УДК 338.432:631.153.3

[https://doi.org/10.52058/2786-5274-2022-1\(3\)-110-119](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2022-1(3)-110-119)

Іваненко Віктор Федорович кандидат економічних наук, головний науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут продуктивності агропромислового комплексу, Солом'янська площа, буд. 2, м. Київ, 03035, <https://orcid.org/0000-0001-9393-6200>

Іваненко Федір Вікторович кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, проспект Перемоги, 54/1, м. Київ, 03057, <https://orcid.org/0000-0003-1437-2641>

ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГІЯ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ПЕРЕОЗБРОСННЯ

Анотація. В статті розглядаються перспективні напрямки реформ в енергетичному секторі економіки України. Основними напрямками реформи в енергетичній сфері має стати розробка державної програми з виробництва обладнання для одержання геотермальної теплової енергії. Розвиток цієї галузі можна охоплювати розробку ефективних проектів у системі енергозбереження, виробництва обладнання для геліосистем та одержання геотермальної енергії для виробничих, побутових потреб, запровадження у виробництво технологій якими передбачено використання низькотемпературних джерел енергії у теплову. Енергетичні потреби в побуті та на виробництві можна частково або повністю компенсувати при застосуванні технології « геотермальна тепла помпа».

Геотермальна тепла помпа (ГТП) є однією з найефективніших теплоенергетичних систем. Вода внутрішніх водойм, земля є постійним джерелом енергії. Відомо, що температура води, ґрунту має постійне значення у продовж року - близько $+8-12^{\circ}\text{C}$. Коефіцієнт ефективності таких теплових систем може забезпечувати 3,5-5,0 одиниць одержаної енергії на кіловат затраченої енергії роботи компресора ГТП, допоміжного обладнання. За спостереженнями авторів встановлено, що кожен кіловат затраченої електроенергії на обслуговування системи обігріву фактично дає до 4,5 кВт теплової енергії. Досвід показує, що найвищу ефективність показують системи обігріву приміщень у побуті та на виробництві, що включають в себе застосування у якості теплоносія води із свердловин або інших джерел.

В Україні є сучасна виробнича база, яка може бути спрямована у розробку технологій спрямованих на масове виробництво сонячних батарей, сонячних колекторів і геотермальних теплових pomp. Висвітлено основні параметри перспективного проекту переходу на геотермальні технології одержання теплової енергії. Налагодження вітчизняного виробництва геотермальної

теплової помпи може сприяти доступу населення України до сучасного обладнання одержання теплової енергії.

Розвиток геотермальної енергетики в Україні може забезпечити щорічне зростання технічного потенціалу енергетики України та зменшити витрати власних та імпортованих енергоносіїв у декілька разів.

Застосовуючи технологію «геотермальна помпа» витрати на енергоносії становлять 15,3-21,9 грн/кг продукції та собівартість продукції 34-49 грн/кг за умови врожайності томатів 45-50 кг/м².

Ключові слова: альтернатива в енергетиці, геотермальна енергія, ефективність виробництва, ефективна технологія.

Ivanenko Viktor Fedorovych Candidate of Economic Sciences, Chief Research Fellow, Ukrainian Research Institute of Productivity of the Agro-Industrial Complex, Solomyanska Square, bldg. 2, Kyiv, 03035, <https://orcid.org/0000-0001-9393-6200>

Ivanenko Fedir Viktorovych Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Vadym Hetman Kyiv National University of Economics, 54/1 Peremohy Ave., Kyiv, 03057, <https://orcid.org/0000-0003-1437-2641>

GEOTHERMAL ENERGY AND ENERGY REARMAMENT

Abstract. In the article perspective directions of reforms are examined in the power sector of economy of Ukraine. By basic directions of reform in a power sphere development of the government program must become from the production of equipment for the receipt of geothermal thermal energy.

Development of this industry can be embraced development of effective projects in the system of energy-savings, production of equipment for геотермальної енергії and receipt of geothermal energy for productive, domestic requirements, input in the production of technologies that is envisage the uses of low temperature energy sources in thermal. Power requirements in the way of life and on a production it is possible partly or fully to compensate at application to technology " geothermal thermal pump".

A geothermal thermal pump (GTP) is one of the most effective thermal and energy systems. Water of internal reservoirs, earth, is a permanent energy source. It is known that the temperature of water, soil has a permanent value in continue to the year - close 8-12°C. The coefficient of efficiency of such thermal systems can provide 3,5-5,0 units of the got energy on the kilowatt of spending energy of work of compressor of GTP, ancillaries.

It is set after the supervisions of authors, that every kilowatt of spending electric power on maintenance of the system of heating actually gives to 4,5 kW thermal energy. Experience shows that the greatest efficiency is shown by the systems to heating of apartments in the way of life and on a production, that plug for itself

application in quality of coolant-moderator of water from mining holes or other sources.

In Ukraine there is a modern productive base, that can be directed in development of technologies of the sunny batteries sunny collectors and geothermal thermal pumps sent to the mass production. The basic parameters of perspective project of passing are reflected to geothermal technologies of receipt of thermal energy. Adjusting of home production of geothermal thermal pump can assist access of population of Ukraine to the modern equipment of receipt of thermal energy.

Applying the technology of "geothermal pump" energy costs are 15.3-21.9 UAH / kg of product and the cost of production 34-49 UAH / kg with a tomato yield of 45-50 kg / m².

Keywords: alternative in energy, geothermal energy, production efficiency, efficient technology.

Постановка проблеми. У світі все більше уваги приділяється використанню тепла, що одержується за допомогою застосування геотермальної теплової помпи (ГТП). Застосування технології «теплова помпа» дозволить помітно зменшити собівартість виробництва промислової та сільськогосподарської продукції. Впровадження сучасних енергозберігаючих технологій дозволяє скоротити витрати, пов'язані з паливом, що імпортується. Перехід на нові джерела енергії є незворотнім процесом вдосконалення виробництва і зумовлений скороченням вичерпних запасів енергії в світі та в Україні зокрема.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Погіршення екології в Україні та перманентні енергетичні кризи обумовлюють пошук альтернативних джерел енергії. Використання нетрадиційних джерел в Україні спрямоване в основному на застосування для виробничих і побутових потреб відновлювальних місцевих енергоресурсів. Потенціал відновлюваних джерел енергії перевищує 100 млн т умовного палива, а їх фактичне використання не перевищує 0,02 % [1]. Дослідження ГТП системи «повітря/вода», показали, що потенціал зменшення споживання природного газу в Україні від їх застосування оцінюється приблизно у 15 млрд м³ на рік [2].

Сільське господарство України споживає близько 1,8 млн.т. енергії у нафтовому еквіваленті, що не перевищує 3,8 % енергетичних потреб галузі. В Україні валове виробництво енергії лише за рахунок зернових культур складає щорічно 20-30 млн.т. у перерахунку на біоетанол або 12-18 млн. ТНЕ. Таким чином сільське господарство продукує енергії на порядок більше ніж споживає. Варто зазначити, що виробництво зернових супроводжується отриманням побічної продукції у співвідношенні до обсягу одержаного зерна від 1:0,5 до 1:1,5. Цього обсягу сировини більше ніж достатньо, щоб покрити всі витрати енергії для потреб аграрного виробництва. Використання соломи, а не зерна для виробництва біоенергії, також важливе з позицій продовольчого забезпечення [3].

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень є наукове обґрунтування і розвиток прикладних положень щодо підвищення ефективності запровадження у виробничих і побутових умовах альтернативних технологій одержання тепла для виробничих і побутових потреб.

Завдання для досліджень:

- систематизувати та узагальнити теоретичні і практичні аспекти застосування альтернативних джерел енергії для виробничих і побутових потреб;
- дослідити ефективність застосування у виробництві ГТП та іншого устаткування для одержання теплової енергії;
- вивчити ефективність застосування альтернативних енергозберігаючих технологій у тепличному господарстві.

Виклад основного матеріалу. Розвиток геотермальної енергетики в Україні може забезпечити щорічне зростання технічного потенціалу енергетики України, зменшити витрати власних та імпортованих енергоносіїв у декілька разів. Атомна енергетика в Україні сприяє не такому стрімкому зростанню енергоносіїв, як формування цін на природний газ. Наприклад, у Київській області ціни на природний газ для виробничих потреб зросли майже у 7 разів, тоді як ціни на електричну енергію зросли лише у 1,5 - 2 рази та становлять 3,8-4,7 тис.грн /МВт.год, рис1. Такі економічні умови спонукають підприємства до пошуку альтернативних технологій у сфері енергопостачання.

Рис.1. Ціна на електроенергію у Київській області для підприємств з 1.01. 2022 р., грн/МВт.-год.

Енергетичні потреби в побуті та на виробництві можна частково або повністю замінити застосуванням технології «теплова помпа». Теплова помпа (ТП) «вода/вода» є однією з найефективніших теплоенергетичних систем. Грунтова вода надійне і постійне джерело енергії. Відомо, що температура води, ґрунту має постійне значення у продовж року $+8-12^{\circ}\text{C}$. Коефіцієнт ефективності таких теплових систем може перевищувати 5 одиниць одержаної енергії на кожний кіловат затраченої енергії на роботу компресора ГТП та допоміжного обладнання.

За нашими спостереженнями встановлено, що кожен кіловат затраченої електроенергії на обслуговування системи обігріву фактично дає понад 4 кВт теплової енергії. Досвід показує, що найвищу ефективність показують системи обігріву помешкання, що включають в себе застосування у якості теплоносія води із свердловин і погрузного насоса. Теплоносій у теплообміннику випаровувача втрачає $2,5-3,5^{\circ}\text{C}$, а система обігріву може давати приріст температури - $10-15^{\circ}\text{C}$, рис.2.

В розробці стратегії енергетичного переозброєння країни слід відштовхуватись від парадигми «природний газ, вугілля, уран з часом будуть вичерпані». Та з екологічної точки зору перелічені ресурси для виробництва енергії є мало перспективними. Україна може розраховувати лише на коротку перспективу використання енергії, що генерують атомні електростанції.

Рис. 2. Залежність температури теплоносія в системі обігріву (конденсор - Y) від спаду температури теплоносія(вода) в контурі теплообмінника (випаровувач - X) геотермальної теплової помпи CDWC-51 (17,2 кВт).

Глибока економічна і політична криза, що огорнула економіку України потребує розробки ефективних механізмів її негайного подолання. Цілком реально у продовж короткого терміну часу (1-2 роки) замінити в системі теплопостачання всі газові та твердопаливні котли на геотермальні теплові помпи. Для реалізації такого амбітного проекту існує лише одна перепона – ціна на імпортоване обладнання. Їх вартість є не підйомною для рядового споживача. Вихід лише один-налагодити власне виробництво ГТП на базі спірального компресора Copeland Scroll. На сьогодні виробниками і постачальниками запасних частин для ГТП в Україні є Північна Ірландія - малі спіральні компресори, Бельгія - великі спіральні компресори, Чехія - поршневі напівгерметичні компресори, Німеччина, Італія, Чехія - прилади автоматики. Технологія вилучення геотермального тепла бере свій початок з 80-років минулого століття. У 1987 р. компанія Emerson Climate Technologies вперше у світі освоїла промислове виробництво спіральних компресорів Copeland Compliant Scroll. У 2001 році запущено виробництво цифрових спіральних компресорів Copeland Digital Scroll. Сьогодні компанія є одним із найбільших виробників геотермальних компресорів у світі. Компанії належить приблизно половина світового ринку спіральних компресорів.

Крім компресора ГТП включає 2 теплообмінника та контрольно вимірювальні прилади, що вже виробляються підприємствами України. Можна розглядати два варіанта виробництва теплообмінників – спіральний «труба в трубі» або пластинчастий. Останній є більш вартісний. Загалом можна вийти на собівартість ГТП 15-20 тис. грн., що дещо дешевше від сучасного газового котла. Не зайвим буде побудувати на території України завод по виробництву спіральних компресорів, що в такому разі дозволить здешевити собівартість виробництва «народної ГТП» іще на 3-5 тис. грн. та головне дозволить досягнути масового виробництва ГТП. Для потреб народного господарства необхідно щороку виробляти 1-2 млн. шт. ГТП.

Поряд з реалізацією зазначеного проекту необхідно вирішувати питання доцільності імпорту до України приладів обігріву на основі вольфрамових спіралей. Досить ефективними можуть бути митні регулятори. З часом стане питання доцільності виробництва та завезення до України котлів, де передбачено спалювання деревини, вугілля, газу. Так з лексики нашої мови буде вилучено терміни «опалення». Спалювати будь-що вже не буде потреби, а необхідне тепло ми одержимо від невичерпних термальних акумуляторів, якими є Земля, вода, повітря. Сам факт глобального потепління є поштовхом до розв'язання глобальних проблем, що сплелись в єдиному рішенні - вже пора обмежити добування корисних копалин. За таких економічних умов не буде потреби підтримувати збиткові державні шахти, які добувають менше 10% всього вугілля в Україні та потребують держаних дотацій.

Реклама в енергетиці має сприяти суттєвому зменшенню енерговитрат на виробничі потреби, що обумовить оптимізацію структури собівартості продукції та сприятиме вирішенню іншої проблеми – зростання цін на продукцію аграрного та промислового виробництва.

Модернізація енергетичних потужностей в Україні має відбуватись у декілька етапів [4]:

1. Вилучення технологій одержання тепла за рахунок спалювання деревини, соломи, вугілля, газу та нафтопродуктів.

2. Вилучення з побуту технологій одержання тепла на основі використання вольфраму та заміщення цих приладів карбоновими обігрівачами. У такий спосіб економія електричної енергії становитиме 50%.

3. Одержання теплової енергії за рахунок застосування біоенергетики та геотермального тепла.

4. Розробка промисловий технологій одержання для виробничих потреб значних обсягів біогазу та його компонентів – біометан та біоводень.

Досліджуючи теплові насоси «повітря/вода», В. Ф. Гершкович зазначав, що потенціал зменшення споживання природного газу в Україні від їх застосування оцінюється приблизно у 15 млрд м³ на рік [2]. У наших дослідженнях ми проводили економічне обґрунтування більш ефективного теплового насоса з технологією «грунт/вода», «вода/вода» «повітря/вода» з коефіцієнтом ефективності від 4,0 до 5,7 для виробничих умов тепличного господарства.

Застосування альтернативних енергоносіїв створює оптимальні умови для виробництва. Наприклад, застосовуючи технологію «геотермальна pompa» витрати на енергоносії становлять 15,3-21,9 грн/кг продукції та собівартість продукції 34-49 грн/кг за умови врожайності томатів 45-50 кг/м².

Застосування у якості енергоносія природного газу призведе до підвищення ціни продукції 8-10 разів, що є зовсім неприйнятним для ринкових умов агробізнесу в Україні.

У власних дослідженнях було визначено необхідну потужність ГТП для обігріву 1 гектара теплиць -1058 кВт. З урахуванням зазначеного сукупні витрати на електроенергію при застосуванні технології «теплова pompa» можна визначити за розробленою методикою:

$$C_{\text{енерг.}} = T_{\text{е год}} / K \cdot C \quad (1)$$

де $C_{\text{енерг.}}$ – витрати на електроенергію; $T_{\text{е год}}$ – затрати теплової енергії; $K_{\text{е}}$ – коефіцієнт ефективності COP; C – вартість енергоносія.

Нові тарифи на енергоносії спонукають виробника аграрної продукції досліджувати можливості застосування альтернативних видів енергії. Виконані нами дослідження показали значну ефективність застосування у якості альтернативного джерела енергії технології «геотермальна pompa». За розрахунками річний економічний ефект від запровадження такої технології може становити 54-57 млн. грн на 1 га виробничої площі теплиць на базі «голландської» технології, табл.1.

Таблиця 1.

Економічне обґрунтування енергетичних та вартісних витрат теплопостачання на 1 га теплиць альтернативними видами енергії, «голландська технологія», ПАТ «Комбінат «Тепличний», 2022 р.

Показник	Обігрів природн. газом	Технологія «теплова помпа»		
		«вода / вода»	«грунт / вода»	«повітря / вода»
*Затрати енергії на опалення теплиць, кВт	1058	1058	1058	1058
Коефіцієнт ефективності (COP)		5,7	4,4	4,0
Орієнтовні витрати енергоносія	119,7 м ³	185,60 кВт-год	240,45 кВт-год	264,50 кВт-год
Вартість енергоносія, грн/кВт-год	53,19 грн/м ³	3,932 грн/кВт-год		
**Вартість енергоносія з послугами транспортування та ПДВ, грн/кВт-год	64,02 грн/м ³	4,718 грн/кВт-год		
Сукупні витрати на вибраний енергоносія, грн/год	7663,19	875,66	1132,32	1247,91
Рівень витрат, %	100	11,43	14,77	16,28
Сукупні витрати на обігрів теплиць за рік, тис.грн	64969,4	7670,8	9937,8	10931,7
Економічний ефект застосування теплового насоса, тис.грн	x	57294,1	55027,2	54033,2

*0,91 Гкал/год = 1058 кВт. **Додатково до ціни газу сплачується вартість замовленої потужності (транспортування магістральними газопроводами) 163,89 грн за 1000 м³.

Джерело: власні розрахунки автора.

Аналіз структури витрат на монтаж системи ГТП «під ключ» показав, що 2/3 всіх витрат впровадження такої технології у виробництво становлять витрати на придбання теплової помпи, решта це витрати на формування ґрунтового контуру або інших джерел одержання геотермального тепла – повітря, вода, табл.2.

Таблиця 2.

**Структура витрат на влаштування опалення
геотермальною тепловою помпою, %**

Показник	Структура витрат, %
Теплові насоси	65,4
Конструкції та матеріали (трубопровід та ін.)	4,6
Робота з переобладнання котельні	7,2
Грунтовий контур*	22,8
Всього капіталовкладень	100

*Грунтовий контур (технологія з використанням ґрунтових вод до 15 м), включає додаткове устаткування, буріння свердловин та роботи з прокладання труб.

Джерело: власн розробка автора.

Сонячна енергія може бути акумульована із застосуванням сонячних колекторів або сонячних батарей. Радіаційний режим території України сприятливий для практичного використання сонячної енергії. Україна розташована між 44° і 52° північної широти та 22° і 41° східної довготи. Згідно з останніми метеорологічними спостереженнями в Україні протягом року буває, залежно від регіону, 100–200 сонячних днів. Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації становить 1000 - 1400 кВт год/м², що еквівалентно енергоємності приблизно 100м³ природного газу. Використання сонячної енергії з успіхом застосовують у вирощуванні ранніх весняних тепличних овочів на півдні України та Закарпатті. Сонячна енергія використовується для безпосереднього обігрівання теплиць для вирощування овочів за рахунок проходження інфрачервоного випромінювання через прозорі світлопроникні огорожувальні конструкції та відбивання його всередину теплиці від внутрішньої поверхні теплозахисних екранів. Для підігрівання води, що надходить у труби системи водяного опалення, а також на технологічні та побутові потреби встановлені вакуумно-сонячні колектори, які поглинають до 97 % сонячної енергії, а зворотне випромінювання зменшується до 3 – 7 %. Сонячне випромінювання часто використовується також в електроенергетиці (через фотовольтаційні соти). За нашими дослідженнями, у структурі собівартості тепличних овочів електрична енергія становить від 2 до 5% (ПАТ «Комбінат «Тепличний» – 2,2%) та має тенденцію до зростання у зв'язку із запровадженням сучасної контрольно - вимірювальної апаратури систем керування технологічними процесами, регулювання систем освітлення у критичні періоди росту рослин та іншими інноваціями в цій галузі.

Висновки. Основними напрямками реформи в енергетичній сфері має стати розробка державної програми з виробництва обладнання для одержання геотермальної теплової енергії. Розвиток цієї галузі можна розпочати з розробка ефективних проектів у системі енергозбереження, виробництва

обладнання для геліосистем та одержання геотермального тепла для виробничих і побутових потреб та запровадження у виробництво технологій якими передбачено використання низькотемпературних джерел енергії у теплову. В Україні є сучасна виробнича база, яка може бути спрямована на розробку технологій спрямованих на масове виробництво сонячних батарей, сонячних колекторів і ГТП.

Розвиток геотермальної енергетики в Україні може забезпечити зростання технічного потенціалу підприємств агробізнесу та зменшити витрати власних та імпортованих енергоносіїв у декілька разів. Дослідження показали, що застосування технології «геотермальна теплова помпа» витрати на енергоносії у тепличному та інших господарствах можуть мати суттєве зменшення, що сприятиме оптимізації собівартості продукції і конкурентоздатності на внутрішньому ринку.

Література:

1. Ратушняк Г. С. Енергозберігаючі відновлювані джерела теплопостачання: навч. посіб. / Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула, К. В. Анохіна – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 170 с.
2. Гершкович В. Ф. Газовый котел или тепловой насос? / В. Ф. Гершкович // Энергосбережение. – 2010. – №8. – С.56–63.
3. Дем'яненко С. І., Іваненко Ф. В. Відновлювана енергія як чинник підвищення ефективності у сільському господарстві //Стратегічні пріоритети розвитку підприємництва, торгівлі та біржової діяльності: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021.– С.16-18.
4. Іваненко В. Ф., Іваненко Ф. В. Технологічний менеджмент та енергоефективність аграрного виробництва // Інтелект XXI. -2021.- № 5.- с.26-31.

References:

1. Ratushnjak, G. S. (2010). *Energozberigajuchi vidnovljuvani dzherela teplopostachannja* [Energy-saving renewable heat sources]. Vinnicja: VNTU [in Ukrainian].
2. Gershkovich, V. F. (2010). *Gazovyj kotel ili teplovoj nasos?* [Gas boiler or heat pump?]. *Jenergoberezhenie –Energy saving*, 8, 56–63 [in Ukrainian].
3. Dem'janenko, S. I., Ivanenko F. V. (2021). *Vidnovljuvana energija jak chinnik pidvishhennja efektyvnosti u sil's'komu gospodarstvi* [Renewable energy as a factor in improving efficiency in agriculture]. *Proceedings from 2: II Mizhнародної naukovo-praktichної konferencії "Strategichni prioriteti rozvitku pidpriemnictva, torgivli ta birzhovoi dijal'nosti" - The II International scientific-practical conference "Strategic priorities for entrepreneurship, trade and exchange: materials of the II International scientific-practical conference"* (pp. 16-18). Zaporizhzhja : NU «Zaporiz'ka politehnika» [in Ukrainian].
4. Ivanenko, V. F., Ivanenko, F. V. (2021). *Tehnologichnij menedzhment ta energoeffektivnist' agrarnogo virobnictva* [Technological management and energy efficiency of agricultural production]. *Intelekt XXI - Intellect XX*, 5, 26-31 [in Ukrainian].