

## ЕКОНОМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ В ІНДИВІДУАЛЬНИХ ГОСПОДАРСТВАХ

У.Ю. Палійчук

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 500750,  
e-mail: ulyana.paliychuk@gmail.com

*Розглядаються ключові особливості застосування приватними домогосподарствами технологій, що використовують відновлювані джерела енергії. Технології мікрогенерації охоплюють весь спектр категорій відновлюваної енергії – енергія вітру, сонячна, енергія біомаси, гідроенергія і теплові насоси. Наводяться різні схеми генерації з метою підкреслити різну їх ефективність. Здійснюється порівняльний аналіз доцільності використання в приватному будинку теплового насоса та сонячної установки з урахуванням "зеленого" тарифу. Запропоновано використовувати сонячну установку, оскільки з урахуванням інших факторів, технологія використання теплових насосів на даний момент потребує належної державної підтримки.*

Ключові слова: енергозабезпечення, енергоспоживання, відновлювана енергія, "зелений" тариф, сонячна енергія, теплові насоси, окупність.

*Рассматриваются ключевые особенности применения частными домохозяйствами технологий, использующих возобновляемые источники энергии. Технологии микрогенерации охватывают весь спектр категорий возобновляемой энергии - энергия ветра, солнечная, энергия биомассы, гидроэнергия и тепловые насосы. Приводятся различные схемы генерации с целью подчеркнуть различную их эффективность. Осуществляется сравнительный анализ целесообразности использования в частном доме теплового насоса и солнечного коллектора с учетом "зеленого" тарифа. Предложено использовать солнечную установку, поскольку с учетом других факторов, технология использования тепловых насосов на данный момент нуждается в надлежающей государственной поддержке.*

Ключевые слова: энергообеспечение, энергопотребления, возобновляемая энергия, "зеленый" тариф, солнечная энергия, тепловые насосы, окупаемость.

*This article reviews the key features of the application of renewable-based generation technologies to private households. Microgeneration technologies cover the whole spectrum of renewable energy sources – wind, solar, biomass, hydro and heat pumps. Generation schemes are different to emphasize their different performance. A comparative analysis of the feasibility is done for the use in a private home of a heat pump and solar installation, based on the "green" tariff. It is proposed to use solar installation as taking into account other factors, the use of heat pump technology currently requires adequate government support.*

Key words: energy supply, energy consumption, renewable energy, "green" tariff, solar energy, heat pumps, payback.

Одним із важливих кроків на шляху до ефективного енергозабезпечення та підтримки життєдіяльності людської спільноти у довгостроковій перспективі є вибір оптимальних технологій використання джерел енергії. Важливим етапом при виборі найбільш раціональних технологій генерації енергії з нетрадиційних та відновлюваних енергії є правильна оцінка різних варіантів енергопостачання, яка повинна враховувати як регіональний, територіальний, економічний, так і екологічний, соціальний та інший аспекти.

За умов ринкової економіки домогосподарство являє собою водночас базову структурну одиницю, "клітину" народного господарства, та складну систему, соціальний інститут, якому відводиться ключова роль у відтворенні суспільства у всій множині його характеристик. Як суб'єкт ринкової економіки, воно є постачальником виробничих ресурсів – з одного боку, та споживачем благ – з іншого, а також безпосередньо бере участь у створенні національного продукту. Так чи інакше, усі сфери нашого життя пов'язані зі споживанням енергії, а зростання енергетичних потреб не лише промисловості, сільського господарства, систем управ-

ління різного рівня та населення зумовлює щорічний приріст кількості споживачів. Стає зрозумілим, що обмеженість природних ресурсів, їх вичерпність в свою чергу накладає обмеження на розвиток енергетики, у зв'язку із чим збереження існуючих обсягів споживання наблизить той момент, коли кількість та потреби споживачів перевищать можливості генеруючого обладнання. Щоб запобігти подібному сценарію, світова спільнота уже протягом тривалого часу робить ставку на впровадження заходів із енергоефективності та застосування енергозберігаючих технологій.

За сьогоденних тенденцій підвищення цін на енергоносії, впровадження сучасних енерготехнологій має на меті скорочення обсягів споживання енергії без зниження (чи зі збільшенням) енергопостачання кінцевим споживачем саме за рахунок підвищення ефективності їх використання. Розв'язання проблеми зниження витрат на енергоресурси (у тому числі на опалення та гаряче водопостачання) є надзвичайно актуальним, оскільки на потреби опалення та водопостачання лише у житлово-комунальному господарстві України витрачається третина енергетичних ресурсів (понад 70 млн. т. у. п.) і на

одного мешканця припадає близько 1,4 т.у.п., що у два рази більше, ніж у країнах Європи [1].

Крім того, часті випадки перебоїв електропостачання, викликані несправністю електромереж (в тому числі, спричинені негодою та природними катаклізмами) змушують вдаватися до пошуку більш автономних та надійних джерел живлення, в тому числі із застосуванням когенераційних установок та використання відновлюваних джерел енергії. У випадку підприємств це дозволяє покращувати економічні показники їхньої роботи не тільки завдяки виробництву порівняно більш дешевої електроенергії чи тепла, але й за рахунок мінімізації збитків, завданих перебоями в електроживленні.

Принцип економії енергії покладено в основу сучасної світової енергетичної політики, соціально і екологічно прийнятної в умовах кризи.

Як зазначено у [2], частка природного газу в енергетичному балансі України становить 45%, що майже удвічі більше, ніж в розвинутих країнах світу (США, Франція, Німеччина та інші). Україна належить до енергодефіцитних держав, будучи забезпеченою природним газом лише на 25%, а частка споживання відновлюваних джерел енергії в енергобалансі складає близько 0,6%.

Відзначимо, що незважаючи на зростання популярності відновлюваної енергетики у світі та внесення відповідних змін до державної політики, як це спостерігаємо на прикладі розвинених країн, ситуація з впровадженням альтернативної енергетики на державному рівні в країнах СНД та Україні не є задовільною. За оцінками експертів Європейської економічної комісії (ЄЕК) ООН, частка "чистих" джерел енергії на території СНД становить лише близько 5% від загального енергетичного балансу [3]. Індикативна прогнозна частка ВДЕ у 10%, закладена в оновленій Енергетичній стратегії України на період до 2030 року, – це частка встановлених потужностей електрогенерації. Що стосується виробництва електроенергії, за базовим сценарієм на 2030 рік частку ВДЕ заплановано на рівні 4,6%. Для порівняння, за відомою програмою ЄС 20:20:20 частка ВДЕ у загальному енергобалансі Євросоюзу має скласти 20% вже у 2020 році [4].

Враховуючи, що виробництво "чистої" енергії в Україні має зрости практично у 17 разів протягом відносно короткого терміну, суспільство має зосередити свій потенціал для того, щоб знайти засоби для виконання вимог зазначеної Стратегії. На відміну від "великої енергетики", розміщеної за галузевим принципом, стратегічного значення для розвитку сучасної енергетики має набути мала енергетика, у першу чергу – використання відносно невеликих і розосереджених енергетичних модулів, що працюють на відновлюваних джерелах енергії, а також їх поєднання у локальні мережі. У цьому випадку зростає значення раціонального розміщення малих енергетичних установок, що зумовлено, з одного боку, наближенням до споживачів, а, з іншого, – наявністю відповід-

них відновлюваних ресурсів [5, с. 4]. Варто підкреслити, що поєднання централізованої енергетики та розподіленої мережевої інтелектуальної енергетики, поява "Enegrid" (Enegrid – це інтелектуальна мережа, що, за принципом Internet, підтримує імпортування та експортування енергії, а не біт. Ідею створення такої мережі запропонував співзасновник Ethernet Роберт Меткалф), за оцінками фахівців, визначають основний довгостроковий вектор зміни енергетичного порядку у світі.

Розподілена енергетика являє собою сукупність розподілених генеруючих об'єктів, споживачів енергії, накопичувачів енергії, об'єднаних в мікро "smart grid" (Smart Grids – інтелектуальні мережі – це електричні мережі, які задовольнятимуть майбутні потреби у енергоефективному і економному функціонуванні за рахунок скоординованого керування і за допомогою сучасних двосторонніх комунікацій між елементами електричних мереж, електростанціями, джерелами акумуляції та споживачами). Розподілена генерація – це переважно когенерація, тобто комбіноване виробництво теплоти і електроенергії у процесі спалювання палива, та використання відновлюваних джерел енергії або їх поєднання [6].

За показником електричної потужності розрізняють такі види розподіленої генерації:

- мікрогенерація – 1кВт-1 МВт;
- мала генерація – від 1 до 50 МВт;
- середня генерація – від 50 до 150 МВт.

Доцільність введення нових потужностей розподіленої генерації визначається, в першу чергу, її комерційною ефективністю. Основними факторами, що впливають на комерційну ефективність інвестиційного проекту розподіленої генерації, є:

- умови збуту електричної і теплової енергії (потужності) – механізми торгівлі та відповідні їм ціни і об'єми постачання;
- питомі капітальні витрати порівняно з "великою генерацією";
- умови фінансування інвестицій (термін окупності, вартість залученого капіталу і т.д.);
- плата за технологічне приєднання об'єкта до мережі;
- рівень цін на паливо та його доступність.

Здійснення оцінки ефективності введення в експлуатацію нових генеруючих потужностей передбачає проведення комплексного аналізу, в ході якого будуть враховуватись усі вище зазначені фактори, а також моделювання функціонування об'єктів розподіленої генерації в конкурентних і регульованих секторах енергозбереження і вибір оптимального варіанту взаємодії енергетичного об'єкта з мережею.

Розповсюджені на даний час технології розподіленої генерації в багатьох випадках мають більш високі капітальні (євро/кВт) і поточні витрати (євро/кВт-год.) порівняно із централізованою генерацією. Однак ряд додаткових переваг в вигляді когенерації тепла, відсутність мережевих витрат, підвищення надійності, тощо вже зараз роблять розподілену генерацію вигідною для багатьох застосувань. Тому ключ-

човим фактором для визначення перспективності таких проєктів є справедлива ринкова оцінка всіх переваг. Розвиток технологій, в свою чергу, сприяє виходу на рівень економічної доцільності щораз більшої кількості варіантів застосування технологій розподіленої генерації. Основними інтересами споживачів поки що залишаються можливості резервування, економія за рахунок зниження витрат, підвищений коефіцієнт корисної дії (ККД) одночасної генерації тепла та електроенергії. Для розподіленої генерації використовуються як традиційні установки (всі типи установок внутрішнього згоряння, серед яких лідирують дизелі і двигуни, що працюють як на дизельному паливі, так і на газі), так і продукти новітніх технологій. Енергетичні компанії дедалі більше розраховують на суттєву підтримку від розподілених генераторів при пікових навантаженнях, на використання цих потужностей для зниження втрат і поліпшення параметрів роботи мережі. Незважаючи на безперервне удосконалення, традиційні установки залишаються екологічно "брудними" в порівнянні з використанням більш нових технологій. У той же час, весь спектр установок, що виробляють енергію з поновлюваних джерел, розглядається як потенційний внесок в інфраструктуру розподіленої генерації [7].

Зупинимось більш детально на одному із видів розподіленої генерації, що відноситься до систем відновлюваних джерел енергії і може бути інтегрованим в будівлі – мікрогенерації.

Мікрогенерація має на меті, насамперед, задоволення локального попиту на енергію. Подібні системи можуть використовуватись у житлових і нежитлових будівлях, та підключатись до мережі, що, однак, не є визначальним, оскільки основна частина вихідної потужності використовується на місці. Тому системи мікрогенерації, як правило, розробляються у відповідності до величини локального попиту або пропорційно до фізичних обмежень на місці виконання робіт, тобто наявності доступного простору, що є навіть більш доцільним. Технології мікрогенерації охоплюють весь спектр категорій відновлюваної енергії – енергія вітру, сонячна, енергія біомаси, гідроенергія і теплові насоси. З точки зору оцінки регіональних можливостей та обмежень для впровадження, потенціал застосування декотрих із цих джерел не стимується напряму умовами забудованого довкілля, коли йде мова про обмеженість робочої ділянки, натомість для таких джерел існують можливості для створення потужності значно більшого масштабу. Ці категорії охоплюють установки на біомасі на гідроенергетику.

До технологій, які безпосередньо залежать від потенційної можливості забудованого довкілля залучити до виробництва системи мікрогенерації, належать виробництво сонячної енергії – сонячні опалювальні установки та сонячні батареї (PV) (PV (photovoltaic) – фотоелектричні установки) для виробництва електроенергії, а також теплові насоси (ТН) – ґрунтові та повітряні [8].

Використання **сонячних теплових установок (СТУ)** залежить від трьох факторів, що визначаються місцевими умовами:

1) наявність вільного простору на даху, необхідного для встановлення системи;

2) орієнтація і вплив даху (щоб мати можливість захопити достатньо сонячного випромінювання);

3) локальна потреба у гарячому водопостачанні (СТУ зазвичай здатна забезпечити до 50% потреби у гарячій воді, хоча деякі системи передбачають також можливість опалювання приміщень).

Системи СТУ є придатними для більшості житлових будівель, які мають щодо цього найбільший потенціал, а також для деяких енергоємних нежитлових будівель.

Сонячний колектор являє собою пристрій, до складу якого входить пластина і абсорбуючий елемент, який поглинає енергію Сонця, перетворює її на теплову і передає теплоносію. Абсорбуючий матеріал з одного боку покритий шаром спеціального прозорого матеріалу, а з іншого – теплоізолятором з метою мінімізації тепловтрат. Головною сировиною у виготовленні абсорбера є мідь, яка має найбільшу теплопровідність. Завважимо, що з технічної точки зору ефективність колекторів знаходиться на досить високому рівні – 87%. Сонячний колектор простої конструкції площею 1 м<sup>2</sup> за день може нагрівати 50-70 л води до температури 80-90°C. Колектор встановлюється на даху будівлі так, щоб його освітленість впродовж дня була найбільшою. Частина теплової енергії акумулюється: короткостроково (на декілька днів) – тепловими акумуляторами, довгостроково (на зимовий період) – хімічними.

Сонячний колектор може мати різне функціональне призначення і використовуватись для гарячого водопостачання, посилення низькотемпературного опалення, нагрівання басейну тощо. Вперше такі установки почали продаватись в США в кінці XIX ст. та користувалися широкою популярністю в різних країнах аж до 1920 року, поки не були витіснені дешевими і практичними горючими рідинами (бензин, газ тощо). На сьогодні світовим лідером із використання сонячних колекторів є Китай, де подібного типу нагрівачі займають 80% сегменту цього специфічного ринку [9,10].

Принцип роботи сонячної теплової установки (рис. 1) полягає в тому, що сонячні промені, потрапляючи на поверхню колектора, нагрівають воду, що міститься всередині. Нагріта до 90 °C вода циркулює між колектором та резервуаром, за допомогою теплообмінника сонячне тепло передається воді, що міститься в резервуарі (комбінований водонагрівач). Завдяки водонагрівачеві тепло зберігається вночі та у холодні дні року.

Застосування **фотоелектричних установок (PV)** залежить тільки від двох із раніше зазначених локально обумовлених факторів:

1) наявність вільного простору на даху;

2) орієнтація і вплив даху.

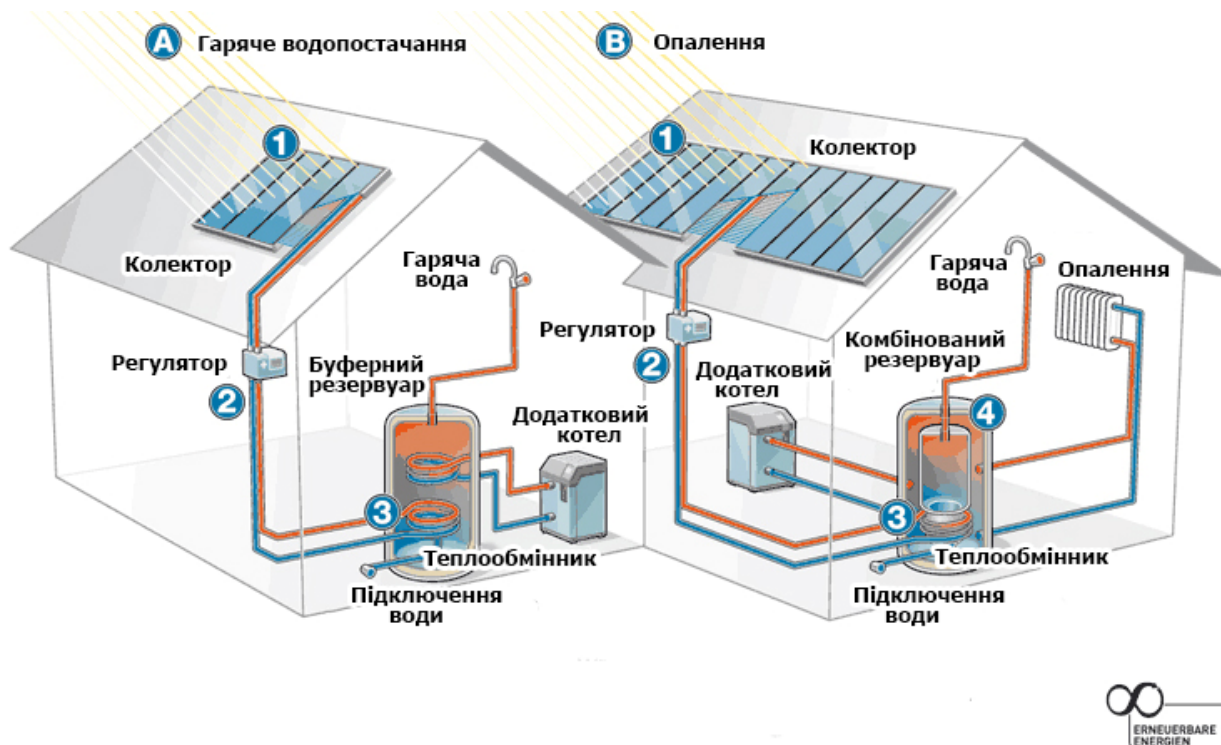


Рисунок 1 – Схема використання сонячного колектора в житловому будинку для гарячого водопостачання (А) та опалення (В) [11]

Сонячні фотоелектричні системи однаковою мірою придатні для використання у житлових та нежитлових будівлях, хоча найбільшого поширення вони набули в приватному секторі, і потенційні зміни в майбутньому теж більшою мірою стосуються житлового фонду. Житлові будинки мають, як правило, скатні дахи, в той час, як дахи комерційних і промислових будівель, в основному є плоскими, і тому орієнтація даху виступає визначальним фактором. Впровадження тієї чи іншої сонячної технології на практиці залежить від наявності місця для установки. Відзначимо, що будівля може застосовувати одну або обидві технології, однак загальна пропускну здатність системи (систем) при цьому не буде значно відрізнятись, незалежно від того, чи працює велика система на базі однієї технології або ж дві системи з використанням різних. В такому разі оцінка ефективності її роботи проводиться із використанням одного набору параметрів для обох категорій з метою уникнення подвійного обліку [8].

Для того, щоб система із сонячних батарей працювала й подавала енергію в мережу, потрібно встановити ряд додаткових електроприладів, зокрема:

інвертор, що перетворює постійний струм у змінний;

акумуляторну батарею, роль якої - накопичувати енергію й згладжувати перепади напруги через зміну освітленості;

контролер заряду акумулятора, який не дозволяє акумулятору перезарядитися або розрядитися завчасно.

У комплексі це називається "автономною системою енергопостачання". У той же час у системі, яка працює на постачання енергії в загальну мережу, акумулятори й контролери не потрібні, необхідний тільки мережевий інвертор. При виборі оптимального співвідношення компонентів системи необхідно визначити її кінцеву мету і технічні можливості, бо це впливає на такий важливий економічний показник, як вартість обладнання.

Схему використання фотоелектричної установки для енергозабезпечення житлового будинку наведено на рис. 2.

За інформацією, що наводиться у [12], при площі сонячної батареї приблизно  $0,2 \text{ м}^2$  потужність модуля становить приблизно 10 Вт. Напруга при максимальному навантаженні – близько 25 В. Величина струму короткого замикання – близько 500 мкА. Вага одного модуля близько 2 кг, приблизний ККД сонячної батареї – від 14 до 18%, а термін служби такої пластини – не менше 25 років. Незважаючи на порівняно низький ККД, сонячна батарея є найбільш ефективним та надійним джерелом електрики серед альтернативних і автономних джерел енергії. Для отримання більш істотної потужності сонячні панелі поєднують у міні-електростанції. Із сонячної батареї площею  $10 \text{ м}^2$ , можна отримувати вже більш 1 кВт енергії, цього достатньо для роботи побутових пристроїв, комп'ютера, освітлення. Для будинку, в якому проживає сім'я із 3-4 осіб (необхідна потужність 200-300 кВт на місяць), у світлий час доби й теплу пору року буде достатньо сонячних батарей площею  $20 \text{ м}^2$ . Для встановлення такої сонячної батареї вистачає орієнтованої на пів-

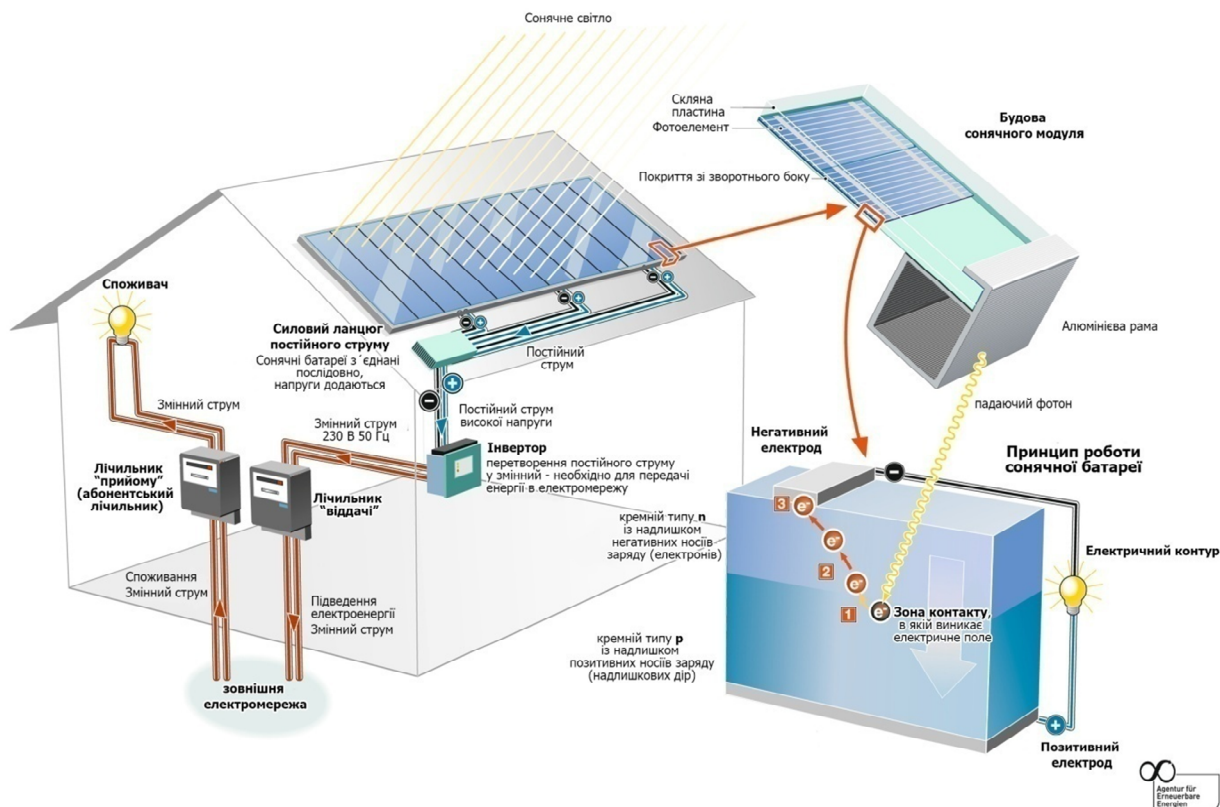


Рисунок 2 – Складові частини та принцип роботи фотоелектричної установки, що підключена до електромережі будинку [11]

день сторони даху. Якщо ж площа сторони даху, орієнтованого на південь, складає 40 м<sup>2</sup>, то установка може при 18-20 сонячних днях генерувати до 500 кВт\*год. на місяць.

Основна відмінність **теплових насосів (ТН)** від інших джерел енергії полягає у використанні відновлюваної низькотемпературної теплоти навколишнього середовища, з якого тепловий насос "викачує" близько 80% від загальної енергії, при цьому витрати енергії на роботу пристрою є значно меншими за кількість отриманої теплоти [1]. Тепловий насос може співпрацювати з іншими джерелами енергії – газовим чи мазутним котлом, сонячною системою тощо.

Приклад застосування теплового насоса для опалення котеджу проілюстровано на рис. 3: тепловий насос 2 під'єднаний з одного боку до системи опалення будинку (резервуар 3), а його випаровувач підключений до колектора (А) або до геотермального зонда (В). Ефективність роботи такої системи залежить від досконалості конструкції і регулювання самого теплового насосу та від геологічних властивостей місцевості, на якій споруджено будівлю.

Незважаючи на те, що технологія використання теплових насосів користується великою популярністю в західній Європі – для прикладу, в Швеції приблизно 95% будинків опалюється саме за допомогою таких систем, а в Польщі встановлено біля 8.5 тисяч установок із тепловими насосами потужністю близько 80МВт. ситуація з ТН в Україні принципово відрізня-

ється [13, 14, 11]. Визначальними факторами, які обумовлюють особливі вимоги до параметрів теплових насосів та умов їх встановлення, є в першу чергу особливості українського клімату, обмежена та досить мала тепловіддача селеновиша, нижчі в порівнянні з Європою ціни на газ. Однак, ключовим моментом, який впливає на можливість використання в умовах України теплових насосів, є відсутність реальної державної підтримки програми енергоефективності та відсутність вітчизняних виробників.

Значно сприятливішою є ситуація, що склалася в секторі сонячної електрогенерації. Так, Законом України від 20 листопада 2012 року, №5485-VI було внесено зміни до Закону "Про електроенергетику" щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії [15]. Згідно цих змін та доповнень, приватні домогосподарства зможуть продавати залишки електроенергії, яка виробляється за допомогою сонячних панелей: якщо на приватному будинку знаходиться фотоелектрична установка потужністю не більше 10 кВт, то за умови, що протягом місяця така установка вироблятиме кількість енергії в обсязі, що перевищує обсяг споживання, надлишок цієї електроенергії можна продавати в мережу за "зеленим" тарифом.

За визначенням, що наводиться в статті 1 Закону України "Про електроенергетику" [16], "зелений" тариф – спеціальний тариф, за яким закуповується електрична енергія, вироблена на об'єктах електроенергетики, у тому числі на

введених в експлуатацію чергах будівництва електричних станцій (півскових комплексах). з альтернативних джерел енергії. У відповідності до статті 17-1 цього закону. "зелений" тариф встановлюється для кожного суб'єкта господарювання. який виробляє електричну енергію з альтернативних джерел енергії. "зелений" тариф на електроенергію. вироблену генеруючими установками приватних господарств. встановлюється єдиним. Для приватних домогосподарств. які виробляють електричну енергію з енергії сонячного випромінювання "зелений" тариф встановлюється на рівні роздрібного тарифу для споживачів другого класу напруги на січень 2009 року. визначеного із застосуванням тарифного коефіцієнта. що застосовується для пікового періоду часу (для трizonної тарифної класифікації). помноженого на коефіцієнт "зеленого" тарифу для електроенергії. виробленої з енергії сонячного випромінювання для приватних домогосподарств. Даний абзац статті 17-1 набирає чинності з 1 січня 2014 року.

На практиці "зелений" тариф можна визначити за простою формулою:

$$ЗТ = А \cdot В \cdot С, \quad (1)$$

де А – роздрібна ціна на електроенергію для другого класу споживачів на 01.01.2009 (А=58,46/кВт·год.):

В – коефіцієнт пікового періоду (В=1,8):

С – коефіцієнт "зеленого" тарифу для домогосподарств (для приватної СЕС потужністю до 10 кВт. з 01.04.2013 по 31.12.2014 р. С=3,70).

Таким чином. величина тарифу у гривнях (без ПДВ) становитиме:

$$\begin{aligned} ЗТ &= 58,46 \text{ (коп./кВт·год.)} \cdot 1,8 \cdot 3,7 = \\ &= 389,34 \text{ (коп./кВт·год.)} \end{aligned}$$

Якщо в середньому населення платить за 1 кВт електроенергії 30 коп., то тепер можна буде продати її надлишок більш, ніж у 10 разів дорожче.

Держава гарантує, що для суб'єктів господарювання, які виробляють електричну енергію з альтернативних джерел енергії, буде застосовуватися порядок стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел на дату введення цих об'єктів в експлуатацію, а також на законодавчому рівні гарантує закріплення на весь строк застосування "зеленого" тарифу вимог щодо закупівлі всієї електроенергії, виробленої з альтернативних джерел і не проданої безпосередньо споживачам або енергопостачальним компаніям, за встановленим "зеленим" тарифом та розрахунків за таку енергію в повному обсязі.

Варто однак відзначити, що, незважаючи на ці гарантії з боку держави, на даний момент не існує чіткого механізму регулювання продажу електроенергії приватними особами, а порядок продажу та обліку енергії сонячного випромінювання приватними домогосподарствами не затверджено Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики.

Повернемося до згаданих нами раніше технологій мікрогенерації, до яких відносяться системи, засновані на використанні сонячної енергії та теплові насоси. Нагадаємо, що завдяки використанню систем автономного енергопостачання із можливістю продажу надлишків виробленої на таких установках електроенергії, домогосподарства поступово стають повноправними учасниками енергетичного ринку з одного боку, а з іншого – зменшують навантаження на існуючі енергетичні та теплові мережі, оскільки скорочуються обсяги споживання залученої ззовні енергії за рахунок власного виробітку.

Різні схеми використання відновлюваної енергії для індивідуального електро- та теплопостачання наведені для того, щоб підкреслити різну їх ефективність і вартість.

Для приватного будинку загальною площею 200 м<sup>2</sup>, що знаходиться в сільській місцевості, було розроблено проект електропостачання із можливістю передачі електроенергії в зовнішню електромережу. Прогнозована величина електричної потужності установки, яка складається із 30 сонячних батарей марки UE Solar 185W, становить 6 кВт, коефіцієнт потужності – 0,95. Загальна вартість проекту складає 177 000 грн.

Відомо, що у весняно-літній період (квітень-вересень) для забезпечення власних енергетичних потреб будинку використовується 1 кВт потужності, а електроенергію, вироблену із 5 кВт власник продає у зовнішню електромережу за "зеленим" тарифом, натомість у осінньо-зимовий період (жовтень-березень) уся енергія, що виробляється сонячною установкою, іде на покриття власних потреб. Таким чином, можемо визначити, чи є таке виробництво рентабельним.

Визначимо кількість енергії, яку може виробляти сонячна установка протягом місяця:

$$6(\text{кВт}) \cdot 24(\text{год.}) \cdot 30(\text{днів}) = 4320(\text{кВт·год./міс.})$$

У весняно-літній період споживання власної електроенергії становить:

$$1(\text{кВт}) \cdot 24(\text{год.}) \cdot 30(\text{днів}) = 720(\text{кВт·год./міс.})$$

Щомісячна економія енергії в цей період складає:

$$720(\text{кВт·год.}) \cdot 0,281(\text{грн.}) = 202,32(\text{грн.}),$$

де 0,281 грн. – величина тарифу на споживання 1 кВт·год. електроенергії населенням, що проживає у сільській місцевості за обсяг, спожитий понад 150 кВт·год. до 800 кВт·год. електроенергії на місяць (включно) [17].

Також у цей період власник щомісяця продає електроенергію, вироблену сонячною установкою, до електромережі за "зеленим" тарифом. Дохід від продажу електроенергії становить:

$$\begin{aligned} 5(\text{кВт}) \cdot 24(\text{год.}) \cdot 30(\text{днів}) \cdot 3,8934(\text{грн.}) = \\ = 14016,24(\text{грн./міс.}), \end{aligned}$$

де 3,8934 грн. – ставка "зеленого" тарифу для приватної СЕС потужністю до 10 кВт.

В осінньо-зимовий період сонячна установка працює повністю на задоволення власних потреб у електроенергії, тому споживання приймаємо рівним 4320 кВт·год. протягом місяця.

У зимовий період економія за рахунок відмови від придбання електроенергії із зовнішньої мережі становитиме:

$4320(\text{кВт}\cdot\text{год.}) \cdot 0,798(\text{грн.}) = 3447,36(\text{грн.}),$   
де 0,798 грн. – величина тарифу на споживання 1 кВт·год. електроенергії населенням, що проживає у сільській місцевості за обсяг, спожитий понад 800 кВт·год. електроенергії на місяць [17].

Загальна річна економія коштів на електропостачання за рахунок власної генерації буде дорівнювати:

$$202,32(\text{грн.}) \cdot 6(\text{міс.}) + 3447,36(\text{грн.}) \cdot 6(\text{міс.}) = 21898,08(\text{грн.})$$

Прибуток від продажу сонячної електроенергії у мережу за "зеленим" тарифом за увесь літній період (у нашому випадку – і протягом року) становитиме:

$$6(\text{міс.}) \cdot 14016,24(\text{грн.}) = 84097,44(\text{грн.})$$

Звідси можемо визначити термін окупності даної сонячної установки, за умови що параметри споживання залишатимуться незмінними:

$$TO = 177000 : 84097,44 = 2,1 \text{ року.}$$

Розглянемо також варіант із використанням теплового насоса замість газового котла для теплопостачання такого самого середніх розмірів котеджу, який споживає близько 4 тис.м<sup>3</sup> природного газу на рік. Тепловий насос марки NIBE Fighter-1140-17 [18] зараз коштує близько 9 тис. євро, тобто більше 100 тис. грн., його технічні характеристики: споживання електроенергії – 3,8 кВт, кількість виробленої теплової енергії – 16,8 кВт, коефіцієнт трансформації – 4,6, рекомендований ґрунтовий колектор: горизонтальний 2x350-3x300 м, зонди – 2x110-2x140 м. Вартість аналогічного за потужністю двоконтурного газового котла складає близько 10 тис. грн. За розрахунками [1], термін повернення коштів за нинішніх цін на газ та з урахуванням вартості газового обладнання і типової теплової насосної установки, за оцінкою фахівців становитиме 58 років. Річна економія коштів у випадку використання такого теплового насоса замість газового котла становить 1551 грн., однак у десять разів вища ціна на нього, як і прогнозоване зниження ціни на газ та існуючі тарифи на електроенергію робить використання ТН проблематичним та певною мірою збитковим, оскільки такого роду системи теплопостачання вимагають значних обсягів інвестицій.

Додамо, що на даний час використання теплових насосів в Україні не є настільки поширеним, як, наприклад, у сусідній Польщі та країнах Європи, існує брак власного виробництва такого обладнання, але в майбутньому, якщо ТН набудуть більшої популярності, цей недолік з часом знівелюється. У випадку приватного будинку, з огляду на високу вартість ТН порів-

няно із газовим опаленням, використання його в даний час не є вигідним. Законодавством України не передбачено жодних пільгових тарифів чи програм стимулювання виробництва енергії для власників ТН, незважаючи на її екологічність, тому мова може йти тільки про забезпечення власних потреб і неможливість продажу надлишку енергії до зовнішньої мережі, як це є у випадку із сонячною енергією. Беручи до уваги найвищу ставку "зеленого" тарифу для цього виду енергії, визначену в Законі України "Про електроенергетику", використання сонячних установок з точки зору співвідношення "витрати-окупність" на даний момент є найбільш привабливим.

Вартість теплової енергії, що виробляється ТН, залежить від ціни на електроенергію, яка потрібна для живлення теплового насоса, та вартості обладнання:

$$TE = f(E_{\text{ел.}}, V_{\text{обл.}}), \quad (2)$$

де  $E_{\text{ел.}}$  – вартість спожитої електроенергії, грн.;  
 $V_{\text{обл.}}$  – вартість обладнання, грн.

Для зниження вартості теплової енергії потрібно, з одного боку, на державному рівні запровадити пільгову програму підтримки вітчизняних виробників обладнання. Підтримка вітчизняного виробника має першочергове значення і може бути здійснена шляхом зменшення податкового навантаження, а використання імпортного обладнання, зменшення його ціни для вітчизняного споживача – за рахунок зменшення ввізного мита. З іншого боку, якщо мова йде про виробництво екологічно "чистої" енергії, наступним кроком має стати зниження тарифів на споживання електроенергії для власників ТН (рис. 4).

Перевагами теплових насосів є екологічність, високий рівень безпеки, надійність, незалежність від постачання і якості енергоносіїв, практично цілковита автономність в роботі, відсутність шуму тощо. Ідеальним варіантом застосування теплового насоса для автономного енергопостачання будівель буде поєднання його із сонячною та(або) вітровою установкою: кількість електроенергії, виробленої такою установкою, завдяки спільній експлуатації із ТН збільшуватиметься, а використання сонячних колекторів дозволить забезпечити стабільне і надійне гаряче водопостачання навіть за низьких зовнішніх температур.

Проаналізувавши вище сказане, можемо зробити наступні висновки. Вибір оптимальних технологій генерації, використання розосереджених джерел енергії є одним із важливих кроків на шляху до ефективного енергозабезпечення та підтримки життєдіяльності усієї людської спільноти в довгостроковій перспективі, дедалі більшу роль відіграє раціональне розміщення малих енергетичних установок, що зумовлено, з одного боку, наближенням до споживачів, а з іншого – наявністю відповідних відновлюваних ресурсів.

Незважаючи на високу вартість закупівлі та монтажу обладнання, завдяки ефективній державній програмі стимулювання відновлю-



Рисунок 4 – Механізм зниження вартості теплової енергії, виробленої з використанням теплових насосів

ваної енергетики шляхом запровадження системи "зелених" тарифів, за якими виробники енергії з відновлюваних джерел можуть продавати її до електромережі, ця технологія досить швидко окупується і до того ж дозволяє заощаджувати, оскільки власного виробітку електроенергії часто буває досить для задоволення власних потреб у енергопостачанні в повній мірі, особливо це стосується приватних домогосподарств. Коефіцієнти "зеленого" тарифу, визначені в Законі України "Про електроенергетику", значно відрізняються і є найвищими для виробників сонячної енергії. З урахуванням цього та на підставі проведеного аналізу, можемо стверджувати, що у порівнянні з ТН, виробництво електричної енергії на сонячних установках для індивідуальних господарств є економічно більш доцільним та раціональним.

Технологія застосування теплових насосів за умов належної державної підтримки могла би стати надзвичайно перспективною в умовах України, оскільки це – одне з найбільш безпечних, надійних, ефективних та екологічних джерел енергії та альтернатива споживання значних обсягів природного газу, від закупівлі якого ми, на жаль, залежимо. Відповідний механізм державної підтримки програм використання альтернативних та відновлюваних джерел енергії, стимулювання та заохочення вітчизняного виробника є, в першу чергу, питанням підвищення енергетичної безпеки держави за рахунок більш ефективного використання власного енергетичного потенціалу і ресурсів, диверсифікації джерел енергопостачання, що є особливо важливим у світлі теперішніх світових тенденцій, викликів та загроз.

### Література

1 Крижанівський Є.І. Зниження обсягів споживання природного газу для теплопостачання шляхом використання теплових насосів / Є.І. Крижанівський, Ф.В. Козак, Л.Ю. Козак // Нафтогазова енергетика. – 2009. – №1(10). – С. 88-93.

2 Крижанівський Є.І. Нафтогазова енергетика / Є.І. Крижанівський // Нафтогазова енергетика. – 2006. – №1(1). – С. 5-8.

3 Танасієнко А. У майбутнє з вітерцем / А.Танасієнко // [Електронний ресурс] IObserver, №5, вересень-жовтень 2011. – Режим доступу: [www.ibcontacts.com.ua](http://www.ibcontacts.com.ua)

4 Гончар М. Відновлювана енергетика України: Попелюшка чи Фея? / М. Гончар // [Електронний ресурс] "Дзеркало тижня. Україна", №26. – Режим доступу: [http://gazeta.dt.ua/ECONOMICS/vidnovlyuvana\\_energetika\\_ukrayini\\_popelyushka\\_chi\\_feya.html](http://gazeta.dt.ua/ECONOMICS/vidnovlyuvana_energetika_ukrayini_popelyushka_chi_feya.html)

5 Величко С.А. Енергетика навколишнього середовища України (з електронними картами): Навчально-методичний посібник для магістрантів; науковий редактор проф. І.Г.Черваньов. – Харків: Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, 2003. – 52 с.

6 Презентація к докладу И.С. Кожуховского «Перспективы развития распределенной энергетики в г. Москва» // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.e-apbe.ru/library/presentations/TEK\\_Moscow.pdf](http://www.e-apbe.ru/library/presentations/TEK_Moscow.pdf)

7 Розподілена генерація // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ukrbukva.net/print.page,1,65740-Raspredeleonnaya-generaciya.html>

8 Renewable and Low-carbon Energy Methodology. Methodology for the English Regions. – SQW Energy, January 2010.



9 Сонячні колектори // [Електронний ресурс] Энергозберігаючі системи. – Режим доступу: <http://energy-safe.com.ua/sonyachni-kolektori.html>

10 Носенко Ю. Сучасні сонячні технології / Ю.Носенко // [Електронний ресурс] Агробізнес сьогодні – Режим доступу: <http://www.agro-business.com.ua/2013-02-25-13-32-43/1268-2012-10-19-10-26-14.html>

11 Agentur für Erneuerbare Energien // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.unendlich-viel-energie.de>

12 Сонячні батареї для будинку // [Електронний ресурс] ЭнергоРесурс. – Режим доступу: <http://energetyka.com.ua/alternativnaya-energetika/161-sonyachni-batareji-dlya-budinku>

13 Ocena stanu i perspektyw produkcji krajowej urządzeń dla energetyki odnawialnej – Warszawa – sierpień 2007 – Instytut Energetyki Odnawialnej ЕС BREС – praca zbiorowa pod kierunkiem Grzegorza Wiśniewskiego

14 Теплові насоси // [Електронний ресурс] Креативное строительство, 26 липня 2013. – Режим доступу: <http://www.cre8tivez.org/klimaticheskaya-tehnika/teplovi-nasosi/>

15 Закон України "Про внесення змін до Закону України "Про електроенергетику" щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії" // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5485-17>

16 Закон України "Про електроенергетику" // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/575/97-вр>

17 Тарифи на електроенергію, що відпускається населенню // [Електронний ресурс] Національна комісія, що здійснює регулювання у сфері енергетики. – Режим доступу: <http://www.nerc.gov.ua/?id=4787>

18 Геотермальные тепловые насосы NIBE // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nibe.lv/ru/NIBE-prod-ru/prod-ru-geo/NIBE-produkti/NIBE-FIGHTER-1140/>

*Стаття надійшла до редакційної колегії  
20.11.13*

*Рекомендована до друку  
професором Крижанівським Є.І.  
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)  
професором Калуцьким І.Ф.*

*(Прикарпатський національний університет  
ім. В. Стефаника, м. Івано-Франківськ)*