

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИКИ ДЛЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ СОНЯЧНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНУ ДЛЯ УМОВ УКРАЇНИ

*О.М. Карнаш, В.С. Цих, А.В. Яворський*

*ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15; тел. (0342) 504708;  
e-mail: tdm@nuing.edu.ua*

*Розглядаються можливості використання термоелектрики для перетворення сонячного та теплового випромінювання в електричну енергію для умов України. Проведено розрахунки щодо доцільності використання запропонованої системи перетворення енергії та отримано необхідні залежності. Описано вимоги, необхідні для підвищення ефективності її роботи та забезпечення оптимальних умов для реалізації нового методу.*

Ключові слова: термоелектрика, сонячне і теплове випромінювання, система перетворення енергії.

*Рассматривается возможность использования термоэлектричества для преобразования солнечного и теплового излучений в электрическую энергию для условий Украины. Проведены расчеты относительно целесообразности использования предложенной системы преобразования энергии и получены необходимые зависимости. Описаны требования, необходимые для повышения эффективности её работы и обеспечения оптимальных условий для реализации нового метода.*

Ключевые слова: термоэлектричество, солнечное и тепловое излучения, система преобразования энергии.

*Availabilities of thermoelectric for transformation of solar and thermal emission to the electric energy for Ukrainian conditions are considered. Estimations about practicability of using suggested system of energy transformation are realized, and necessary dependences are achieved. The requirements are described, necessary for its effectiveness rising and for optimal conditions installation for the purpose of new method.*

Keywords: thermoelectrics, solar and thermal emission, power conversion system.

На даний час одним із стратегічних завдань національної економіки будь-якої держави є забезпечення раціонального використання існуючих енергетичних ресурсів. Вирішення проблем енергомісткості виробництва та енергозабезпечення є на сьогодні одним з найважливіших пріоритетів нашої країни. Гарантування енергетичної безпеки – це, насамперед, досягнення стану стабільного, надійного, економічно ефективного та екологічно прийняттого забезпечення енергетичними ресурсами економіки і соціальної сфери країни, а також створення умов для формування та реалізації політики захисту національних інтересів у сфері енергетики [1].

В зв'язку із зростанням проблем екологічного характеру та поступовим вичерпуванням існуючих природних сировинних ресурсів все відчутніше стає потреба у альтернативних джерелах енергії.

Використання класичного підходу до вирішення проблеми енергозабезпечення із застосуванням сонячних батарей є найбільш відомим та простим, проте малоєфективним в умовах низької сонячної інсоляції. Особливо це актуально для більшості території України, на якій середня інтенсивність сонячного випромінювання є досить низькою та коливається в межах від 1000 кВт·год/м<sup>2</sup> на півночі нашої країни до 1350 кВт·год/м<sup>2</sup> на території Криму (рис. 1). Крім того, як відомо, сонячні елементи здатні сприймати тільки 18% тієї сонячної радіації, яка потрапляє на них, отже вони мають досить

низький енергетичний вихід. Більша частина енергії Сонця, а це приблизно 70%, розсіюється у вигляді теплової енергії, яку використати за допомогою фотоелектричного перетворення неможливо. Виходячи з цього, доцільним стає використання саме теплової енергії задля перетворення її в електричну.

Прямий шлях перетворення теплової енергії в електричну пов'язаний із застосуванням термоелектрики, яка заснована на термоелектричних ефектах. Такий метод є найбільш придатним у даному випадку, навіть в міру того, що для термоелектричного перетворення характерний досить низький ККД – до 10%.

На сьогодні термоелектрика знаходить своє застосування у багатьох галузях народного господарства. Термогенераторні системи звичай використовуються у тих місцях, де застосування традиційних джерел енергії є неможливим. Найбільшого поширення термоелектричні генератори набули для живлення систем катодного захисту від корозії газо- та нафтопроводів, для проведення технічного моніторингу таких трубопроводів, а також для телекомунікаційних систем. На рисунках 2а та 2б наведено приклади використання термогенераторів відповідно для станції катодного захисту комунікацій в Аргентині потужністю 550 Вт (2а) та для диспетчерського контролю, збору даних і катодного захисту газопроводів на території Індії потужністю 5000 Вт (2б) [2].



Рисунок 1 – Карта сонячної інсоляції України



а) станція катодного захисту комунікацій в Аргентині потужністю 550 Вт



б) станція диспетчерського контролю, збору даних та катодного захисту газопроводів на території Індії

Рисунок 2 – Використання термоелектричних генераторних систем

Проте усі такі високопотужні системи вимагають обов'язкового використання органічного палива (зазвичай газу), що також потребує додаткових витрат та, в свою чергу, не може не впливати на екологічну ситуацію. На рисунку 3 наведена схема спалювання газу в таких термогенераторних системах.

Іншим прикладом є використання ґрунтових термогенераторів (рис. 4) виробництва інституту термоелектрики (м. Чернівці) [3]. Однак, у випадку використання енергії ґрунту матимемо досить низьку вихідну потужність (до 20 мВт). Тож ефективність таких систем є дуже низькою.

Виходячи з цього, доцільним стає використання сонячної енергії в ролі джерела тепла для термоелектричних систем. Крім того, такі системи можна додатково використовувати для утилізації надлишкового тепла у геліоколекторах, особливо у теплу пору року.

Застосування термогенераторних систем можливе і для великої кількості нафтогазових об'єктів, в яких на даний час використовується органічне паливо, чи в яких наявна велика кількість надлишкового тепла.

Ще одним варіантом використання термоелектрики може бути напрямок забезпечення живлення і, як наслідок, можливості постійного

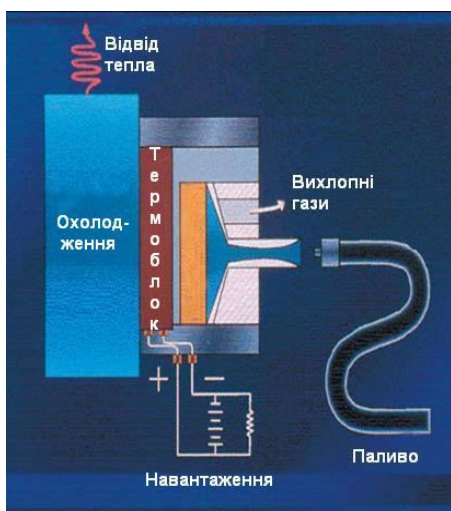
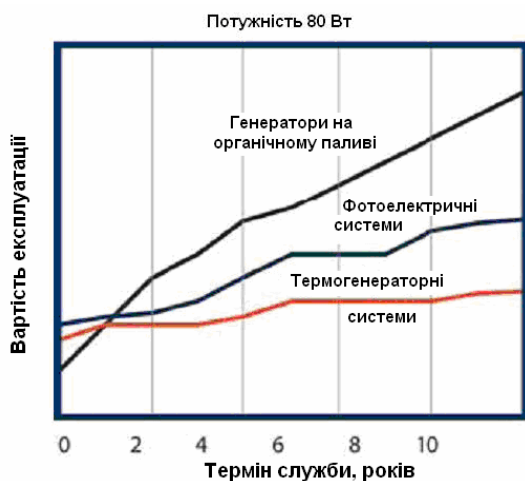


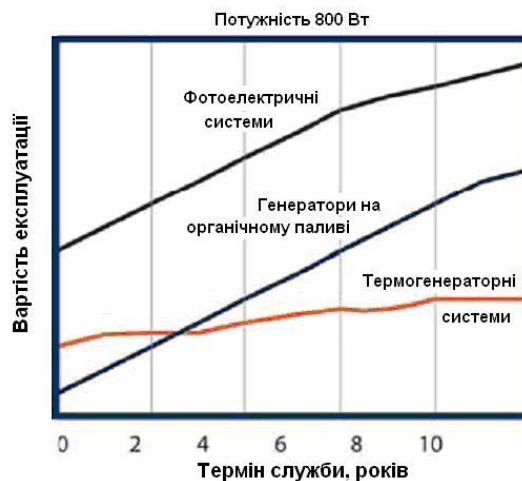
Рисунок 3 – Функціональна схема спалювання газу в термогенераторах



Рисунок 4 – Видгляд ґрунтових термогенераторів



а) графіки залежності вартості експлуатації систем перетворення енергії загальною потужністю 80 Вт



б) графіки залежності вартості експлуатації систем перетворення енергії загальною потужністю 800 Вт

Рисунок 5 – Вартість експлуатації різних систем перетворення енергії

моніторингу термодинамічних параметрів (тиску, температури, вологості тощо.) на гирлі свердловин, віддалених на значній відстані від установок комплексної підготовки газу для газової промисловості чи, наприклад, кущових групових замірних автоматизованих установок, що на даний момент не дозволяє використовувати вимірювальні прилади автономно та безпосередньо на гирлі свердловини. Досвід такого використання існує на території Росії у важкодоступних місцях родовищ Західного Сибіру, особливо за Полярним колом. Використання автономного живлення дозволяє побудувати системи телемеханіки з передачею інформації через радіоканал, а, отже, реалізувати режим онлайн-моніторингу термодинамічних параметрів в режимі реального часу.

Порівняно з існуючими фотоелектричними, термогенераторні системи мають відчутні переваги, пов'язані, насамперед, з надійністю та терміном служби елементів. Загалом термоелектричні генератори мають 20-річний гаран-

тійний безвідмовний період роботи. Окрім цього, такі системи вимагають мінімального технічного обслуговування впродовж всього терміну експлуатації. Ще одним недоліком сонячних батарей є те, що теоретично їх вважають екологічно безпечними для середовища. Однак на даний час для виготовлення фотоелементів і безпосередньо в них самих використовуються шкідливі речовини.

Дослідження показали, що у разі, коли загальна вартість фотоелектричної системи базується на середній тривалості служби батарей (тобто 10 років), справжня вартість робочого циклу сонячної системи є набагато вищою від вартості термоелектричного генератора через високу ціну заміни батарей та вищі витрати на проведення обов'язкового технічного обслуговування [2].

На рисунках 5а та 5б наведено графіки залежності загальної вартості експлуатації термогенераторних систем та еквівалентних фотоелектричної системи і генераторів на органіч-

ному паливі в залежності від терміну служби загальною потужністю 80 та 800 Вт відповідно.

Для того, щоб термоелектрична система перетворення енергії давала максимальну ефективність на виході, необхідно встановити оптимальні умови експлуатації та підібрати необхідну оптимальну конструкцію задля покращення технічних характеристик самої системи.

Досвід застосування сонячної енергії свідчить, що максимально використати випромінювання Сонця можна за допомогою сонячних колекторів або концентраторів, завдяки яким поглинається близько 90% усієї сонячної та теплової енергії, яка потрапляє на них.

Нами запропоновано використовувати схему перетворення теплової та сонячної енергії електричну із застосуванням термоелектричних перетворювачів (рисунок 6).

Дана схема включає колектор, за допомогою якого концентрується сонячний і тепловий потік, який відтак передається на приймач. Величина вихідних параметрів системи залежать від створеного перепаду температур між гарячою та холодною сторонами термогенераторного модуля. Тому система перетворення енергії включає нагрівання, з однієї сторони, модуля та одночасне охолодження іншої. Нагрівання відбувається за рахунок отриманого сконцентрованого потоку, який потрапляє на верхню (гарячу) пластинку модуля, яка відіграє роль приймача сонячної та теплової енергії. Охолодження в даному випадку проводиться за допомогою спеціальної ємності з холодною водою.

Для того, щоб оцінити реальні можливості запропонованого методу, необхідно проаналізувати та розрахувати можливі вхідні параметри, а саме сумарну кількість сонячної та теплової енергії, яка впродовж року потрапляє на поверхню встановленого колектора.

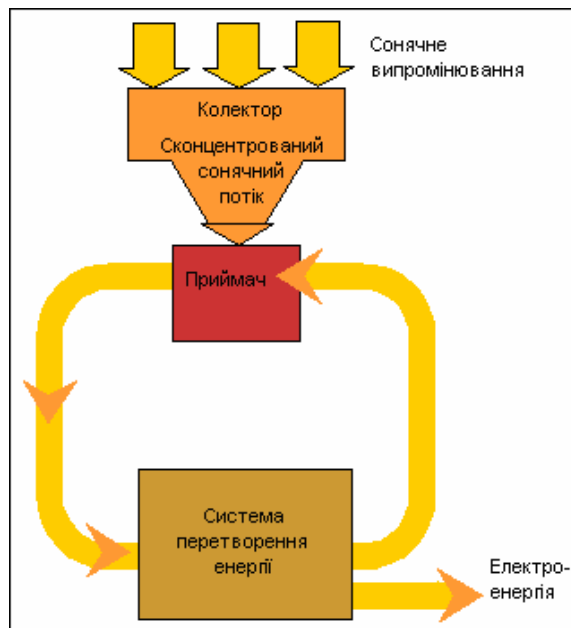


Рисунок 6 – Структурна схема перетворення сонячної та теплової енергії в електричну

Необхідний розрахунок проведено згідно формул, описаних в [4]. Значення широти, яке використовувалося в формулах, взято середнім для території України ( $\varphi = 48,85^\circ$ ).

На наступних графіках (рис. 7) наведено криві, які відображають сумарну інтенсивність сонячної енергії  $E_s$ , яка надходить на горизонтальну поверхню, щоденно впродовж року для трьох періодів доби, а саме – станом на восьму, дванадцятую та сімнадцятую години.

Результати розрахунку сумарної теплової енергії, яка потрапляє на поверхню, розміщену під кутом  $\beta$  на південь, наведено в таблиці 1.

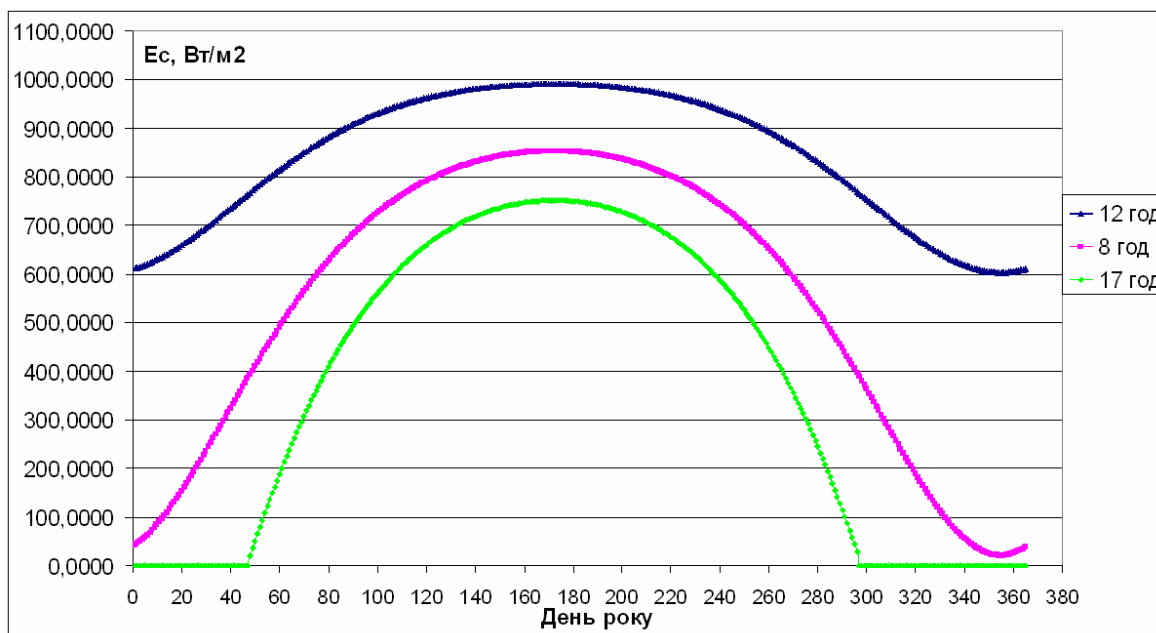


Рисунок 7 – Сумарна інтенсивність сонячної енергії, яка надходить на колектор щоденно впродовж року для трьох періодів доби



Таблиця 1 – Розрахунок сумарної теплової енергії, яка потрапляє на поверхню, розміщену під кутом  $\beta = 45^\circ$  та  $\beta = 30^\circ$  на південь

Місяць	$\beta$	Ес, кВт*год/м <sup>2</sup>	$\beta$	Ес, кВт*год/м <sup>2</sup>
Січень	45°	1,969	30°	1,527
Лютий	45°	2,402	30°	2,072
Березень	45°	3,190	30°	3,104
Квітень	45°	3,690	30°	3,789
Травень	45°	4,422	30°	4,357
Червень	45°	4,608	30°	4,911
Липень	45°	4,561	30°	4,744
Серпень	45°	4,209	30°	4,303
Вересень	45°	3,679	30°	3,566
Жовтень	45°	2,646	30°	2,500
Листопад	45°	1,474	30°	1,264
Грудень	45°	1,465	30°	1,079

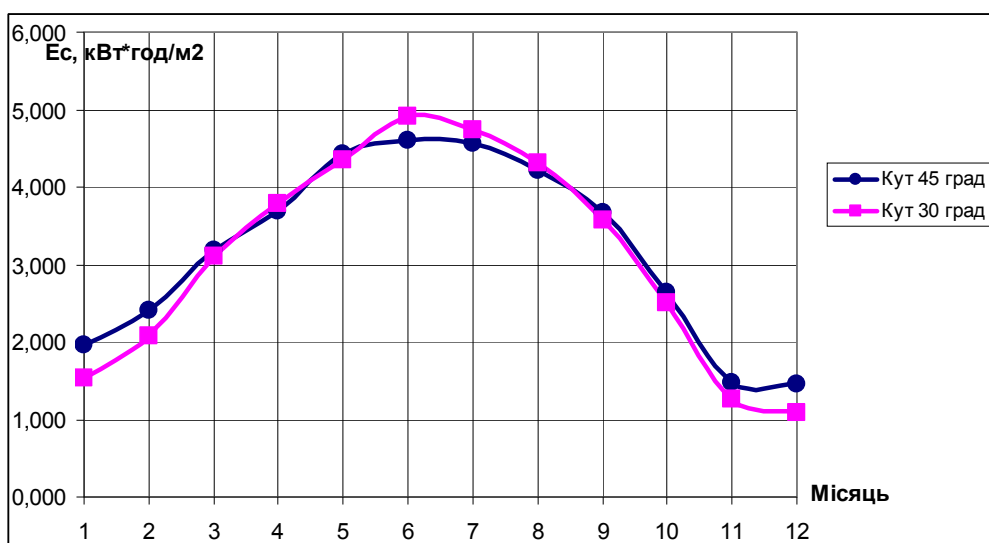


Рисунок 8 – Залежність сумарної інтенсивності теплової енергії, яка потрапляє на горизонтальну поверхню, повернуту на кут  $\beta = 45^\circ$  та  $\beta = 30^\circ$  на південь

Отриману сумарну інтенсивність теплової енергії  $E_s$  наведено помісячно впродовж року.

Для порівняння сумарної теплової енергії, яка потрапляє на колектор при різній його орієнтації на південь, побудовано графіки залежності для кожного випадку розрахунку (рис. 8).

Як видно з побудованої залежності, в різні періоди року ефективність кожного варіанту розміщення колекторів може відрізнятися. Тому для отримання на виході максимально можливої кількості теплової енергії, доцільно наш колектор в період з квітня по серпень розміщувати під кутом  $\beta = 30^\circ$ , а в інші періоди року, відповідно, - під кутом  $\beta = 45^\circ$  на південь.

Згідно наведених розрахунків сумарна кількість теплової енергії, яка потрапляє на колектор площею 1м<sup>2</sup>, коливається в межах від 1,079 кВт\*год/м<sup>2</sup> в період мінімальної інсоляції до 4,911 кВт\*год/м<sup>2</sup> при максимальній інтенсивності сонячного випромінювання.

Величина такого теплового потоку є цілком достатньою для ефективного застосування встановлених колекторів. Наприклад, у разі використання плоских сонячних колекторів нагрівання поверхні приймача за рахунок сконцентрованого сонячного та теплового потоків сягає 90-100°C. Проте у випадку застосування концентраторів з використанням спеціальних збиральних лінз можлива температура нагрівання об'єктів-приймачів буде досить високою і сягатиме значень 200-250°C. Таку температуру існуючі термогенераторні модулі витримувати не можуть в зв'язку із їхніми конструкційними особливостями. Тобто виникає потреба у відведенні додаткового тепла, що може бути вирішено встановленням спеціальних трубок із теплоносієм, на які безпосередньо і відбуватиметься дія сконцентрованого теплового потоку, а вже теплоносій передаватиме свою теплову енергію термогенераторним модулям. Однак за незначної інсоляції тепер витратиться значна кількість створюваного тепла. Тому, в по-

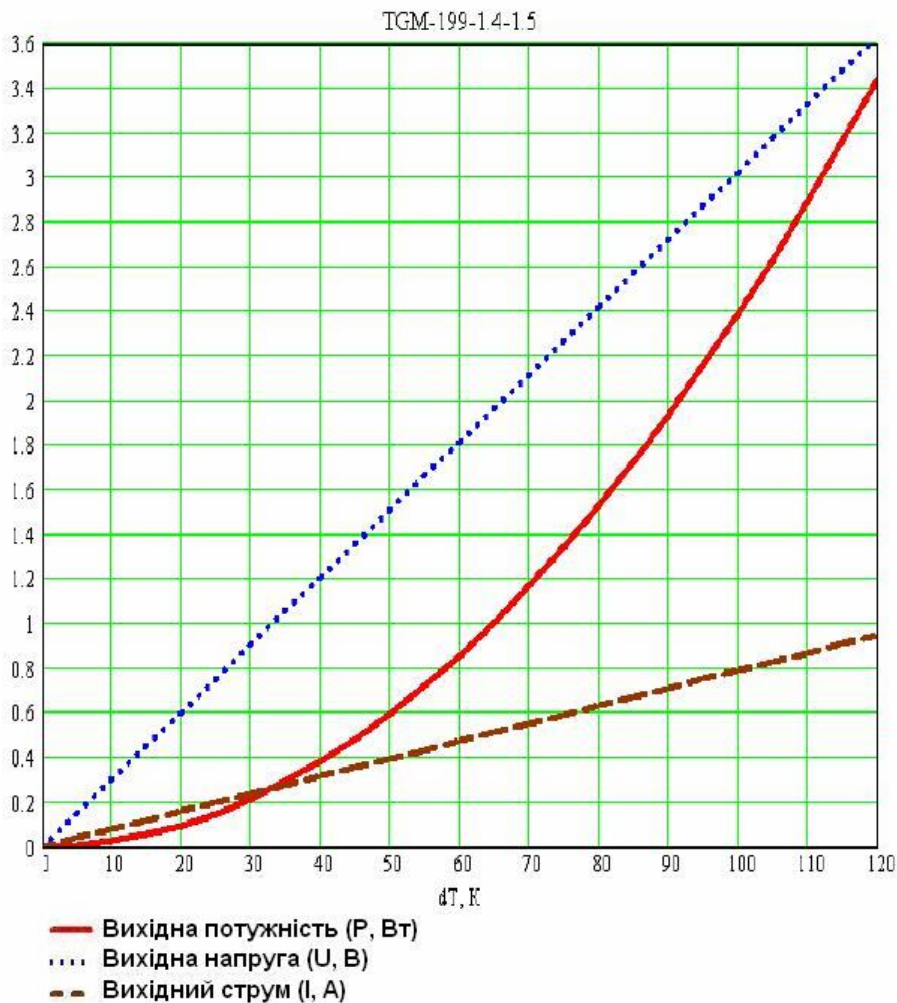


Рисунок 9 – Графіки залежності вихідних параметрів модуля TGM-199-1,4-1,5 від створеного перепаду температур на гарячій та холодній сторонах

дальших дослідженнях доцільно провести аналіз щодо можливості використання більшої кількості отриманого тепла за рахунок внесення змін до конструкції термомодулів, завдяки чому можна досягнути більшого перепаду температур між його сторонами та, відповідно, покращити вихідні параметри запропонованої системи перетворення енергії.

Основними вихідними характеристиками для нашої системи будуть значення напруги, струму та потужності. Наприклад, якщо в системі використовувати модуль TGM-199-1,4-1,5 виробництва «Криотерм», графік залежностей вихідних параметрів якого наведено на рисунку 9 [5], то при перепаді температур між сторонами модуля на рівні 80°C на виході отримуємо такі величини:  $U = 2,41$  В,  $I = 0,62$  А,  $P = 1,49$  Вт.

У випадку використання колектора площею 1 м<sup>2</sup>, на приймачі сконцентрованого теплового потоку якого розміщуємо систему з'єднаних паралельно-послідовним зв'язком термогенераторних модулів, завдяки запропонованій системі перетворення енергії можна одержати 172,8 Вт вихідної електричної потужності. Необхідні для цього розрахунки проведені за допомогою спеціальної програми «Криотерм» [6].

Для досягнення максимальної ефективності запропонованої системи перетворення енергії, необхідно врахувати певні вимоги та провести необхідні дослідження щодо встановлення оптимальних умов для реалізації нового методу. Отже, для того, щоб отримати максимально можливі вихідні характеристики системи, потрібно:

- підібрати оптимальний матеріал пластинок термоелектричного генераторного модуля задля забезпечення максимально можливої термостійкості модуля у випадку значних перепадів температур;
- провести дослідження щодо вибору оптимальної конструкції концентратора сонячної та теплової радіації задля досягнення максимального нагрівання місця з'єднання елементів термоелектричних пар термогенераторного модуля;
- обрати найбільш оптимальний спосіб забезпечення теплової інерційності охолодженого елемента термоелектричної пари.

Отже, врахувавши вище перелічені вимоги, можна покращити кінцеві вихідні характеристики системи, тобто отримати максимально можливий вихід електричної енергії.

Тож можна з впевненістю стверджувати, що існуючих умов на території України достатньо для нормального функціонування запропонованої системи перетворення енергії. Проте перспективним залишається напрямок подальшого вдосконалення такої системи задля підвищення її ефективності та покращення вихідних характеристик.

Таким чином, у випадку організації необхідних оптимальних умов функціонування запропонованої системи, можна отримати ефективну модель перетворення теплової та сонячної енергії в електричну. Крім того, застосування нетрадиційних джерел енергії з використанням термоелектричних ефектів дасть змогу в найближчому майбутньому перейти на новий рівень енергозабезпечення нашої держави.

Згідно даної проблематики в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу проводиться науководослідна робота на тему «Дослідження нових методів перетворення сонячної та теплової енергії в електричну», номер державної реєстрації 0110U000144.

### Література

1. Дербенцев В.Д. Методологічні аспекти кількісної оцінки енергетичної безпеки економіки України [Текст] / В.Д. Дербенцев, Г.В. Бондаренко // Моделювання та інформаційні системи в економіці. Збірник наукових праць. – 2009. – Випуск 79. – с.292-307.
2. Thermoelectric generators. Global thermoelectric. ([http://www.globalte.com/pdf/TEG\\_brochure.pdf](http://www.globalte.com/pdf/TEG_brochure.pdf)).
3. Грунтові термоелектричні генератори (ГТЕГ) – ([http://ite.cv.ukrtel.net/ite/ukr/termogenerators\\_ukr.htm](http://ite.cv.ukrtel.net/ite/ukr/termogenerators_ukr.htm)).
4. Дудюк Д.Л. Нетрадиційна енергетика: основні теорії та задачі: навч. посіб. [Текст] / Д.Л. Дудюк, С.С. Мазепа, Я.М. Гнатишин – Львів: Магнолія 2006, 2008. – 188с.
5. Каталог генераторных модулей (Криотерм) – (<http://kryotherm.ru/ru/index.phtml?tid=81>).
6. Програма «Криотерм» - (<http://www.kryotherm.ru/ru/?tid=84>).

*Стаття надійшла до редакційної колегії*

*13.04.11*

*Рекомендована до друку професором*

*М. О. Галушаком*