашньому господарстві. Її основними конструктивними елементами є: пристрій для перетворення енергії (складається з концентратора, світлопрозорого циліндричного ковпака, знімної циліндричної робочої ємності, тримача, фіксувального стрижня) та пристрій для орієнтування (складається з підставки, опори, кронштейна та ручки). У діючій моделі передбачено два варіанти орієнтування концентратора на Сонце – з використанням горизонтальної та екваторіальної системи небесних координат.

3.2. Експериментальні характеристики діючої моделі

Корисна потужність та коефіцієнт корисної дії моделі. Для визначення корисної потужності, що розвиває сонячна кухня, було проведено серію вимірювань часу нагріву t робочої ємності з водою. За відомої маси води m , її початкової та кінцевої температури (відповідно T_1 і T_2) визначили середню корисну потужність за формулою:

$$P_{\text{кор}} = \frac{Q}{t} = \frac{cm(T_2 - T_1)}{t}, \quad (3.1)$$

де c – питома теплоємність води.

Під час досліджень сонячної кухні влітку за умови ясного неба середній час нагріву води масою $m = 0,5 \text{ кг}$ складав $t = 25 \text{ хв} = 1500 \text{ с}$ (з використанням світлопрозорого теплоізолювального ковпака навколо робочої ємності) та $t = 28 \text{ хв} = 1680 \text{ с}$ (без теплоізолювання робочої ємності) (рис. 3.7). Початкова та кінцева температури відповідно дорівнювали: $T_1 = 30^\circ\text{C}$; $T_2 = 100^\circ\text{C}$. Відповідно до цих даних корисна потужність установки з використанням світлопрозорого ковпака складає за формулою (3.1):

$$P_{\text{кор}} = \frac{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,5 \text{ кг} \cdot (100^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})}{1500 \text{ с}} \approx 98 \text{ Вт},$$

а без використання світлопрозорого ковпака: $P_{\text{кор}} \approx 88 \text{ Вт}$.

Зауважимо, що максимальна потужність, яку розвивала сонячна кухня складала приблизно 130 Вт (ясне небо, вітер відсутній).

Коефіцієнт корисної дії установки визначали за формулою:

$$\eta = P_{\text{кор}} / P_{\text{випр}}, \quad (3.2)$$

де $P_{\text{кор}}$ – корисна потужність установки; $P_{\text{випр}}$ – потужність сонячного випромінювання, що потрапляє на концентратор, її значення знайшли як добуток інтенсивності сонячного випромінювання w та площі контуру S концентратора:

$$P_{\text{випр}} = wS.$$

Інтенсивність сонячного випромінювання w визначали за Національним стандартом України «Будівельна кліматографія» [7]. Зокрема, для широти Запоріжжя

(48° пн. ш.) опівдні в липні $w \approx 760 \text{ Вт/м}^2$. Діаметр діючої моделі дорівнює 0,5 м ($S \approx 0,2 \text{ м}^2$). Тому

$$P_{\text{випр}} = 152 \text{ Вт.}$$

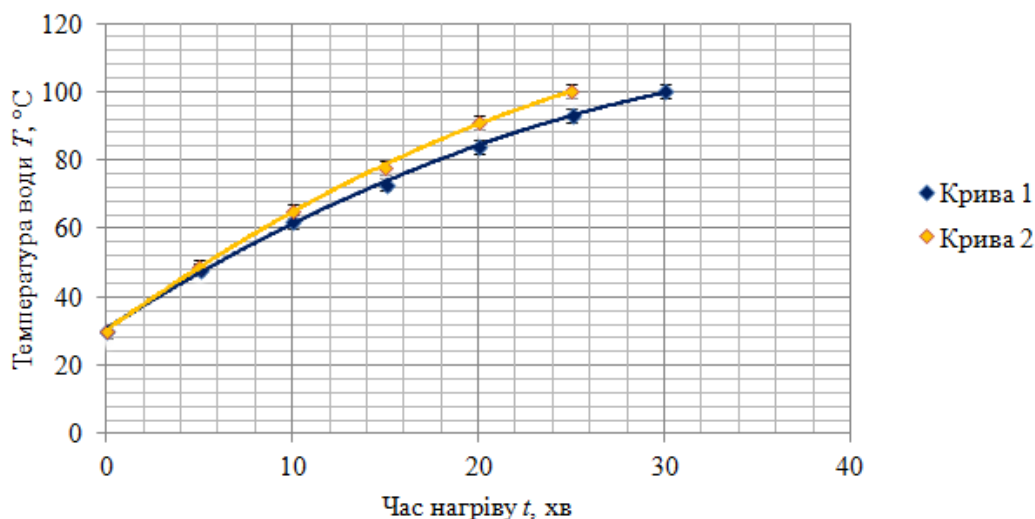


Рис. 3.7. Експериментальні криві нагріву води масою 0,5 кг влітку (температура повітря 33°C): крива 1 – ємність не теплоізована світлопрозорим ковпаком; крива 2 – ємність теплоізована ковпаком

Коефіцієнт корисної дії (3.2) моделі з використанням теплоізовального ковпака:

$$\eta = 98 \text{ Вт}/152 \text{ Вт} \approx 0,64,$$

а без його використання:

$$\eta = 88 \text{ Вт}/152 \text{ Вт} \approx 0,58.$$

Аналіз енергетичних втрат установки. Основними складовими енергетичних втрат при перетворенні енергії сонячного випромінювання на теплову енергію є:

- втрати при відбиванні світла від концентратора, що обумовлені не ідеальністю дзеркальної поверхні;
- втрати при проходженні світла крізь світлопрозорий ковпак (незначна частина світла відбивається від ковпака);
- втрати внаслідок тепловіддачі (частково ці втрати зменшуються використанням світлопрозорого ковпака) та відбивання світла робочою ємністю (поверхня робочої ємності не є абсолютно чорною);

– додаткові втрати (обумовлені дефектами концентратора, ковпака, робочої ємності, необхідністю нагрівання самої ємності).

Випробування діючої моделі в індивідуальному господарстві (зокрема, на дачі) свідчать, що запропоновану сонячну кухню можна застосовувати як портативне екологічно чисте автономне джерело теплової енергії на присадибних ділянках, під час подорожей та в польових умовах для нагрівання води (підігрів та кип'ятіння), приготування вареної, печеної їжі та її розігрівання, а також для інших господарських потреб (рис. 3.8).



а)



б)

Рис. 3.8. Використання сонячної кухні: а) кип'ятіння води; б) запечені продукти

Отже, діюча модель сонячної кухні розвиває потужність до 130 Вт, що дозволяє, наприклад, нагріти 0,5 л води з початковою температурою 20°C до 100°C за 25 хв за умови ясного неба у період з весни до осені. Запропоновану сонячну кухню можна використовувати для нагрівання води (підігрів та кип'ятіння), приготування вареної, печеної їжі та її розігрівання, а також для інших господарських потреб.

ВИСНОВКИ

У роботі наведено авторське розв'язання проблеми розроблення портативної сонячної кухні як джерела теплової енергії в польових умовах, яка має покращені характеристики перед вже існуючими. Узагальнення результатів цього дослідження є підставою для таких висновків.

1. Проведено аналіз існуючих геліоустановок та виокремлено основні недоліки аналогів та прототипу запропонованої сонячної кухні: нерівномірність роботи впродовж світлового дня, що зумовлена відсутністю орієнтування за висотою Сонця; значні мас-габаритні характеристики наявних установок; низький коефіцієнт корисної дії, що обумовлено значними втратами теплової енергії; висока вартість.

2. Розроблено конструкцію сонячної кухні як портативного екологічно чистого автономного джерела теплової енергії (отримано патент України на корисну модель «Геліоустановка»). *Формула корисної моделі:* 1. Геліоустановка, що складається з пристрою для перетворення енергії, що містить концентратор з розташованою у його фокальній зоні циліндричною робочою ємністю, та з'єданого з ним пристрою для орієнтування, яка *відрізняється* тим, що концентратор виконаний у формі зрізаного кругового конуса з вгнутою основою та кутом 45° між його віссю й твірною, робоча ємність є знімною та розміщена вздовж осі концентратора, а пристрій для орієнтування виконаний з можливістю регулювання положення пристрою для перетворення енергії у двох площинах. 2. Геліоустановка за п. 1, яка *відрізняється* тим, що додатково містить знімні кришку й світлопрозорий циліндричний ковпак, який встановлюють співвісно з ємністю.

3. Створено та досліджено діючу модель запропонованої сонячної кухні. Її перевагами є: компактність, простота конструкції та складання (виготовлено з матеріалів, що наявні в домашньому господарстві), легкість та зручність у транспортуванні.

4. Запропонована сонячна кухня може бути використана як портативне екологічно чисте автономне джерело теплової енергії на присадибних ділянках, під час подорожей та в польових умовах. Пристрій дозволяє реалізувати режими роботи:

нагрівання води (підігрів та кип'ятіння), приготування варених страв, запікання продуктів та їх розігрівання, виконання господарських робіт.

У подальшому планується автоматизувати систему слідування геліоустановки за Сонцем та дослідити можливість реалізації режиму приготування жарених страв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрєєв А. М., Андрєєва О. А., **Заєць Г. Д.**, Кротова О. М. Портативна геліоустановка «Квітка Сонця»: аналіз конструкції та принцип дії. *Молодий вчений*. 2023. № 11 (123). С. 1 – 7. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2023-11-123-22>.
2. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за заг. ред. Кудрі С.О./ Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. 82 с.
3. Велика сонячна піч у Франції. URL: <https://vikna.if.ua/cikavo/42845/view> (дата звернення: 17.10.2023).
4. Втрати та перспективи сонячної енергії під час війни в Україні. URL: <http://surl.li/ojfof> (дата звернення: 06.12.2023).
5. Геліоустановка: рішення про державну реєстрацію корисної моделі № 1424/ЗУ/24 від 06.02.2024: МПК (2024.01) F24S20/20 (2018.01), F24S23/00 / Андрєєв А.М., Андрєєва О.А., **Заєць Г.Д.**, Кротова О.М. № и 202304725; заявл. 06.10.2023.
6. Гриль Gosun Sport на сонячній енергії. URL: <http://surl.li/ojfon> (дата звернення: 17.10.2023).
7. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Чинний від 2010-12-16. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.
8. Навчальний коник на сонячній енергії. URL: <http://surl.li/ojfow> (дата звернення: 17.10.2023).
9. Праховник А.В., Іншеков Є.М., Дешко В.І., Стрелкова Г.Г., Фірсов Л.Ф., Мельникова О.В. Енергозбереження та пом'якшення змін клімату: посібн. з пом'якшення змін клімату і раціонального використання енергії та ресурсів для учнів загальноосвітніх навчальних закладів. Київ, 2008. 120 с.
10. Проєкт Плану відновлення України Матеріали робочої групи «Енергетична безпека»// Національна рада з відновлення України від наслідків війни. URL: <http://surl.li/dfwrr> (дата звернення: 01.01.2023).

11. Самойчук К.О., Верхованцева В.О., Лівик Н.В. Використання енергії Сонця в сучасному енергозабезпеченні України/ Електронний навчальний посібник. URL: <http://surl.li/ojfpb> (дата звернення: 06.12.2023).

12. Сонячні електростанції: кліматичні особливості. URL: <http://surl.li/ojfre> (дата звернення: 06.12.2023).

13. Сонячна піч для приготування їжі: пат. 55749U Україна: МПК F24J2/02 / Пуховий І.І., Кошарний Т.В. № u201006780; заявл. 01.06.2010; опубл. 27.12.2010, Бюл. №24.

14. Сонячна піч параболічна 6 дзеркал. URL: <http://surl.li/ojfpj> (дата звернення: 17.10.2023).

15. Сонячна установка з нерухомим концентратором: пат. 25790U Україна: МПК F24J2/06 / Дворецький О.Т., Лабишев А.В., Дворецький Д.О. № u200702915; заявл. 19.03.2007; опубл. 27.08.2007, Бюл. №13.

16. Стратегія майбутнього: Україна – це енергетичний хаб, який допоможе Європі позбутися залежності від росії// Урядовий портал від 21.06.2023 / Міністерство енергетики України. URL: <http://surl.li/nmkfo> (дата звернення: 17.10.2023).

17. Топ 5 найбільших сонячних електростанцій у світі. URL: <http://surl.li/ojftp> (дата звернення: 17.10.2023).

18. ТОП – 7 гаджетів на сонячних батареях, що полегшують наше життя! URL: <http://surl.li/ojfpw> (дата звернення: 17.10.2023).

19. Унікальний інститут Сонця в Узбекистані (19 фото). URL: <http://surl.li/ojfqr> (дата звернення: 17.10.2023).

20. Шашлики смажить на сонячній печі. URL: <http://surl.li/ojfpz> (дата звернення: 17.12.2023).

21. Яку кількість енергії я зможу отримати, встановивши сонячну електростанцію? URL: <http://surl.li/ojfqz> (дата звернення: 17.10.2023).

22. SunGood folding solar cooker. URL: <http://surl.li/ojfrz> (дата звернення: 17.10.2023).

ДОДАТКИ

Додаток А

Рішення про державну реєстрацію корисної моделі «Геліоустановка»

Форма В8



МІНЕКОНОМІКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
«УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ОФІС
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ»
(УКРНОІВІ)

вул. Дмитра Голотенка, 1, м. Київ, 01601, тел.: +380 44 209-27-06, +380 67 501-05-95
e-mail: office@nipo.gov.ua, http://www.nipo.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 44673629



2201000002023047250394079401224

06.02.2024 № 1424/ЗУ/24

Адреса для листування
Запорізький національний університет,
НДЧ, пат., вул. Жуковського, 66, м.
Запоріжжя, МСП-41, 69600

РІШЕННЯ

УКРНОІВІ на підставі цього висновку експертизи
прийняв рішення про державну реєстрацію
корисної моделі

Директор  06 ЛЮТ 2024
(підпис) **О.П.Орлюк**

Стосується заявки № и 2023 04725
/ при листуванні просимо посилатися на цей № /

Рішення про державну реєстрацію корисної моделі

Висновок про відповідність заявки на корисну модель формальним вимогам

(21) Реєстраційний номер заявки и 2023 04725

(22) Дата подання 06.10.2023

(71) Заявник(и)
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(72) Повне ім'я винахідника(ів)
**Андрєєв Андрій Миколайович, Андрєєва Олена Андріївна, Засць Ганна Денисівна,
Кротова Олександра Максимівна**

(73) Власник(и) патенту
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, 69600, UA

(51) МПК (2024.01)
F24S 20/20 (2018.01)
F24S 23/00

(54) Назва корисної моделі
ГЕЛІОУСТАНОВКА

За результатами формальної експертизи, проведеної Державною організацією
«Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій» відповідно до

Для доступу до цього документа з ідентифікатором 0794010224 необхідно:

1. Перейти за посиланням <https://sis.nipo.gov.ua>.
2. Обрати пункт меню "Сервіси – Отримати оригінал документу".
3. Вказати ідентифікатор документу та натиснути кнопку "Завантажити".

Додаток Б

Публікація результатів роботи у науковому журналі «Молодий вчений»



ЗМІСТ

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Андреев А.М., Андреева О.А., Засєв Г.Д., Кротова О.М. Портативна теліоустановка «Квітка сонця»: аналіз конструкції та принципи дії.....	1
--	---

БІОЛОГІЧНІ НАУКИ

Васильюк Ж.І. Перспектива впровадження можливостей епігенетики у судову молекулярно-генетичну експертизу.....	8
--	---

ФІЗИЧНЕ ВИХОВАННЯ
ТА СПОРТ

Висоцький В.А., Коваленко О.В., Кузнецов В.А., Мартинюк О.А. Відновлення дихання засобами фізичної реабілітації після COVID-19.....	11
Драч Т.А. Обґрунтування програми розвитку фізичних якостей учнів початкових класів засобами повітряної акробатики та пілонного спорту.....	15
Кожокар М.В., Палагнюк Т.В., Короликчук А.В. Оптимізація фізичної реабілітації військовослужбовців Збройних Сил України.....	19
Мельніков А.В., Гороховський А.В., Костян Я.М. Сучасні види реабілітації для постраждалих від війни військовослужбовців.....	23

КУЛЬТУРОЛОГІЯ

Демчук О.В. Вплив кобзарської школи на українську культуру у XVII-XIX століттях.....	27
--	----

ІСТОРИЧНІ НАУКИ

Візітченко А.С. Замали на життя консулів та збройні напади на європейські та радянські консульства у 20-30-х рр. XX ст.....	32
--	----

ФІЛОЛОГІЧНІ НАУКИ

Груздьова О.В., Ловейко Т.В. Алгоритм використання трансмедійного сторителінгу при виданні класичних творів.....	36
Дюкар К.В., Пономаренко О.О., Пономаренко О.В. Міфони́ми в поетичних текстах Ліни Костенко та Оксани Пахльовської: компаративний аспект.....	40
Перевертун О.П., Ловейко Т.В. Аналіз засобів впливу геббельсівської пропаганди.....	45

Перхат Р.-Ю.Т., Карна С.Р. Використання інструментарію Sketch Engine для виявлення колокацій.....	49
---	----

Проценко О.А., Работягова А.В. Особливості автобіографізму в повісті-спогаді Є. Іванчука «Записки каторжанина».....	53
--	----

Савастеева Т.В., Демчук А.І. Лінгвістичні особливості англійського освітнього блогу.....	58
--	----

ПЕДАГОГІЧНІ НАУКИ

Кожанко К.В., Шульга А.М. Науково-теоретичні засади проблеми формування соціально-громадянської компетентності дітей старшого дошкільного віку засобами ІКТ.....	62
--	----

Корж В.М., Кравець А.І. Експериментальне дослідження адаптації дітей молодшого дошкільного віку до умов ЗДО засобом ігрової діяльності.....	69
--	----

Нежиза А.А., Топіла Є.М. Підготовка вчителів початкових класів до застосування коміксів на уроках читання засобами Instagram сторінки.....	76
--	----

Alona Shyba Managing students' anxiety while learning foreign languages in the conditions of war in Ukraine.....	81
---	----

Шкурченко О.В., Удовенко О.В. Методичні засади застосування технологій STEM освіти у початковій школі.....	87
--	----

Шульга А.М., Гончарова В.В. Педагогічні умови розвитку творчих здібностей учнів початкової школи засобами гри.....	91
---	----

Ярмолюк О.В. Перспективи розвитку освітнього менеджменту в діяльності закладів фахової передвищої та вищої освіти.....	96
---	----

СОЦІАЛЬНІ КОМУНІКАЦІЇ

Голенок А.П., Моторний О.Г. Роль ЗМІ у формуванні зовнішнього іміджу країни на прикладі американського новинного видання The New York Times.....	100
---	-----

ЮРИДИЧНІ НАУКИ

Галасецька В.В. Правовий аналіз справ щодо встановлення факту народження або смерті на тимчасово окупованих територіях України.....	105
--	-----

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

Воробійов К.С. Від основ до вершини: пентагональна піраміда бренду як модель розвитку кавового бренду.....	111
---	-----

Додаток В

Копія сертифікату про проходження курсів «Стала та відновлювальна енергетика.
Основи»

Виданий 08.12.2023



СЕРТИФІКАТ

Цей сертифікат засвідчує, що
Ганна Заєць

успішно закінчив(ла) курс
«Стала та відновлювальна енергетика. Основи»

Томашевський Роман Сергійович
Голова ГО «Об'єднання молодих науковців НТУ «ХПІ»

Автентичність сертифікату можна перевірити за посиланням:
<https://certs.prometheus.org.ua/cert/9cf6b2b1c54440c3975b6d436b349271>

PROMETHEUS