

Таким чином було здійснено дослідження характеристик термоелектрогенеруючого модуля Пельтьє шляхом побудови імітаційної моделі, за допомогою якої можна адекватно оцінювати основні характеристики об'єкта дослідження, що дозволить визначити раціональні режими його роботи у реальних енергогенеруючих установках.

**Висновки.** Теплова енергія є сполучною ланкою між багатьма видами енергії. Це означає, що ефективно перетворення теплової енергії в електричну створить новий крок щодо поліпшення використання енергії. Відновлення ж частини тепла є черговим кроком на шляху до зменшення потреб людства у енергії.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анатичук Л.И. К истории применения полупроводников в термоэлектричестве / Л.И. Анатичук // Термоэлектричество. – К. : Институт термоэлектричества – 2002. – № 4
2. Анатичук Л.И. Термоэлектрические преобразователи энергии. Термоэлементы. Элементная база термоэлектричества / Л.И. Анатичук. – Киев, Черновцы : Институт термоэлектричества, 2003. – 386 с.
3. Блатт Ф.Д. Термоэлектродвижущая сила металлов. Перевод с английского И.А. Магидсона / П.А. Шредер, К.Л. Фойлз, Д. Грейг – М. : "Металлургия", 1980. – 248 с.
4. Иоффе А.Ф. Полупроводниковые термоэлементы / А.Ф. Иоффе – М., Л. : АН СССР, 1960. – 188 с.
5. Жузе В.П. Библиография по термоэлектричеству / Жузе В.П., Гусенкова Е.И – М. : Изд-во Академии наук СССР, 1963 – 249 с.
6. Шостаковский П.О. Термоэлектрические источники альтернативного электропитания / П.О. Шостаковский // Новые технологии. – 2010. – № 10. – с.131-133

*Остапюк В.*

*Науковий керівник – проф. Федорейко В. С.*

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРОГЕНЕРУЮЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАПІВПРОВІДНИКОВОГО МОДУЛЯ ПЕЛЬТЬЄ

**Постановка проблеми.** Виснаження природних запасів традиційних енергоресурсів (нафти, газу, вугілля тощо) стимулює наукові розробки, які відносяться до альтернативної енергетики.

Більше того, у світлі загострення енергетичної проблеми у всьому світі та зокрема в Україні, як ніколи раніше, необхідно працювати над раціональним використанням енергії та працювати над розробками нових її джерел

На сьогоднішній день перспективним є рекуперация електроенергії з відпрацьованого тепла та одержання холоду з електричного струму. Такі перетворення енергії відбуваються за допомогою термоелектричних елементів.

*Термоелектричні явища* – явища перетворення тепла в електричний струм, а також явища нагрівання та охолодження сплавів двох провідників з допомогою струму. До таких явищ відносяться термоелектричний ефект Зеебека і електротермічний ефект Пельтьє [2].

**Аналіз останніх досліджень.** У наукових працях ряду авторів, таких як Анатичук Л. [1], Блатт Ф. [3], Жузе В. [4] розкриті питання, пов'язані з термоелектричними явищами – природою виникнення термоструму, будовою термоелектрогенеруючих модулів тощо. Необхідно відмітити, що екологічний та економічний зиск від впровадження таких матеріалів важко переоцінити: вони дозволяють безпечно для навколишнього середовища генерувати електроенергію із теплових втрат АЕС і ТЕС, підприємств металургійної та хімічної промисловості, двигунів внутрішнього згорання, що дасть змогу заощаджувати 20-25 % палива на транспортних засобах.

Теплова енергія є сполучною ланкою між багатьма видами енергії. Це означає, що ефективно перетворення теплової енергії в електричну створить новий крок щодо поліпшення використання енергії. Відновлення ж частини тепла є черговим кроком на шляху до зменшення потреб людства у енергії.

**Метою роботи є дослідження характеристик елементів Пельтьє для визначення їх реальних параметрів у режимі генерування електричної енергії**

**Виклад основного матеріалу.** Принцип дії елемента базується на ефекті Пельтьє – виникненні різниці температур при протіканні електричного струму. Він складається з однієї або більше пар невеликих напівпровідникових елементів, які попарно з'єднані за допомогою металевих перемичок та ізольовані керамічною пластиною. В місці контакту двох матеріалів напрямок струму визначатиме, чи тепло буде поглинатись чи виділятись[5].

Загальноприйнятим є використання елемента як термоелектричного охолоджувача або нагрівача. Ми пропонуємо використовувати його в якості термоелектрогенератора. З цією метою у середовищі Simulink (Matlab) ми розробили імітаційну математичну модель елемента Пельтьє.

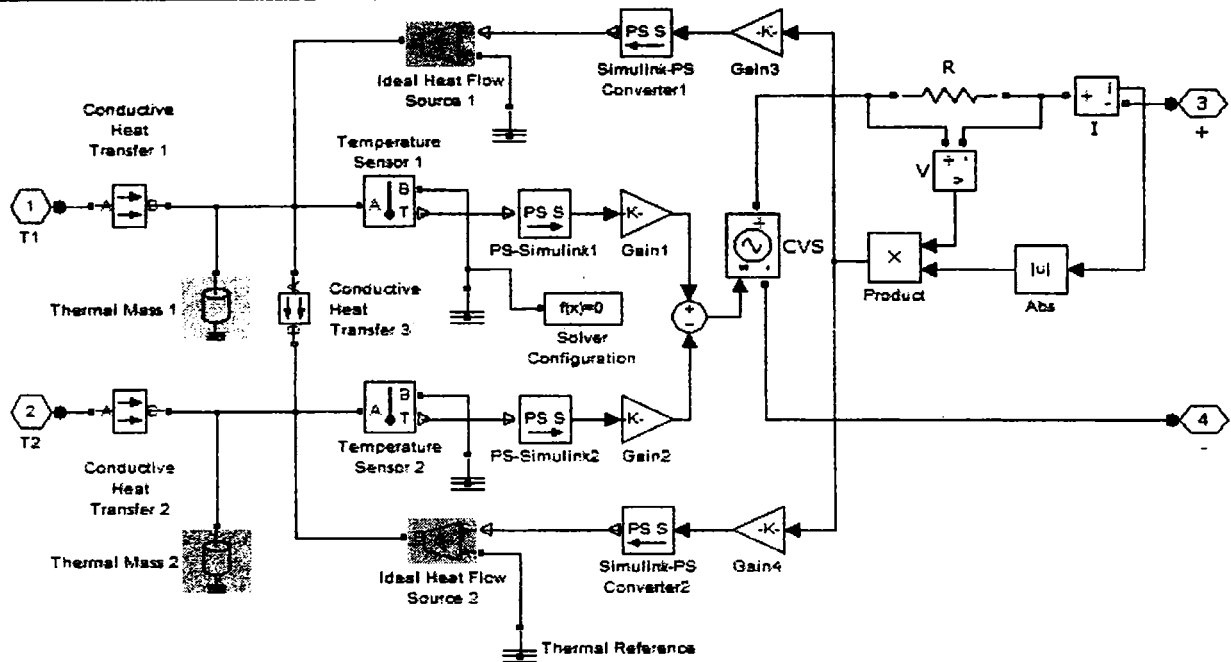


Рис. 1. Імітаційна модель елемента Пельтьє

Для реалізації даної моделі застосовано загальні блоки бібліотек Simulink, SimScape підкатегорії Thermal, а також бібліотеки SimPowerSystem.

Модель елемента Пельтьє (рис. 1) враховує теплові та електричні процеси, зокрема враховуються теплопровідності стінок, їх площа, товщина, характеристики матеріалів, теплоємність, внутрішній опір та контактна різниця потенціалів на межі гарячої та холодної поверхонь, яка становить приблизно 0,09 В на 1 °С. Внутрішній опір (R) елемента для початкових умов становить 1,8 Ом.

Теплотехнічна складова моделі реалізована блоками **Conductive Heat Transfer 1**, **Conductive Heat Transfer 2** – теплопровідності зовнішніх поверхонь термоелемента на керамічній основі товщиною 1 мм, площею 25 см<sup>2</sup>, **Thermal Mass 1**, **Thermal Mass 2** – маси, теплоємності та початкові температури половин товщини елемента Пельтьє, **Conductive Heat Transfer 3** – теплопровідність, товщина та площа контактної поверхні внутрішніх напівпровідникових елементів.

Блоки **Ideal Heat Flow Source 1** та **Ideal Heat Flow Source 2** моделюють джерела теплоти, що виділяється та поглинається відповідно на гарячій та холодній поверхнях у результаті проходження струму через елемент і прямо пропорційна його електричній потужності з урахуванням ККД.

Термоелектричний перетворювач виконаний з використанням поєднання елементів **Temperature Sensor 1**, **Temperature Sensor 2**, **Controlled Voltage Source (CVS)**, **Series RLC Branch (R)**, **Voltage Measurement (V)** та **Current Measurement (I)** відповідних бібліотек SimScape (Thermal) та SimPowerSystem.

З метою отримання реальних показників вольт-амперних показників, було створено лабораторну установку, до складу якої входять: елемент Пельтьє, розташований між двома алюмінієвими радіаторами. Один із них слугуватиме для передачі тепла на гарячу сторону, а інший використовуватиметься для відведення тепла. Таким чином буде створено різницю температур та вироблятиметься електричний струм.

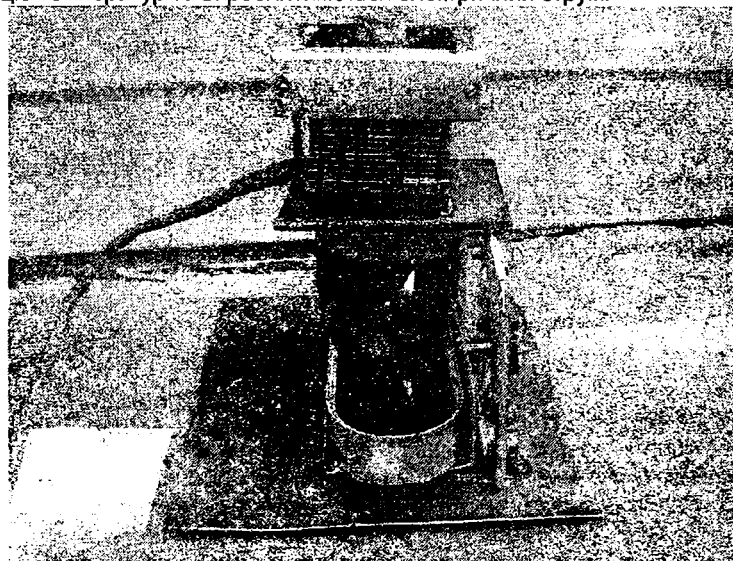


Рис. 2. Спрощена лабораторна установка

До радіаторів підведено нагрівач із джерелом живлення та охолоджувач. Для моніторингу електрогенераційних характеристик та показників температури під'єднані цифрові вимірювальні засоби.

Таким чином ми отримали наступні дані:

Таблиця 1.

Експеримент 6				
T1	T2	dT	V	A
6	14	8	0.7	
6	20	14	1.22	
6	22	16	1.49	
7	26	19	1.7	
8	30	22	1.95	
9	35	26	2.25	
10	40	30	2.6	
12	45	33	2.9	
13	50	37	3.25	
15	56	41	3.6	
17	63	46	4.15	
18	70	52	4.46	
21	76	55	5	1.35
27	85	58	5.07	
21	82	61	5.26	
22	85	63	5.3	
22	87	65	5.4	
29	92	63	5.55	1.48
29	95	66	6	
25	96	71	6.2	1.77

За результатами цих досліджень проведено статистичну обробку даних та побудовано графічні залежності термо-ерс від різниці температур на поверхнях модуля Пельтьє.

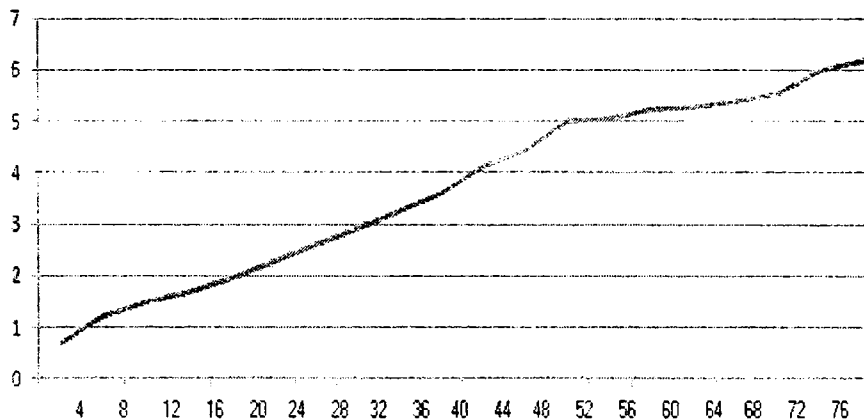


Рис. 3. Результати отримані шляхом експериментальним шляхом.

Отримані в процесі моделювання результати, у порівнянні з експериментальними даними, свідчать про достатню точність розробленої моделі (похибка не перевищувала 5%) і за її допомогою можна адекватно оцінювати основні характеристики з метою визначення режимів його роботи у реальних енергогенеруючих установках.

Понад 60% виробленої енергії, яка виділяється у вигляді тепла, практично не використовується. Термоелектричні матеріали дозволяють здійснювати пряме перетворення між тепловою та електричною енергіями, тому вони можуть сприяти відновленню частини цієї втраченої енергії[6].

Також дослідження проводилися на основі теплогенератора Д150-А (організація виробник – ТОВ «Українські технологічні системи») на базі НВО «Енергоощадні технології». Виходячи з розмірів одного елемента пельтьє 5см\*5см, на електрогенеруючу панель площею 1 м<sup>2</sup> потрібно 400 таких елементів. Попередні експериментальні дослідження показали, що один елемент генерує, за різниці у 70 °С, 5-6 Вт енергії. Тоді така електрогенеруюча панель повинна генерувати 1,5-2 кВт енергії. Експериментальні дослідження проведені на виробництві підтвердили наші припущення.

На твердопаливний теплогенератор було встановлено 200 елементів Пельтьє у верхній частині димовідвідної системи. Електрогенеруючі елементи щільно встановлені один біля одного у кілька шарів зі зовнішньої сторони димовідвідної системи. Гарячою стороною елементи за допомогою термопасти дотикались до стінки димовивідних труб. Холодна сторона обдувалася чистим холодним повітрям, що входило в контур теплообмінника із навколишнього середовища. Середня температура димових газів 140-

160 °С (температура на гарячій стороні), а температура на холодній стороні рівна температурі навколишнього середовища (сер. 20 °С, в залежності від пори року).

Встановлена нами панель елементів у тому місці, де є теплові втрати теплоносія (димових газів) у навколишнє середовище. ККД котла близько 90% при потужності до 150 кВт, ми генеруємо електроенергію з тих 10 % що втрачаються – це приблизно 15 кВт енергії. ККД модулів 6 %, тобто вони використовують до 900 Вт енергії, решта знову повертається у теплообмінник.

У електрогенеруючій панелі усі модулі з'єднані послідовно та паралельно між собою для збільшення сили струму та напруги. На виході встановлений інвертор, що стабілізує напругу.

У даному теплогенераторі використовується як паливо – біомаса, яка у 5-6 разів дешевша за традиційні джерела енергії, тому і вироблена нами енергія у 5 разів дешевша від традиційної.

Висновки. Використання термоелектричних явищ може використовуватися для організації функціонування когенераційних установок та забезпечення повної автономності роботи системи керування біотеплогенератора.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анатъчук Л.И. К истории применения полупроводников в термоэлектричестве / Л.И. Анатъчук // Термоэлектричество. – К. : Институт термоэлектричества – 2002. – № 4
2. Анатъчук Л.И. Термоэлектрические преобразователи энергии. Термоэлементы. Элементная база термоэлектричества / Л.И. Анатъчук. – Киев, Черновцы : Институт термоэлектричества, 2003. – 386 с.
3. Блатт Ф.Д. Термоэлектродвижущая сила металлов. Перевод с английского И.А. Магидсона / П.А. Шредер, К.Л. Фойлз, Д. Грейг – М. : "Металлургия", 1980. – 248 с.
4. Иоффе А.Ф. Полупроводниковые термоэлементы / А.Ф. Иоффе – М., Л. : АН СССР, 1960. – 188 с.
5. Жузе В.П. Библиография по термоэлектричеству / Жузе В.П., Гусенкова Е.И – М. : Изд-во Академии наук СССР, 1963 – 249 с.
6. Шостаковский П.О. Термоэлектрические источники альтернативного электропитания / П.О. Шостаковский // Новые технологии. – 2010. – № 10. – с.131-133

*Хосцький М.*

*Науковий керівник – проф. Федорейко В. С.*

### ЕФЕКТИВНЕ СПАЛЮВАННЯ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА В ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІ

**Постановка проблеми.** Зростання цін на викопні енергоносії, що використовуються для опалювання виробничих і житлових приміщень, спричиняє значне фінансове навантаження на економіку держави. Крім цього, використання викопних енергоресурсів завдає шкоди екології через значну кількість викидів вуглекислоти в атмосферу. Одним із можливих шляхів вирішення зазначеної проблеми є перехід на альтернативні, відновлювальні джерела генерації теплової енергії. Основним «споживачем» енергетичних ресурсів є теплогенератори для виробництва теплової енергії (парові та водогрійні котельні агрегати) на потреби опалення, гарячого водопостачання та виробництва.

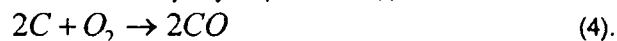
**Аналіз останніх досліджень.** У працях вітчизняних і закордонних авторів [1, 2, 6] розкриті питання, пов'язані з принципом роботи теплогенераторів, обґрунтовано процес горіння палива, приділено значну увагу різним видам сировини. Проте питання утворення енергоефективної паливної суміші та автоматизації процесу подачі палива і повітря ще залишається недостатньо висвітленим.

**Метою** наших досліджень є розробка способу утворення енергоефективної паливної суміші за рахунок використання системи керування подачею палива та повітря.

**Виклад основного матеріалу.** Для ефективного горіння палива потрібні певні умови. У залежності від цих умов можливе повне або часткове окислення горючих частин. При повному окисленні продукти, що утворилися не можуть більше з'єднуватися з окислювачем і виділяють теплоту. Продуктами повного окислення горючих елементів є оксиди вуглеводню (CO<sub>2</sub>), водню (H<sub>2</sub>O) і сірки (SO<sub>2</sub> і, в меншій мірі, SO<sub>3</sub>). Реакціями повного окислення горючих являються наступні [5] :



Причинами неповного згорання палива є те, що не всі горючі елементи окисляються. Крім того, при окисленні горючих елементів утворюються продукти, які б могли брати участь в процесі горіння. При неповному окисленні горючих елементів можуть утворитися з'єднання:



Неповне окислення горючих елементів пов'язано з недостатньою подачею окислювача, невідповідній подачі палива і повітря по часу, недостатнім перемішуванню палива і повітря. Найбільша кількість теплоти виділяється при повному окисленні горючих елементів [6].

Витрати палива на горіння визначають по повному згоранню палива в топці котла. Мінімальна кількість повітря  $V^0$ , достатнього для повного згорання одиниці маси палива, називають теоретично необхідною кількістю повітря [2].