

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ Тамар ДУДАР
«_____» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»

**Тема: «Оцінка ефективності використання геліосистем для
приватних домогосподарств»**

Виконавець: здобувач групи ЕК- 401, Михайлов Богдан Андрійович
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: канд.тех. наук, доцент, професор кафедри екології Павлюх Леся Іванівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер:

(підпис)

Андріан ЯВНЮК

(П.І.Б.)

КИЇВ 2024

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач випускової кафедри
_____ Тамара ДУДАР
« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на виконання кваліфікаційної роботи
Михайлова Богдана Андрійовича

1. Тема роботи «Оцінка ефективності використання геліосистем для приватних домогосподарств» затверджена наказом ректора від 03 квітня 2024, № 504/ст.
2. Термін виконання роботи: з 20.05.2024 р. по 16.06.2024 р.
3. Вихідні дані роботи: м. Рівне; сім'я з 5 осіб.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз розвитку екологічно безпечних технологій отримання енергії; дослідження світових тенденцій розвитку відновлюваних джерел енергії; оцінка ролі відновлюваної енергетики в довоєнний період, під час війни та у післявоєнний період; вивчення ринку сонячних колекторів в Україні, порівняльний аналіз плоских і трубчастих сонячних колекторів та оцінка їх ефективності для потреб приватних домогосподарств, розрахунок періоду окупності сонячного колектору для забезпечення гарячим водопостачанням сім'ї з п'яти осіб.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Отримання теми завдання, пошук літературних джерел та законодавчої бази	20.05.2024	
2	Підготовка основної частини (Розділ I)	21.05.2024-25.05.2024	
3	Підготовка основної частини (Розділ II)	26.05.2024-27.05.2024	
4	Підготовка основної частини (Розділ III)	28.05.2024-31.05.2024	
5	Формулювання висновків та рекомендацій дипломної роботи	01.06.2024	
6	Оформлення пояснювальної записки до попереднього представлення на кафедрі, консультація нормоконтролером	02.06.2024	
7	Представлення роботи на кафедрі	03.06.2024	
8	Урахування зауважень, рекомендацій та підготовка до захисту	04.06.2024-09.06.2024	
9	Захист роботи на кафедрі	10.06.2024	

7. Дата видачі завдання: «20» травня 2024 р.

Керівник кваліфікаційної роботи: _____
(підпис керівника)

Леся ПАВЛЮХ
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: _____
(підпис випускника)

Богдан МИХАЙЛОВ
(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Оцінка ефективності використання геліосистем для приватних домогосподарств»: 45 с., 4 табл., 11 рис., 25 найменувань.

Мета і завдання дипломної роботи. Метою роботи є оцінка ефективності використання геліосистем для приватних домогосподарств.

Об'єкт – генерування теплової енергії за рахунок сонячної радіації.

Предмет – ефективність геліосистем для потреб приватних домогосподарств.

Методи дослідження: аналіз, синтез, порівняння, статистичні методи.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано розвиток екологічно безпечних технологій отримання енергії; досліджено виклики використання сонячної енергетики у воєнний період; вивчено ринок сонячних колекторів в Україні та оцінено їх ефективність для потреб приватних домогосподарств.

ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА,
ГЕЛІОСИСТЕМИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ПРИВАТНІ ДОМОГОСПОДАРСТВА,
СТАЛІЙ РОЗВИТОК

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
-------------------	----------

РОЗДІЛ 1. РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ ЕНЕРГІЇ.....8

1.1. Класифікація природних ресурсів	8
1.2. Невідновлювані ресурси.....	9
1.3. Відновлювані ресурси.....	10
1.4. Світовий досвід використання відновлюваних джерел енергії.....	12
1.5. Висновки до розділу.....	18

РОЗДІЛ 2. РОЗВИТОК СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ.....19

2.1. Сектор відновлюваної енергетики України до війни.....	19
2.2. Сектор відновлюваної енергетики України під час війни.....	21
2.3. Сектор відновлюваної енергетики України після війни.....	24
2.4. Висновки до розділу	27

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІОСИСТЕМ ДЛЯ ПРИВАТНИХ ОСЕЛЬ.....28

3.1. Типи сонячних колекторів.....	28
3.2. Коефіцієнт корисної дії сонячних колекторів.....	31
3.3. Розрахунок кількості трубок для вакуумного сонячного колектора Ataba..	36
3.4. Оцінка річного економічного ефекту сонячного колектора.....	40
3.5. Оцінка терміну окупності витрат при впровадженні геліосистеми.....	41
3.6. Висновки до розділу.....	41

ВИСНОВКИ

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ВСТУП

Актуальність. Відновлювані джерела енергії – це джерела чистої, невичерпної та все більш конкурентоспроможної енергії. Вони відрізняються від викопних видів палива головним чином своєю різноманітністю, широкою сировинною базою і потенціалом для використання в будь-якому куточку планети, але перш за все тим, що не виробляють парникових газів, які спричиняють зміну клімату, і не забруднюють навколишнє середовище. Їх вартість також знижується стабільними темпами, в той час як загальна тенденція вартості викопних видів палива є протилежною, незважаючи на їх нинішню волатильність. Окупність інвестицій у сонячну енергетику є дуже цінною, і не лише у фінансовому плані, але й з точки зору здоров'я населення та екологічної стійкості. З кожним роком сонячна енергія стає все більш популярною серед власників будинків та бізнесу, оскільки люди дізнаються про її численні переваги, а витрати на встановлення сонячних панелей, колекторів, систем зменшуються.

Мета і завдання дипломної роботи. Метою роботи є оцінка ефективності використання геліосистем для приватних домогосподарств.

Завдання:

1. Проаналізувати розвиток екологічно безпечних технологій отримання енергії.
2. Дослідити розвиток сонячної енергетики в Україні.
3. Оцінити ефективність використання сонячних колекторів для приватних домогосподарств.

Об'єкт – генерування теплової енергії за рахунок сонячної радіації.

Предмет – ефективність геліосистем для потреб приватних домогосподарств.

Методи дослідження: аналіз, синтез, порівняння, статистичні методи.

Практична значущість отриманих результатів. Підтвердження ефективності використання геліосистем для гарячого водозабезпечення приватних домогосподарств.

Особистий внесок полягає у виконанні розрахунків конструктивних елементів колекторів для забезпечення приватного домогосподарства гарячою водою.

Апробація.

1. XVIII Всеукраїнська науково-практична конференції молодих учених і студентів „Екологічна безпека держави”, 18 квітня 2024 р.

Публікація.

1. Михайлов Б.А. Геліосистеми для гарячого водозабезпечення приватних домогосподарств. *Екологічна безпека держави*. XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів: тези доп., 18 квітня 2024 р. С.60-61.

РОЗДІЛ 1

РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ОТРИМАННЯ ЕНЕРГІЇ

Природні ресурси – компоненти довкілля, що використовуються в процесі суспільного виробництва для задоволення матеріальних і культурних потреб людини і суспільства.

1.1. Класифікація природних ресурсів

Природні ресурси можна визначити як ресурси, які існують (на планеті) незалежно від дій людини. Це ресурси, які знаходяться в навколишньому середовищі і розробляються без втручання людини. До поширених прикладів природних ресурсів належать повітря, сонячне світло, вода, ґрунт, камінь, рослини, тварини та викопне паливо. Природні ресурси – це природні матеріали, які є корисними для людини або можуть бути корисними за можливих технологічних, економічних чи соціальних обставин, або запаси, що видобуваються з землі, такі як продукти харчування, будівельні матеріали, добрива, метали, вода та геотермальна енергія. Основними природними ресурсами є ті, котрі зображені нижче на рис. 1.1.

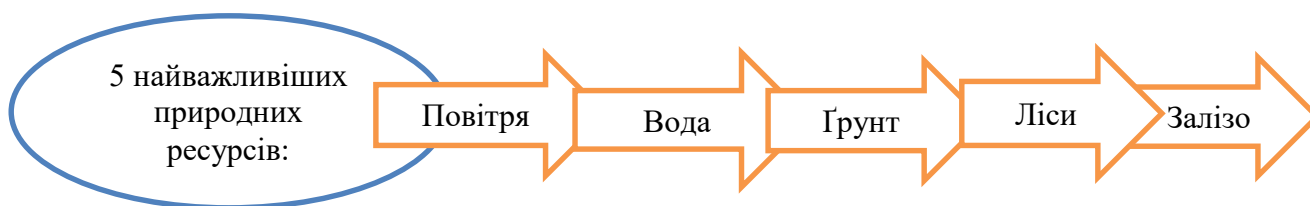


Рис. 1.1. Основні природні ресурси

Повітря: Чисте повітря важливе для виживання всіх рослин, тварин і людей на нашій планеті. Тому необхідно вживати заходів для зменшення забруднення повітря.

Вода: 70% Землі покрито водою, і лише 2% з них є прісною. Необхідно ініціювати просвітницьку роботу та регулювати використання води.

Ґрунт: ґрунт складається з різних частинок і поживних речовин. Він допомагає рослинам рости.

Ліси: Ліси забезпечують чисте повітря і зберігають екологію світу. Древа вирубують для житлових і будівельних проєктів.

Залізо: зустрічається у вигляді мінералу діоксиду кремнію і використовується для створення міцної зброї, транспорту та будівель.

На рис. 1.2 наведена класифікація природних ресурсів за характером відновлення, за походженням та за призначенням.

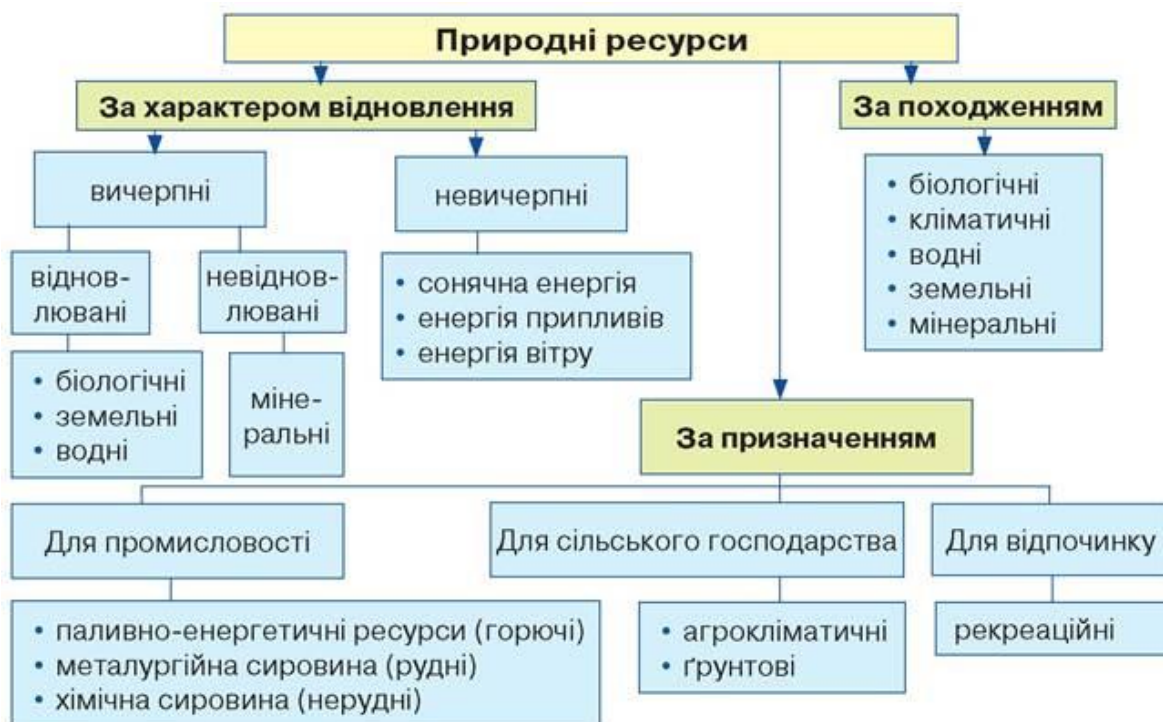


Рис. 1.2. Класифікація природних ресурсів

1.2. Невідновлювані ресурси

Термін "невідновлюваний ресурс" означає природну речовину, яка не відновлюється зі швидкістю, з якою вона споживається. Таким чином, невідновлювані ресурси є обмеженими ресурсами. Людина постійно використовує запаси цих речовин, тоді як формування нових запасів займає еони років. Прикладами невідновлюваних ресурсів є викопні види палива, такі як нафта, природний газ і вугілля. Протилежністю невідновлюваним ресурсам є відновлювані ресурси. Поставки цих ресурсів поповнюються природним шляхом або можуть бути сталими. Невідновлювані ресурси надходять безпосередньо з землі. Це може бути безпосередньо з землі або шахти. Запаси цих речовин формувалися мільярди років, і знадобляться мільярди років, щоб замінити використані запаси. Таким чином, запаси

невідновлюваних ресурсів є обмеженими і не можуть бути замінені. Люди видобувають ці ресурси у газовій, рідкій або твердій формі, а потім переробляють їх для задоволення своїх потреб. Сира нафта, природний газ, вугілля та уран є невідновлюваними ресурсами. Всі вони переробляються на продукти, які можуть бути використані на комерційній основі. Наприклад, промисловість викопного палива видобуває сиру нафту з-під землі і перетворює її на бензин. Рідини викопного палива також переробляються на нафтохімічні продукти, які використовуються як інгредієнти у виробництві буквально сотень продуктів – від пластмас і поліуретану до розчинників. Деякі види підземних вод вважаються невідновлюваними ресурсами, якщо водоносний горизонт не може поповнюватися з тією ж швидкістю, з якою він виснажується.

Більшість суспільств сильно залежать від невідновлюваних ресурсів, особливо у сфері енергетики. За оцінками, близько 80% всієї енергії у світі споживається з використанням викопного палива [1]. Це не тільки створює величезне навантаження на наявні запаси, але й має значний вплив на навколишнє середовище. При спалюванні викопного палива виділяється вуглекислий газ, що призводить до зміни клімату.

Всі викопні види палива є невідновлюваними. Але не всі невідновлювані види палива є викопними. Сира нафта, природний газ і вугілля вважаються викопним паливом, але уран – ні. Це радше важкий метал, який видобувається у твердому вигляді, а потім перетворюється на атомних електростанціях на паливо. Всі ці невідновлювані ресурси історично довели, що вони є цінними джерелами енергії, видобуток яких є недорогим. Зберігання, перетворення і транспортування є простими і дешевими. Паливо, створене з невідновлюваних ресурсів, все ще є основним джерелом усієї енергії, що виробляється у світі, завдяки своїй доступності та високій енергетичній цінності.

1.3. Відновлювані ресурси

Термін "альтернативна енергетика" виник не так давно, і під цим напрямком

енергетики розуміють сукупність перспективних методів отримання теплової та електричної енергії, які наразі не набули широкого розповсюдження. Альтернативна енергетика цікава своїм низьким впливом на навколишнє середовище в умовах глобальної проблеми зміни клімату. Альтернативна енергетика є частиною "відновлюваної енергетики" (renewable energy, відновлювані джерела енергії), до якої також відносять гідроенергетику та біоенергетику. Чи слід вважати біоенергетику альтернативною - питання досить дискусійне (оскільки вона в основному є частиною теплової енергетики, хоча і базується на біопаливі, а не на видобутих вуглеводнях). Не входить до відновлюваної і, тим більше, до альтернативної енергетики і ядерна енергетика, оскільки її негативний вплив на навколишнє середовище також досить великий, до того ж не стільки реальний, скільки потенційний. Атомні станції, відходи від їх діяльності є потенційною загрозою для довкілля, що вже підтверджувалося під час аварій на АЕС у минулому. Питання розвитку альтернативної енергетики, до якої відносяться вітрова, сонячна та інші види енергії (альтернативна гідроенергетика, геотермальна енергетика, космічна енергетика, частково біоенергетика) є актуальними в умовах постійного збільшення потреб людства в електроенергії та зростання забруднення навколишнього середовища, викидів вуглекислого газу в атмосферу, що негативно впливає на клімат [2]. Дійсно, лише за 2014-2018 роки обсяг виробництва електроенергії у світі збільшився на 11,27% (найшвидше в країнах Азії, зокрема в Китаї - на 21%), а викиди CO₂ в атмосферу за цей же період зростали на 3,4% на рік.

Зростання чистих джерел енергії не зупинити, про що свідчить статистика, яку щорічно публікує Міжнародне енергетичне агентство (МЕА): за прогнозами МЕА, частка відновлюваних джерел енергії у світовому електропостачанні зросте з 28,7% у 2021 році до 43% у 2030 році, і вони забезпечать 2/3 приросту попиту на електроенергію, зафіксованого за цей період, переважно за рахунок вітро- та фотоелектричних технологій.

За даними МЕА, до 2040 року світовий попит на електроенергію збільшиться на 70%, а її частка в кінцевому енергоспоживанні зросте з 18 до 24% за той самий період - головним чином за рахунок країн, що розвиваються: Індії, Китаю, Африки,

Близького Сходу та Південно-Східної Азії. Рис.1.1. Класифікація джерел енергії.



Рис. 1.3. Класифікація джерел енергії

1.4. Світовий досвід розвитку відновлюваних джерел енергії

У 2022 році Китай знову очолив світ за обсягом інвестицій у чисту енергетику, і ця тенденція може кинути виклик зусиллям США, спрямованим на розвиток власного виробництва.

Згідно з нещодавнім аналізом компанії BloombergNEF, яка займається дослідженням ринку, майже половина світових витрат на низьковуглецеві технології

припадає на Китай. У 2022 році країна витратила 546 мільярдів доларів на інвестиції, які включали сонячну та вітрову енергію, електромобілі та акумулятори [3]. Це майже в чотири рази більше, ніж інвестиції США, які склали 141 мільярд доларів. Європейський Союз посів друге місце після Китаю, інвестувавши 180 мільярдів доларів у чисту енергетику.

Згідно зі звітом, Китай також домінує у низьковуглецевому виробництві, на його частку припадає понад 90 відсотків з 79 мільярдів доларів, інвестованих у цей сектор минулого року.

Ці висновки з'явилися в той час, коли США і Європа працюють над розширенням внутрішніх виробничих потужностей. В останні місяці Сполучені Штати почали впроваджувати переваги Закону про зниження інфляції, який містить 369 мільярдів доларів стимулів, спрямованих на розвиток американської індустрії чистої енергетики.

Німецький наступ на відновлювану енергетику розпочався у 1997 році, коли Європейський Союз прийняв мету виробляти 12 відсотків електроенергії з відновлюваних джерел [4]. Методом досягнення цієї мети у Німеччині стало запровадження "зеленого" закону, який зобов'язував комунальні підприємства купувати різні види відновлюваної енергії за різними цінами. У дослідженні наслідків агресивного просування вітрової та сонячної енергетики в Німеччині Мануель Фрондель зазначив, що німецький "зелений" закон вимагав від комунальних підприємств купувати сонячну енергію за ціною п'ятдесят дев'ять центів за кіловат-годину, що значно перевищувало звичайну вартість традиційної електроенергії, яка становила від трьох до десяти центів. За його спостереженнями, субсидії на вітрову енергію були на 300 відсотків вищими, ніж вартість звичайної електроенергії [5].

Зрозуміло, що таке масове субсидування вітрової та сонячної енергетики привабляло багатьох інвесторів: зрештою, якщо уряд збирається гарантувати ринок на кілька десятиліть і встановити достатньо високу ціну, щоб виробники відновлюваної енергії могли отримувати прибуток, капітал потече на ринок. Німеччина стала другим за величиною виробником вітрової енергії після США, і її інвестиції в сонячну енергетику також були агресивними. Данія – ще одна країна, яка зробила

вітроенергетику візитною карткою своєї енергетичної політики. Для порівняння, Данія виробляє майже 20% електроенергії за допомогою вітру". Управління енергетичної інформації США повідомляє, що "Данія посідає дев'яте місце у світі за потужністю вітроенергетики, але виробляє близько 20% електроенергії за допомогою вітру" [6] Нідерланди – ще одна країна, яка зробила ставку на вітрову енергетику; це третій за величиною виробник офшорної вітроенергетики у світі.

За останні кілька років в Японії спостерігається значне зростання чистої енергетики. Відповідно до щорічного звіту IRENA, до кінця 2022 року країна досягла 78,8 ГВт сонячних фотоелектричних станцій та 4,5 ГВт вітрових електростанцій. Очікується, що ця встановлена потужність значно зросте в найближчі роки, щоб досягти цілей, встановлених на 2030 рік.

Аварія на атомній електростанції Фукусіма у 2011 році стала поворотним моментом в енергетичній політиці Японії. Ця подія прискорила реформування ринку електроенергії, лібералізувавши його та запровадивши "зелений" тариф для мережі, щоб зробити інвестиції у відновлювані джерела енергії більш привабливими.

Реальність така, що Японія має дуже обмежені місцеві ресурси викопного палива, щоб задовольнити свій попит на енергію, а це означає, що існують великі можливості для установок відновлюваної енергетики. Тому Міністерство економіки, торгівлі, промисловості (METI) впроваджує різні політики для сприяння використанню чистої енергії, включаючи створення стратегії розвитку відновлюваної енергетики, яка ставить за мету досягти 36%-38% до 2030 року [7-10].

Крім того, згідно зі звітом про стратегію зеленого зростання Японії, країна має намір досягти вуглецевої нейтральності до 2050 року. Інші особливості та виклики японського ринку відновлюваної енергетики:

1. *Брак землі та розташування:* Хоча потенціал відновлюваної енергетики в Японії очевидний, її розвитку перешкоджає обмежений гірський рельєф країни, стихійні лиха та висока щільність населення. Складний рельєф не дозволяє знайти достатньо землі для встановлення сонячних панелей і вітрових електростанцій, а це означає, що існують великі можливості для агровольтаїки та офшорного вітру. Цікаво, що в минулому ми вже бачили випадки, коли сонячні електростанції будували

на колишніх полях для гольфу або гірськолижних курортах, використовуючи ці простори, які були на піку популярності в 1990-х роках, але зараз не використовуються. Щоб вирішити проблему нестачі землі, нещодавно були розроблені портфелі станцій малої потужності (1-2 МВт), які займають мало місця і використовують ефект масштабу (однакове планування, обладнання та контракти на експлуатацію та обслуговування для всього портфелю) для створення рентабельних проектів.

2. *Перевантаженість електромереж:* На додаток до географічних проблем Японії, країна не має єдиної електромережі, розділеної на дві зони з несумісними мережами, що унеможлиблює передачу електроенергії між двома регіонами. Північний регіон (від Токіо до Хоккайдо) працює на частоті 50 Гц, тоді як південний регіон (від Сідзуока до Кюсю, включаючи Осаку) працює на частоті 60 Гц. Хоча південний регіон має більше опромінення і електростанції виробляють більше енергії, його попит на енергію не є високим, що спричиняє надлишок, який не може бути переданий у регіони з високим попитом на півночі (Токіо), що призводить до так званого "згортання", яке змушує виробників електроенергії зупинити виробництво. Доброю новиною є те, що нинішній уряд запропонував модернізувати мережу, щоб пом'якшити цю проблему, хоча цей процес займе кілька років.

3. *Зберігання:* Японія інвестувала значні кошти в передові технології зберігання енергії, такі як реверсивні гідроелектричні насоси, теплові накопичувачі та літій-іонні акумулятори. Щодо останніх, то кілька японських компаній вже працюють над будівництвом різних великомасштабних літій-іонних установок для зберігання надлишків відновлюваної електроенергії та можливістю розряджати їх, коли виникає дефіцит постачання. Ці акумулятори використовуються на побутовому, комерційному та промисловому рівнях і можуть швидко розряджатися, що робить їх придатними для короткострокового зберігання. Уряд ще не визначив систему підтримки та субсидій для встановлення систем зберігання (автономних або підключених до електростанції), але очікується, що вона буде створена в короткостроковій перспективі, враховуючи, що обмеження серйозно вплинули на певні регіони країни.

4. *Дослідження водню*: Японський ринок є піонером у дослідженні водню. Після кількох років будівництва в березні 2020 року в Японії був введений в експлуатацію Фукусімський дослідницький водневий енергетичний полігон (FH2R). Мета об'єкту - слугувати дослідницькою лабораторією для водневих проектів та збирати дані для практичного застосування технології перетворення газу в енергію. Цей об'єкт складається з установки з виробництва водню потужністю 10 МВт з максимальною виробничою потужністю близько 2 000 нормальних кубічних метрів водню на годину. Вироблений водень використовувався, наприклад, для транспортних засобів на Олімпійських іграх у Токіо в 2021 році. Нещодавно Японія підписала угоди про співпрацю з такими країнами, як Австралія, щодо імпорту водню за допомогою кораблів таких японських компаній, як Mitsui або Sojitz, тому очікується, що цей вид енергії стане більш актуальним у середньо- та довгостроковій перспективі.

5. *Морський вітер*: Офшорна вітроенергетика є важливим напрямком розвитку в Японії. Країна має довгу берегову лінію та глибокі води, що робить її підходящим місцем для розміщення офшорних вітроелектростанцій. Перша в Японії великомасштабна офшорна вітроелектростанція була введена в експлуатацію наприкінці 2022 року, а в квітні 2023 року був затверджений 4-й Базовий план океанічної політики, який включає нове законодавство, що дозволяє будівництво плавучих об'єктів у виключній економічній зоні, що оточує територіальні води Японії. Японія визначила зони розвитку цього виду енергетики, переважно розташовані на півночі країни (Хоккайдо і Тохоку), і перебуває в процесі оголошення третього раунду аукціонів для офшорних проектів; крім того, було оголошено про будівництво з'єднувального кабелю між Хоккайдо і Хонсю, що дозволить передавати енергію, вироблену офшорними станціями, в регіони з високим попитом (Токійський столичний регіон).

6. Система "зелених" тарифів: "Зелений" тариф був запроваджений у 2012 році як частина енергетичної політики, спрямованої на розвиток відновлюваної енергетики та зменшення ядерної та нафтової залежності. Ця система встановила довгострокові фіксовані закупівельні ціни на відновлювану енергію, які гарантуються

на період 20 років. Метою "зеленого" тарифу було стимулювання інвесторів та виробників відновлюваної енергії інвестувати в ці технології, щоб прискорити перехід до більш сталої енергетичної системи. Система "зелених" тарифів в Японії позитивно вплинула на розвиток відновлюваної енергетики в країні. З моменту її впровадження в Японії спостерігається значне збільшення встановлених потужностей відновлюваної енергетики, особливо сонячної та вітрової енергетики. Однак, була також певна критика щодо високої вартості чистої енергії та необхідності підвищення ефективності використання ресурсів. Режим "зеленого" тарифу закінчився в Японії на початку 2022 року, відтоді РРА (Power Purchase Agreement) поступово стають ефективним варіантом купівлі електроенергії і, як очікується, продовжуватимуть значно зростати, оскільки все більше компаній встановлюють цілі щодо 100% відновлюваної енергетики. Останні контракти РРА досягли ціни до 16 японських ієн за кВт-год, і очікується, що вона продовжить зростати в середньостроковій та довгостроковій перспективі, що робить їх дуже привабливими для девелоперів та інвесторів.

7. *Регулювання:* Регулювання в Японії було повільним у просуванні відновлюваної енергетики, однак, країна має нормативно-правову базу, яка створила міцну структуру в цій галузі. Починаючи з Закону про сприяння розвитку біомаси, Закону про сприяння розвитку сонячної енергетики (1999 р.) і закінчуючи Законом про сприяння розвитку відновлюваної енергетики (2011 р.), уряд працював над тим, щоб виробники відновлюваної енергії отримували справедливую ціну за вироблену ними енергію. Незважаючи на цей сценарій, сьогодні ми можемо стверджувати, що Японія реагує на потреби ринку, будуючи нові лінії електропередач, впроваджуючи передові системи управління мережею та заохочуючи розподілену генерацію відновлюваної енергії. Рис. 1.4 демонструє розвиток відновлюваної енергетики у світі.



Рис. 1.4. Світові тенденції розвитку відновлюваних джерел енергії

Саме 2004 рік став визначальним для суттєвого зростання капіталовкладень у розвиток альтернативної енергії у світі [11-13].

1.5. Висновки до розділу 1

Глобальні процеси в сучасному світі, зростання світового промислового виробництва, призводять до значного збільшення споживання енергоресурсів і, як наслідок, – нанесення суттєвої екологічної шкоди довкіллю. В останні роки ця проблема все більше хвилює світову спільноту, оскільки людині для її життя необхідне максимально чисте навколишнє середовище. Тому, в даний момент є підстави вважати екологічні проблеми одними з найважливіших для забезпечення майбутнього сталого розвитку людства, саме ці проблеми несуть найбільшу загрозу для світової спільноти. Все більше усвідомлення гостроти і реальної загрози цих проблем дали, позитивний поштовх розвитку, зокрема, відновлювальної або альтернативної енергетики.

РОЗДІЛ 2

РОЗВИТОК СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

2.1. Сектор відновлюваної енергетики України до війни

Двадцять четвертого лютого 2022 року розпочався відлік не лише військової перемоги України над російськими окупантами, а й енергетичної незалежності. Ця кровопролитна війна трансформувала цінність відновлюваних джерел енергії з екологічної на безпекову та економічну. До війни відновлювані джерела енергії в основному розглядалися як захист від зміни клімату та викидів вуглецю. Сьогодні вітрова, сонячна, біо-, мала гідро- та воднева енергетика може гарантувати енергетичну безпеку та незалежність, а її вартість набагато нижча, ніж викопних видів палива. У 2021 році український сектор відновлюваної енергетики почав працювати на справедливих умовах, гарантованих державою, та стане одним із стовпів післявоєнної відбудови та енергетичної незалежності України [14].

У 2021 році енергетичний сектор України опинився на роздоріжжі, оскільки держава обирала вектор розвитку енергетики. Сектор відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) також перебував у невизначеності. Адже Уряд України почав виконувати свої зобов'язання, передбачені Меморандумом "Про взаєморозуміння щодо врегулювання проблемних питань у сфері відновлюваної енергетики в Україні", укладеним у червні 2020 року за посередництва Центру вирішення спорів Енергетичного Співтовариства між Урядом та НКРЕКП, з одного боку, та двома провідними профільними асоціаціями – Українською вітроенергетичною асоціацією та Європейсько-українським енергетичним агентством – з іншого, та розпочав погашення заборгованості, що утворилася перед виробниками ВДЕ за попередні роки. Але з іншого боку, були спроби делегітимізувати "зелений" тариф як незаконну державну підтримку або неконституційний. Уряд України продовжував підтримувати застарілу інфраструктуру атомної енергетики та прийняв державну програму розвитку атомної енергетики до 2026 року. Виробникам ВДЕ довелося протистояти ініціативі деяких народних депутатів України, які лобіювали введення акцизного податку на

електроенергію з ВДЕ.

Масштабна війна, розпочата росією в Україні в лютому 2022 року, залишила сектор ВДЕ в стані невизначеності, спричиненої не лише активними бойовими діями, пошкодженням та окупацією енергетичних об'єктів, а й проблемами на ринку, створеними деякими державними органами.

У 2019 році Україна увійшла до ТОП-10 країн світу за рівнем розвитку відновлюваної енергетики, а у 2020 році - до ТОП-5 європейських країн за рівнем розвитку сонячної енергетики. Починаючи з 2019 року, інвестиції в нові проєкти відновлюваної енергетики в Україні стабільно перевищують інвестиції у проєкти викопних видів палива. За останні 10 років міжнародні та українські інвестори у ВДЕ вклали в економіку України понад 12 млрд доларів США, а частка іноземних інвесторів у встановленій потужності ВДЕ станом на кінець 2021 року перевищила 35%. Сьогодні до переліку найбільших міжнародних кредиторів та інвесторів у сектор ВДЕ в Україні входять Європейський банк реконструкції та розвитку, Чорноморський банк торгівлі та розвитку, Американська міжнародна корпорація з фінансування розвитку, Федеральний земельний банк Баварії BayernLB, Інвестиційний фонд для країн, що розвиваються, НЕФКО та багато інших. Інвестиції в українські електростанції відновлюваної енергетики надходили з Китаю, США, Великобританії, Німеччини, Нідерландів, Швеції, Данії, Норвегії, Франції, Люксембургу, Бельгії, Іспанії, Канади, Туреччини тощо. За даними НКРЕКП, станом на 31 грудня 2021 року встановлені потужності сектору відновлюваної енергетики в Україні досягли 9 655,9 МВт.

Проте активний розвиток у 2021 році спостерігався лише в одному сегменті - домашніх сонячних електростанціях, потужність яких у 2021 році зросла на 426,1 МВт - 36,4% від нових потужностей ВДЕ, введених в експлуатацію минулого року. Сумарна встановлена потужність всіх домашніх сонячних систем на кінець року досягла 1 205,1 МВт. Сектор промислової сонячної енергетики продемонстрував спадну динаміку. У 2021 році його потужності зросли лише на 305,5 МВт [21].

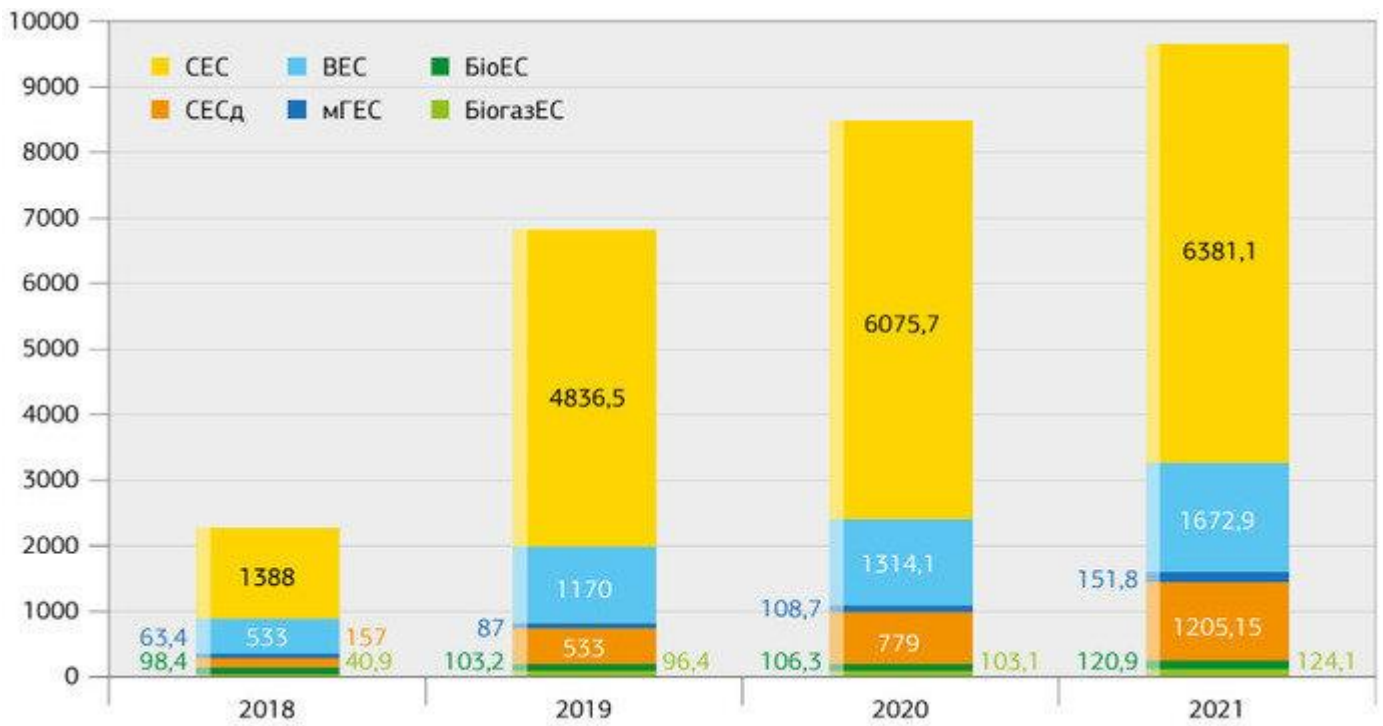


Рис. 2.1. Сектор ВДЕ до війни в Україні

2.2. Сектор відновлюваної енергетики України під час війни

З перших годин після вторгнення російські війська не лише масовано обстрілювали українські міста, а й намагалися знищити критично важливі об'єкти енергетичної інфраструктури. Після об'єктів атомної енергетики та ліній електропередач, електростанції відновлюваної енергетики стали другою мішенню для російських окупантів.

Скорочення відновлюваної генерації. Переважна більшість об'єктів відновлюваної енергетики в країні зосереджена на півдні та південному сході України, де останні 6 місяців тривають активні бойові дії. Станом на серпень 2022 року постраждало 30-40% електростанцій ВДЕ в цих регіонах, або 1 120-1 500 МВт встановлених потужностей.

Поглиблення фінансової кризи на ринку ВДЕ. Війна посилила фінансову кризу в енергетичному секторі. Брак коштів став нагальною проблемою для всіх секторів української енергосистеми. Однак особливо болісно це позначилося на секторі відновлюваної енергетики. Це стало питанням виживання. Хоча виробники ВДЕ,

особливо виробники сонячної та вітрової енергії, не отримали повної оплати за відпущену у 2021 році електроенергію та продовжували нести операційні витрати на утримання своїх електростанцій, вони мали фінансові зобов'язання як перед державою та своїм персоналом, так і перед міжнародними інвесторами, але не виступали проти такої фінансової політики у секторі ВДЕ, оскільки усвідомлювали важливість стабільності та надійності роботи енергосистеми. Однак після оцінки фінансової спроможності ринку електроенергії стало зрозуміло, що такі державні компанії, як ДП "Гарантований покупець" та Національна енергетична компанія "Укренерго" (НЕК "Укренерго"), які відповідно до законодавства України відповідають за розрахунки з виробниками ВДЕ, отримують достатньо коштів для збільшення виплат для "зеленої" генерації. Ця думка набула більшої довіри з початком комерційного експорту електроенергії до країн ЄС, оскільки за перший місяць експорту НЕК "Укренерго" отримала прибуток у розмірі 1 млрд грн. За оцінками асоціацій відновлюваної енергетики, НЕК "Укренерго" та ДП "Гарантований покупець" на той час мали приблизно 3,2 млрд грн та 12,7 млрд грн відповідно. Після офіційних звернень та PR-кампанії, розпочатої сектором ВДЕ, ДП "Гарантований покупець" було зобов'язано використовувати всі кошти виключно для розрахунків з виробниками "зеленої" електроенергії.

Призупинення будівництва вітрових електростанцій. На додаток до вищезазначених фінансових проблем, вітчизняний вітроенергетичний сектор виявився неспроможним завершити будівництво деяких вітроелектростанцій у строки, передбачені чинним законодавством. Намагаючись зберегти довіру інвесторів до ринку ВДЕ України, Українська вітрогенераторна асоціація звернулася з проханням продовжити термін введення в експлуатацію нових вітроенергетичних проєктів з одночасним продовженням дії "зеленого" тарифу на період дії воєнного стану плюс невеликий проміжок часу, необхідний для відновлення ланцюгів поставок. Однак ця ініціатива зустріла сильну опозицію в Комітеті ВРУ з питань енергетики та житлово-комунальних послуг.

Цю проблему можна було б вирішити шляхом прийняття Закону "Про внесення змін до деяких законів України щодо продовження терміну введення в експлуатацію

об'єктів відновлюваної енергетики за договорами купівлі-продажу електричної енергії за "зеленим" тарифом, укладеними до 31 грудня 2019 року". Відповідний законопроект наразі проходить громадське обговорення.

Скасування "зеленого" тарифу? Окрім вищезазначених викликів, з березня 2022 року в органах державної влади обговорюється питання призупинення дії "зеленого" тарифу, що пов'язано з війною та дефіцитом коштів на ринку електроенергії. Рішення про скасування "зеленого" тарифу для виробників ВДЕ та припинення відповідних виплат, навіть тимчасово, позбавляє Україну понад 8 ГВт потужностей ВДЕ через банкрутство. Це погіршить енергетичну безпеку України та підірве довіру іноземних інвесторів. Крім того, без ВДЕ-генерації буде дуже складно пройти осінньо-зимовий період в умовах російської агресії. За експертними оцінками, Об'єднана енергетична система України втратила близько 4% генеруючих потужностей, а ще 35% потужностей знаходиться на окупованих територіях. Не менш важливим є той факт, що реальні ринкові ціни на електроенергію в 4-5 разів перевищують ціни, за якими вона продається в Україні. Більше того, сьогоднішній "зелений" тариф, зафіксований до 2030 року, є надзвичайно конкурентним у порівнянні з європейськими цінами на електроенергію. Враховуючи втрату генерації на окупованих територіях, існує ризик, що Україна може стати імпортером дуже дорогої електроенергії з ЄС. Тому українські сонячні та вітрові електростанції, електроенергія яких дешевша за європейську, можуть гарантувати енергетичну безпеку України, і водночас генерувати прибуток від збільшення експорту до Європи. Однак наразі ініціативи щодо можливого скасування "зеленого" тарифу не корелюються з планами "зеленої" трансформації, планом ЄС REPowerEU та Планом відновлення України.

Рішення органів державної влади щодо подальшого розвитку ВДЕ, прийняті під час війни. Основною перешкодою для масштабного розвитку відновлюваних джерел енергії є нестабільність та непослідовність державної енергетичної політики. У березні 2022 року енергосистеми України та Молдови були повністю синхронізовані з енергосистемою континентальної Європи ENTSO-E. Після того, як наприкінці липня 2022 року пропускна спроможність України в Румунію та

Словаччину була збільшена зі 100 МВт до 250 МВт, українська електроенергія, особливо вироблена з ВДЕ, набула більшої популярності серед європейських споживачів. За даними "Укренерго", Україна має достатні інфраструктурні можливості для збільшення потужності з'єднання з сусідніми країнами з 4 до 6 ГВт. Враховуючи короткі терміни будівництва та екологічну привабливість виробленої електроенергії, затребуваної європейськими споживачами, роль відновлюваної енергетики важко переоцінити. У травні 2022 року Єврокомісія схвалила план REPowerEU, який передбачає збільшення частки ВДЕ в електроенергетичному балансі ЄС у 2030 році з 40% до 45%. Ще одним позитивним рішенням воєнного часу для сектору є Закон України "Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку систем накопичення енергії", який дає "зелене світло" масштабному будівництву систем накопичення енергії в Україні.

Міністерство енергетики також відновило "зелені" аукціони. 2 серпня 2022 року воно повідомило, що Кабінет Міністрів прийняв постанову "Про внесення змін до постанов Кабінету Міністрів України від 23 травня 2018 р. № 420 і від 27 грудня 2019 р. № 1175", якою встановлено графік проведення аукціонів у 2023 році та затверджено індикативні показники квот на наступні 4 роки. Позитивний сигнал для ринку розподіленої генерації з ВДЕ дало Міністерство енергетики, розробивши законопроект "Про внесення змін до деяких законів України щодо удосконалення умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії генеруючими установками споживачів", яким запропоновано нову модель підтримки (net billing).

Всі ці позитивні рішення свідчать про те, що державна влада розуміє важливість відновлюваних джерел енергії для післявоєнної відбудови.

2.3. Сектор відновлюваної енергетики України після війни

Для вирішення можливих майбутніх проблем, пов'язаних з розвитком сучасної безвуглецевої енергетики в Україні, включаючи ВДЕ, необхідно:

- ✓ прийняти один основоположний стратегічний документ, який визначає напрямки розвитку енергетики, в тому числі ВДЕ;

- ✓ прийняти 5-10-річний план імплементації, обов'язковий як для держави (Президент, Верховна Рада, Кабінет Міністрів, Міністерство енергетики, "Укренерго", НКРЕ тощо), так і для суб'єктів ринку;
- ✓ зобов'язати всі державні органи та державні підприємства, що мають відношення до енергетики, включити заходи з цього плану до своїх програм та передбачити політичну/адміністративну відповідальність за їх невиконання.

У довгостроковій перспективі (після війни) масштабний розвиток "зеленої" генерації та створення нової моделі енергетичного сектору України стане можливим за умови:

1. Прийняття чітких Національних стратегій розвитку ВДЕ, виробництва відновлюваного водню та розвитку офшорної вітроенергетики. Перегляд Енергетичної стратегії до 2035 року з урахуванням заміщення виведених з експлуатації генеруючих потужностей новими з відповідними потужностями акумулювання енергії. Прийняття Енергетичної стратегії України до 2050 року.

2. Встановлення амбітних цілей розвитку ВДЕ, які відповідатимуть сучасній енергетичній політиці ЄС, а саме досягнення не менше 50% частки ВДЕ в балансі електроенергії України до 2030 року (з урахуванням великих гідроелектростанцій) та безвуглецевої економіки до 2050 року.

3. Проведення міжнародних PR-кампаній для заохочення стратегічних міжнародних фінансових інвесторів до входження на ринок ВДЕ України.

4. Впровадження нових ринкових механізмів для стимулювання розвитку ВДЕ, включаючи "зелені" аукціони, корпоративні РРА, контракти на різницю тощо.

5. Збільшення використання біомаси для виробництва електроенергії та тепла.

6. Розвиток ринку відновлюваного водню, а саме:

- забезпечити гарантії походження водню, переглянути та підвищити податок на викиди вуглецю;
- перевірити та технічно обґрунтувати можливість використання української ГТС, локалізувати проекти з виробництва водню, підключити їх до ГТС;
- забезпечити реалізацію національних водневих проєктів;

- створити надійну інфраструктуру для виробництва, споживання та експорту відновлюваного водню;
 - заохочення наукових організацій до проведення досліджень у сфері водневих технологій.
7. Вивчення потенціалу та розробка відповідної законодавчої бази для будівництва гібридних електростанцій з використанням ВДЕ.
 8. Сприяння розвитку місцевих енергетичних ініціатив, таких як енергетичні кооперативи, малі та середні підприємства в енергетичному секторі, виробництво та постачання електроенергії з урахуванням регіональних особливостей, розвиток розподіленої генерації.
 9. Стимулювання вітчизняного виробництва обладнання для об'єктів ВДЕ, в тому числі вітрових турбін.
 10. Застосування кращих практик захисту навколишнього середовища.
 11. Розробка законодавства щодо запровадження схеми торгівлі квотами на викиди парникових газів та інших ринкових і неринкових інструментів скорочення викидів парникових газів.
 12. Впровадження автоматизованих систем обліку електроенергії.
 13. Надійне функціонування енергетичної інфраструктури, її модернізація для унеможливлення збоїв та аварій.

2.4. Висновки до розділу 2

Сонячна енергетика є відносно новою галуззю в Україні. Водночас темпи її розвитку надзвичайно високі порівняно з іншими секторами вітчизняної економіки. Так, на кінець 2021 року на сонячну енергетику в Україні припадало понад 5% загального виробництва електроенергії.

Вся територія нашої країни підходить для розташування сонячних електростанцій. Найбільш сприятливими регіонами для цього є південні області України (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька та частина Донецької області, АР Крим), де наразі зосереджено понад 60% промислових СЕС. Станом на

кінець 2021 року загальна потужність сонячних електростанцій склала 6320 МВт (без урахування тих, що розташовані на тимчасово окупованих територіях).

Останніми роками наша країна мала одні з найвищих темпів розвитку сонячної енергетики в Європі. Однак вторгнення агресора завдало значної шкоди галузі. Дві третини сонячних електростанцій України розташовані на півдні, де зараз відбуваються активні бойові дії. За різними оцінками, понад 30% сонячних електростанцій на окупованих територіях, а це приблизно 1120-1500 МВт встановленої потужності, були пошкоджені. Крім того, зруйновано понад 25% непромислових (приватних) сонячних електростанцій.

Перспективи відновлюваної енергетики України за євроінтеграційних умов у післявоєнний період залежатимуть від планування її відновлення та подальшого сталого розвитку.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІОСИСТЕМ ДЛЯ ПРИВАТНИХ ОСЕЛЬ

На сьогоднішній день на ринку представлена величезна кількість сонячних колекторів від безлічі виробників, різні за типом конструкції, ефективністю та вартістю.

3.1. Типи сонячних колекторів

Геліосистема – це система використання сонячної енергії для нагріву води, яка складається з наступних основних компонентів: колектор (встановлюється на покрівлі); бак накопичувач (акумулятор тепла об'ємом 150-600 л); рама для кріплення колектора.

Види геліосистем. Існує кілька різновидів комплексів з альтернативними джерелами енергії, які використовуються для організації гарячого водопостачання. Визначитися з ефективністю геліосистеми допоможе приналежність до однієї з категорій:

1. **Одноконтурні установки** – нагрівання і круговорот води проводиться в колекторі. Він з'єднаний з баком, звідки вода подається безпосередньо в систему. Потрібна вода високої якості. Неможливо використання взимку.

2. **Двоконтурні установки** – в одному контурі знаходиться теплоносій, а в іншому вода. Немає жорстких вимог до якості води, відсутня проблема відкладення солей, корозії й замерзання води.

3. **Природна циркуляція** – використовується принцип конвекції, при якому гаряча вода піднімається, а холодна опускається. Робота системи не залежить від наявності електроенергії.

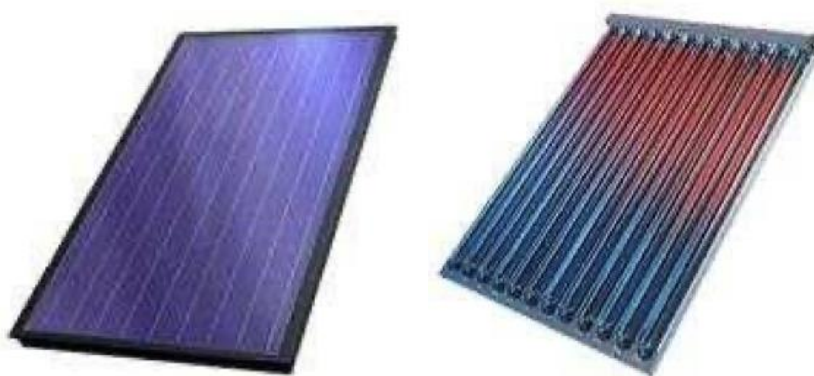
4. **Примусова циркуляція** – використовується насос або насосна станція. ККД збільшується, але підвищуються витрати на електрику.

Існує безліч різних сонячних колекторів, призначених для нагрівання води. Все різноманіття сонячних колекторів можна розділити на наступні типи: плоскі сонячні колектори і вакуумні трубчасті колектори.

Плоский сонячний колектор. Простим і найбільш дешевим способом використання сонячної енергії є нагрів побутової води в так званих плоских сонячних колекторах. Плоский сонячний колектор (рис. 3.1 а) є теплоізолюваним з тильного боку і боків ящиком, всередині якого поміщена теплопоглинальна металева або пластикова панель, забарвлена в темний колір (або покрита спеціальним оптичним селективним покриттям, що добре поглинає сонячне випромінювання і мало випромінює в інфрачервоному спектрі).

Абсорбер закритий згори світлопрозорим обгороджуванням (один або два шари скла або прозорого, стійкого від впливу ультрафіолету пластика). Панель є теплообмінником, по каналах якого прокачується вода, що нагрівається. Вода прямує в тепло ізолюваний бак, гідравлічно-сполучений з сонячним колектором.

Вакуумний трубчастий колектор. Як і пласкі сонячні колектори, вакуумні трубчасті колектори перетворюють сонячну енергію, що падає, на тепло. Сонячне випромінювання потрапляє всередину вакуумної скляної трубки, тут і відбувається перетворення енергії сонячного випромінювання в теплову енергію (рис. 3.1 б). Фактично, втрат тепла в довкілля не відбувається, так як вакуум – найгірший провідник тепла. Вакуум підтримується між зовнішнім покриттям із скла і теплопоглинальним шаром.



а) плоский

б) вакуумний трубчастий

Рис. 3.1. Сонячні колектори

Переваги геліосистем: сонячна енергія безкоштовна; тривалий термін експлуатації – 25 років; автономність (для літніх сонячних систем без використання електроенергії); низька собівартість отриманої теплової енергії; використовується екологічно чиста

невичерпна енергія сонця.

Основна відмінність між цими двома типами колекторів полягає в їхній конструкції та ефективності. Вакуумні трубчасті колектори є більш ефективними, оскільки вони мають кращу ізоляцію та можуть збирати сонячну енергію навіть за низьких температур. Плоскі сонячні колектори, з іншого боку, менш ефективні, але їх можна встановлювати на більш широких поверхнях.

Таблиця 3.1

Порівняльний аналіз плоский і трубчастих сонячних колекторів

ПЕРЕВАГИ	НЕДОЛІКИ
<i>Плоский сонячний колектор</i>	
Висока продуктивність в літній період	Низька продуктивність в зимовий період
Проста і надійна конструкція	Високі тепловтрати
Здатність очищатися від снігу та інею	При пошкодженні колектора, необхідно проводити повну заміну пристрою, а не окремого елемента
Відносно невисока вартість	Максимальна ефективність плоского колектора досягається тільки при попаданні сонячних променів під прямим кутом, тобто опівдні
<i>Трубчастий сонячний колектор</i>	
Відносно висока робоча температура.	Можливість частого переходу в режим стагнації
Високий ККД	Низька продуктивність в зимовий період
Здатність вловлювати як пряму, так і розсіяну радіацію	Висока вартість
Відсутність умов для корозії	Нездатність самоочищення від снігу та інею.
Низькі тепловтрати	

3.2. Коефіцієнт корисної дії сонячних колекторів

ККД або, іншими словами, ефективність сонячного колектора обумовлена кількістю і потужністю перетвореного сонячного випромінювання в теплову енергію. Корисна потужність колектора розраховується шляхом різниці падаючої потужності на поверхню геліосистеми і теплових втрат.

На рисунку 3.2 показана залежність коефіцієнта корисної дії від різниці температури між навколишнім повітрям і теплоносієм в сонячному колекторі за умови сонячного випромінювання рівного 1000 Вт/м^2 . Для аналізу скористаємося середніми параметрами для кожного обраного типу сонячного колектора вказаними на зображенні.

Перша зона з мінімальною різницею температури характерна для режиму роботи сонячного колектора для нагріву води в басейні. Режим роботи геліосистеми у другій зоні є середнім для гарячого водопостачання в цілорічному режимі. Третя зона відповідає режиму роботи сонячних колекторів для потреб опалення, оскільки температура навколишнього повітря в опалювальний період найнижча. Четверта зона використовується для отримання високих температур використовуються в технологічних потребах. У побутовому секторі такий температурний режим роботи зустрічається вкрай рідко.

З графіка ми бачимо, що чим менше Δt , фактично це означає - чим нижче температура подачі теплоносія, тим вище ККД сонячного колектора. Саме тому для геліосистеми оптимальним є застосування низькотемпературних систем опалення таких як «теплі підлоги». Плаский колектор і вакуумні трубчасті колектори з пласким пір'яним абсорбером мають більш високу продуктивність при роботі на нагрів басейну та ГВП за рахунок оптичних властивостей, що сприяють кращому поглинанню сонячного світла. У свою чергу вакуумний сонячний колектор з коаксіальної колбою краще працює в опалювальний період завдяки кращій теплоізоляції.

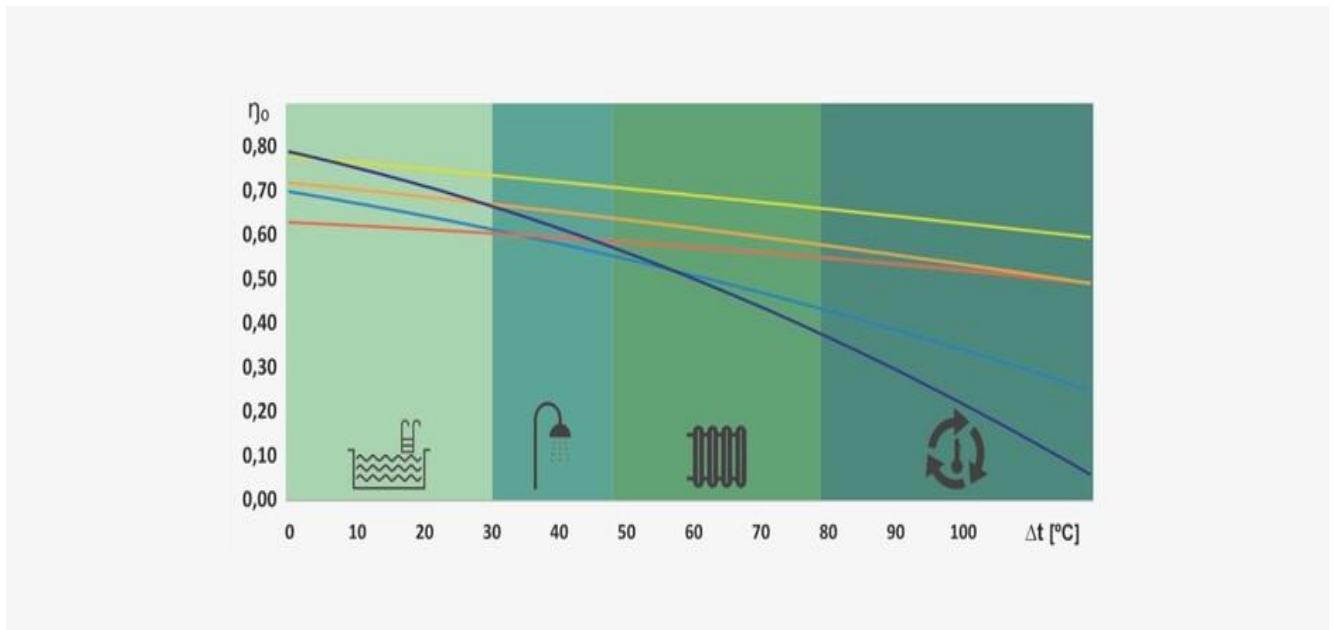


Рис. 3.2. Залежність коефіцієнта корисної дії від різниці температури між навколишнім повітрям і теплоносієм в сонячному колекторі [22]

Нижче (рис. 3.3) розглянемо фактори, які впливають на ефективність сонячних колекторів.



Рис. 3.3. Основні фактори впливу на ефективність сонячного колектора

На ефективність також впливають: *прозорість верхньої скляної кришки та утеплювач корпусу.*

Прозорість верхньої скляної кришки. Кришка з ультрапрозрачного загартованого скла служить світлопропускним покриттям. Вона збільшує оптичний ККД сонячного колектора за рахунок більшого пропускання енергії всередину геліосистеми. Чим більше прозорість, тим вище ККД. Тому виробники плоских сонячних колекторів намагаються використовувати ультрапрозоре загартоване скло.

Утеплювач корпусу. Якість цього критерію майже не впливає на максимальну потужність роботи сонячного водонагрівача, але при цьому працює над збільшенням температури стагнації. Стагнація – це процес застою сонячної системи через неможливість відбору тепла в геліосистемі. Іноді це може викликати несприятливі умови для обладнання. Тому необхідно дотримуватися ряду рекомендацій для запобігання негативного впливу процесу застою. Однією з яких є висока якість утеплення корпусу, щоб та сама температура стагнації стала вище. Даний процес виникає в момент відключення циркуляції всередині геліосистеми при наявності сонячного випромінювання. Найчастіше процес стагнації відбувається влітку. Температура теплоносія набирає своє максимальне значення, яке перевищує температуру кипіння. Наслідком є кипіння рідини всередині колектора. Абсорбер є ключовим елементом в ефективному функціонуванні сонячного колектора. Процес перетворення сонячної енергії в теплову і потім передача тепла теплоносію відбувається саме в абсорбері.

Принципову схему геліосистеми представлено на рис. 3.4.

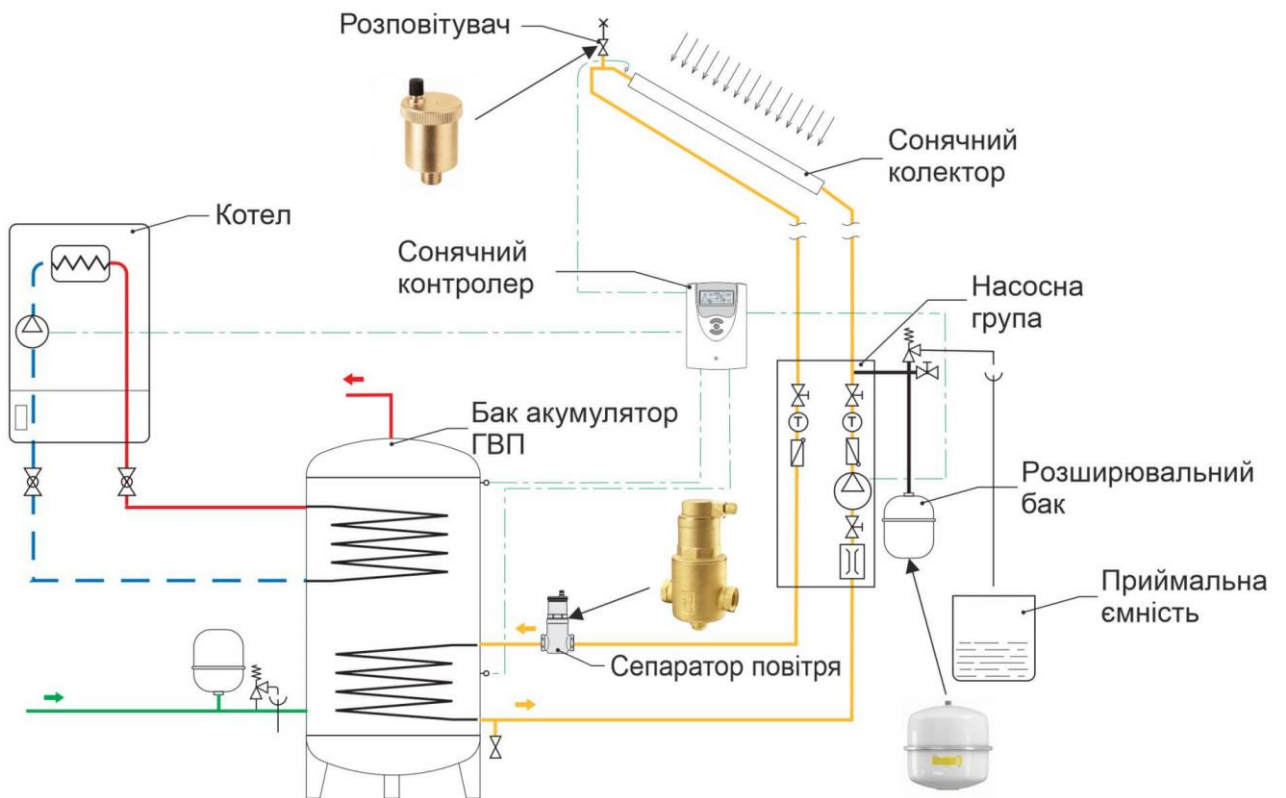


Рис. 3.4. Принципова схема геліосистеми

Геліосистема містить наступні компоненти:

- сонячні колектори;
- насосний модуль із групою безпеки;
- контролер;
- бак-акумулятор (водяний);
- дублююче джерело енергії (котел).

На рис. 3.5 зображена насосна група геліосистеми [23].

Насосна група складається із елементів монтажного обладнання, розміщених у теплоізолюваному корпусі, готових до підключення.

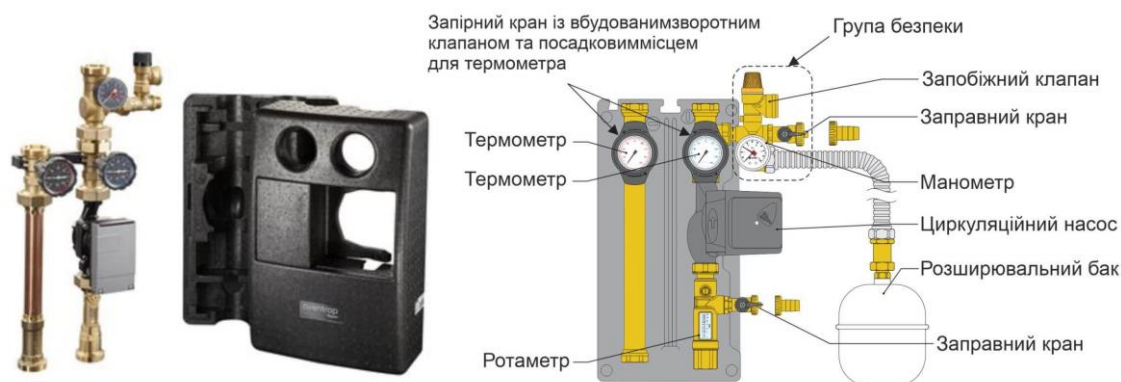


Рис. 3.5. Схематичне зображення насосної групи

Таблиця 3.2

Функціональні особливості компонентів геліосистем

Компонент геліосистеми	Функція
Сонячний колектор	Перетворює енергію випромінювання Сонця на тепло. Колектори нагрівають воду або теплоносії, що складається з суміші гліколю та води. Теплоносії, циркулюючи трубами (геліоконтуром) передає тепло баку-акумулятору.
Труби геліоконтур	Мають високий рівень термостійкості, тому що в процесі експлуатації робочі температури можуть досягати 100-120 °С. Крім того, можливі режими стагнації, коли температура теплоносія геліосистеми досягає 180-220 °С.
Циркуляційний насос	Перекачує теплоносії по гідравлічному контуру.
Циферблатний термометр	Для візуального контролю температури теплоносія, що надходить у теплообмінник та температури теплоносія зворотної лінії, що подається в сонячні колектори.
Повітровідвідник	Видаляє повітря з установки. Повітря в системі знижує теплопровідність теплоносія, прискорює корозію виводячи з ладу систему через утворення повітряної пробки.
Ротаметр	Для налаштування та контролю витрати теплоносія геліосистеми. Ротаметри завжди оснащені колбою зі шкалою візуального контролю витрати.

	продовження табл. 3.2
Бак-акумулятор	Циліндрична ємність з водою, що забезпечує запас теплової енергії.
Контролер геліосистеми	Оптимізує використання сонячного тепла. За допомогою датчиків він зчитує температуру теплоносія в колекторах та температуру води в баку-акумуляторі гарячої води або опалення. Регулює витрату теплоносія враховуючи зібрані дані.

Особливу функцію виконує контролер, оптимізуючи використання сонячного тепла. Наприклад, якщо температура води бака становить 20 °С, а температура колекторів 28 °С або більше (різниця температури > 8 °С), контролер активує насос. Якщо різниця температур низька, приблизно 4 °С або нижче – контролер вимкне циркуляційний насос (наприклад, температура в колекторі 55 °С, температура бака ГВП: 51 °С – різниця температур: 4 °С) (рис. 3.6).

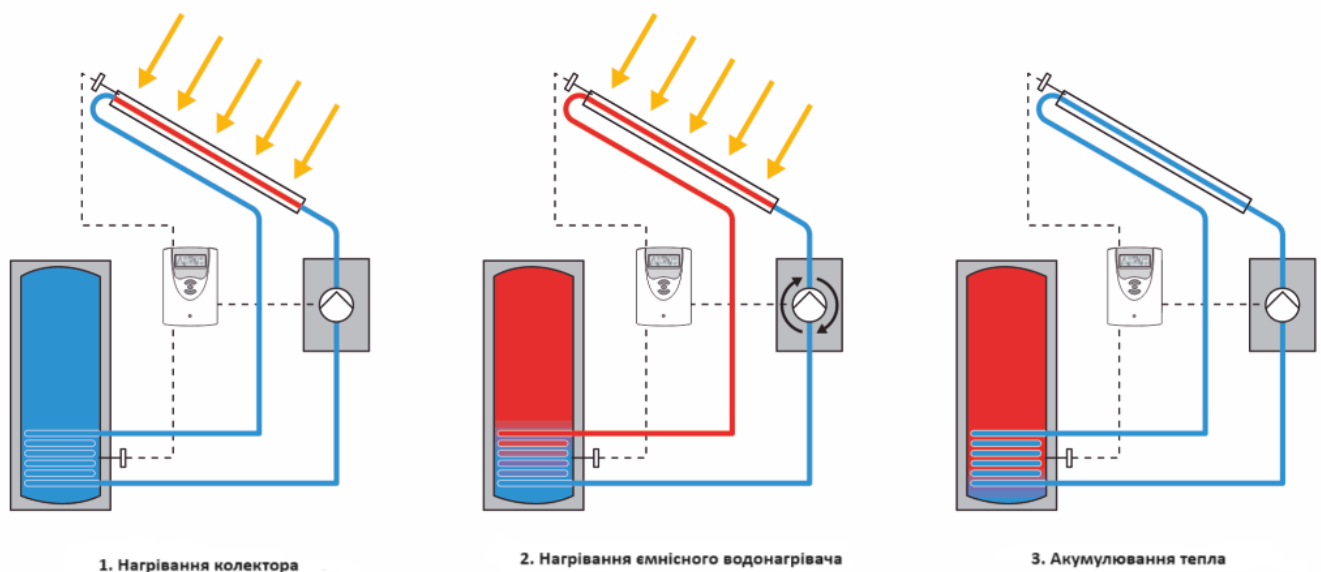


Рис. 3.6. Алгоритм роботи контролера геліосистеми

Контролер також має інші функції, наприклад захищає установку від перегріву, відводить надлишкове тепло з бака або оптимізує роботу насоса. До того ж сучасні контролери мають функцію онлайн моніторингу та підрахунку заощадженого тепла.

3.3. Розрахунок кількості трубок для вакуумного сонячного колектора Ataba

Ми поставили перед собою завдання розрахувати сонячний колектор для забезпечення сім'ї гарячою водою.

Необхідно забезпечити гарячою водою сім'ю з n чоловік, що проживають в певному місті, при середньодобовій потребі кожного з них V_x , м³/люд. Середня температура води, що входить, складає t_n , °C, необхідна кінцева температура – t_k , °C; здатність поглинання енергії сонця сонячним колектором Ataba складає Y %, площа поглинання – S_{mp} , м².

Розрахунок проводиться за наступним алгоритмом:

1. Визначення об'єму ємності нагрівача:

$$V_H = 1,5(nV_x) \quad (3.1)$$

де V_H – об'єм колектора ємності, м³; n – кількість осіб в сім'ї; V_x – середньодобова потреба у воді кожного члена сім'ї, м³/люд - визначення температурного перепаду:

$$T_T = t_k - t_n \quad (3.2)$$

де t_k – кінцева температура води, °C; t_n – початкова температура води, °C.

Розраховуємо кількість енергії, необхідної для нагрівання потрібної кількості води з урахуванням того, що для нагріву одного літра води на один градус потрібно витратити енергію рівну 1 ккал.

$$G = V_H T_T \quad (3.3)$$

Для переведення цієї енергії в кВт·год скористаємося наступною формулою:

$$GB = G / 859,8 \quad (3.4)$$

(1 кВт·год = 859,8 ккал). Визначимося з кількістю енергії, яка може поглинатися і перетворюватися в тепло сонячними колекторами Ataba.

Визначаємо середньомісячне значення сонячної радіації (G_x) для міста Рівне:

Таблиця 3.3

Середній місячний рівень сонячної радіації(сонячна постійна) в містах України (кВтгод/м²/день)

Середній показник за останні 22 року (За даними NASA)

Регіони / Місяці	січ	лют	берез	квіт	трав	черв	лип	серп	верес	жовт	лист	груд	Середнє
Сімферополь	1,27	2,06	3,05	4,30	5,44	5,84	6,20	5,34	4,07	2,67	1,55	1,07	3,58
Вінниця	1,07	1,89	2,94	3,92	5,19	5,3	5,16	4,68	3,21	1,97	1,10	0,9	3,11
Луцьк	1,02	1,77	2,83	3,91	5,05	5,08	4,94	4,55	3,01	1,83	1,05	0,79	2,99
Дніпропетровськ	1,21	1,99	2,98	4,05	5,55	5,57	5,70	5,08	3,66	2,27	1,20	0,96	3,36
Донецьк	1,21	1,99	2,94	4,04	5,48	5,55	5,66	5,09	3,67	2,24	1,23	0,96	3,34
Житомир	1,01	1,82	2,87	3,88	5,16	5,19	5,04	4,66	3,06	1,87	1,04	0,83	3,04
Ужгород	1,13	1,91	3,01	4,03	5,01	5,31	5,25	4,82	3,33	2,02	1,19	0,88	3,16
Запоріжжя	1,21	2,00	2,91	4,20	5,62	5,72	5,88	5,18	3,87	2,44	1,25	0,95	3,44
Івано-Франківськ	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,40	3,06	2,00	1,20	0,94	2,94
Київ	1,07	1,87	2,95	3,96	5,25	5,22	5,25	4,67	3,12	1,94	1,02	0,86	3,10
Кіровоград	1,20	1,95	2,96	4,07	5,47	5,49	5,57	4,92	3,57	2,24	1,14	0,96	3,30
Луганськ	1,23	2,06	3,05	4,05	5,46	5,57	5,65	4,99	3,62	2,23	1,26	0,93	3,34
Львів	1,08	1,83	2,82	3,78	4,67	4,83	4,83	4,45	3,00	1,85	1,06	0,83	2,92
Миколаїв	1,25	2,10	3,07	4,38	5,65	5,85	6,03	5,34	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Одеса	1,25	2,11	3,08	4,38	5,65	5,85	6,04	5,33	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Полтава	1,18	1,96	3,05	4,00	5,40	5,44	5,51	4,87	3,42	2,11	1,15	0,91	3,25
Рівно	1,01	1,81	2,83	3,87	5,08	5,17	4,98	4,58	3,02	1,87	1,04	0,81	3,01
Суми	1,13	1,93	3,05	3,98	5,27	5,32	5,38	4,67	3,19	1,98	1,10	0,86	3,16
Тернопіль	1,09	1,86	2,85	3,85	4,84	5,00	4,93	4,51	3,08	1,91	1,09	0,85	2,99
Харків	1,19	2,02	3,05	3,92	5,38	5,46	5,56	4,88	3,49	2,10	1,19	0,9	3,26
Херсон	1,30	2,13	3,08	4,36	5,68	5,76	6,00	5,29	4,00	2,57	1,36	1,04	3,55
Хмельницький	1,09	1,86	2,87	3,85	5,08	5,21	5,04	4,58	3,14	1,98	1,10	0,87	3,06
Черкаси	1,15	1,91	2,94	3,99	5,44	5,46	5,54	4,87	3,40	2,13	1,09	0,91	3,24
Чернігів	0,99	1,80	2,92	3,96	5,17	5,19	5,12	4,54	3,00	1,86	0,98	0,75	3,03
Чернівці	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,40	3,06	2,00	1,20	0,94	2,94

Розраховуємо кількість енергії, здатну акумулюватися однією трубкою сонячного колектора за формулою:

$$G_{mp} = G_x Y S_{mp}, \quad (3.6)$$

де Y – кількість сонячної енергії, здатна поглинатися цією маркою колектора, %.

S_{mp} – площа поглинання вакуумної трубки цього колектора, м².

2. Визначаємо необхідну кількість трубок.

$$\tilde{N} = GB / G_{mp} \quad (3.7)$$

Приймаємо наступні умови: сім'я складається з $n=5$ осіб, що проживають в Рівному, при середньодобовій потребі кожного з них $V_x=60$ л. Середня температура

води, що входить, складає $t_n=10$ °C, необхідна кінцева температура – $t_k=60$ °C; здатність поглинання енергії сонця сонячним колектором Атаба складає $Y=80\%$, площа поглинання – $S_{mp}=0,08$ м².

1. Визначаємо об'єм ємності нагрівача:

$$V_H = 1,5(nV_x) = 1,5(5 \cdot 60) = 450 \text{ м}^3 \quad (3.8)$$

2. Визначаємо температурний перепад:

$$T_T = t_k - t_n = 60 - 10 = 50 \text{ °C} \quad (3.9)$$

3. Розраховуємо кількість енергії, необхідної для нагрівання потрібної кількості води з урахуванням того, що для нагріву одного літра води на один градус потрібно витратити енергію рівну 1 ккал.

$$G = V_H T_T = 450 \cdot 50 = 22500 \text{ ккал} \quad (3.10)$$

4. Для переведення цієї енергії в кВт-год скористаємося наступною формулою:

$$GB = G / 859,8 = 22500 / 859,8 \approx 28,2 \text{ кВт-год} \quad (3.11)$$

5. Визначимося з кількістю енергії, яка може поглинатися і перетворюватися в тепло сонячними колекторами Атаба.

6. Середньомісячне значення сонячної радіації для Рівного згідно з таблицею складає:

$$G_x = 3,01 = \frac{\text{кВтгод}}{\text{м}^2} / \text{день} \quad (3.12)$$

7. Розраховуємо кількість енергії, здатну акумулюватися однією трубкою сонячного колектора за формулою:

$$G_{\text{тр}} = G_x Y S_{\text{тр}} = 3,01 \cdot 0,8 \cdot 0,08 = 0,193 \left(\frac{\text{кВтгод}}{\text{день}} \right) \quad (3.13)$$

8. Визначаємо необхідну кількість трубок.

$$N = \frac{G_b}{G_{\text{тр}}} = \frac{28,2}{0,193} \approx 146 \text{ (од)} \quad (3.14)$$

Отже, для забезпеченні гарячим водопостачанням сім'ї з 5 осіб необхідно 146 трубок сонячного колектора.

3.4. Оцінка річного економічного ефекту сонячного колектора

Оскільки геліосистема працює за рахунок альтернативного джерела енергії, ми розрахували річний економічний ефект використання. Визначатимемо кількість тепла (кВт·год), яке виробляє геліосистема для підігрівання води від температури +10°C до температури +60°C за місяцями. Необхідна кількість води для потреби гарячого водопостачання на добу – 300 літрів. Ціна на 1 кВт електроенергії за обсяг, з податком на додану вартість становить 2,64 грн. Кількість тепла на потреби гарячого водопостачання:

$$Q = m \cdot t \cdot c, \quad (3.15)$$

де m – загальна кількість води для підігріву в місяць; t – різниця температури води; c – теплоємність води 1,163 Вт·год/м, °С.

Таблиця 3.4

Продуктивність теплової енергії

Місяці	Вакуумний колектор		
	л/міс	кВт·год/міс	Ціна, грн./міс
Січень	9300	541	1428
Лютий	8400	488	1288
Березень	9300	541	1428
Квітень	9000	523	1381
Травень	9300	541	1428
Червень	9000	523	1381
Липень	9300	541	1428
Серпень	9300	541	1428
Вересень	9000	523	1381
Жовтень	9300	541	1428
Листопад	9000	523	1381
Грудень	9300	541	1428
Всього	109500	6367	16808

Отже, кількість виробленої теплової енергії за рік вакуумним колектором, переведеною згідно тарифу за кВт·год/рік буде 16808 гривень.

3.5. Оцінка терміну окупності витрат при впровадженні геліосистеми

Для оцінки терміну окупності сонячних вакуумних колекторів, ми будемо розраховувати ті витрати електроенергії, на які ми б змогли забезпечити необхідною кількістю гарячої води на рік виробленою геліосистемою. В даному випадку звичайний вакуумний колектор вироблятиме 6367 кВт·год/рік

Ціна на 1 кВт електроенергії за обсяг, з податком на додану вартість становить 2,64 грн. Тобто річна економія звичайного колектора становитиме 16808 грн. Вартість сонячного колектора становитиме. Розраховуємо термін окупності звичайного сонячного колектора (T):

$$T = \frac{14000}{16808} = 0,83 \text{ (роки),}$$

1 рік – 12 місяців

0,83 року – x; $x = 0,83 \cdot 12 = 9,96 \sim 10$ (місяців).

3.6. Висновки до розділу 3

Використавши дані NASA щодо коефіцієнтів інсоляції на території України, ми розрахували сонячний колектор для забезпечення гарячим водопостачанням приватного домогосподарства у м. Рівне. Слід зазначити, що використання вакуумного трубчастого колектору для приватних осель є ефективним. Виконано оцінки річного економічного ефекту сонячного колектора терміну окупності витрат при впровадженні геліосистеми.

ВИСНОВКИ

Альтернативи розвитку відновлюваної енергетики на сьогодні не існує. Окрім того, розвиток альтернативної енергетики зменшує викиди парникових газів в атмосферу, забезпечує стабільність в енергетичному комплексі за рахунок зменшення споживання традиційних корисних копалин. Це ще є й додатковим енергетичним ресурсом держави, належний розвиток якого безперечно призведе до позитивних результатів. У результаті написання кваліфікаційної роботи вирішені такі поставлені завдання:

1. Проаналізовано розвиток сонячної енергетики України до початку війни та встановлено, що останніми роками наша країна мала одні з найвищих темпів розвитку сонячної енергетики в Європі. Однак вторгнення агресора завдало значної шкоди галузі. Дві третини сонячних електростанцій України розташовані на півдні, де зараз відбуваються активні бойові дії. За різними оцінками, понад 30% сонячних електростанцій на окупованих територіях, а це приблизно 1120-1500 МВт встановленої потужності, були пошкоджені. Крім того, зруйновано понад 25% непромислових (приватних) сонячних електростанцій. Оцінено розвиток сонячної енергетики у післявоєнний період.

2. Запропоновано використання вакуумних трубчастих колекторів як більш ефективних, оскільки вони мають кращу ізоляцію та можуть збирати сонячну енергію навіть за низьких температур.

3. Встановлено основні переваги геліосистем: сонячна енергія безкоштовна; тривалий термін експлуатації – 25 років; автономність (для літніх сонячних систем без використання електроенергії); низька собівартість отриманої теплової енергії; використовується екологічно чиста невичерпна енергія сонця.

4. Виконано оцінки річного економічного ефекту сонячного колектора, терміну окупності витрат при впровадженні геліосистеми. Отже, кількість виробленої теплової енергії за рік вакуумним колектором, переведеною згідно тарифу за кВт·год/рік буде 16808 гривень, а термін окупності сонячного колектора становитиме приблизно 10 місяців.

СПИСОК БІБІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://www.investopedia.com/terms/n/nonrenewableresource.asp#citation-9>
2. Xiaosong Zheng, Dalia Streimikiene, Tomas Balezentis, Abbas Mardani, Fausto Cavallaro, Huchang Liao (2019). A review of greenhouse gas emission profiles, dynamics, and climate change mitigation efforts across the key climate change players. *Journal of Cleaner Production*. Volume 234. 2019. Pages 1113-1133.
3. <https://www.scientificamerican.com/article/china-invests-546-billion-in-clean-energy-far-surpassing-the-u-s/>.
4. Konrad Bauer, “German Renewable Energy Policy,” German Energy Agency, October 24, 2007, www.gaccsanfrancisco.com/fileadmin/ahk_sanfrancisco/Dokumente/2007-10_Solar_Delegation/_1__California_Solar_Business_Delegation_Vortrag_Konrad_Bauer_241007.pdf (accessed January 27, 2011).
5. Manuel Frondel, Nolan Ritter, Christoph M. Schmidt, and Colin Vance, *Economic Impacts from the Promotion of Renewable Energies, the German Experience* (Germany: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaft Sforschung, 2009).
6. US Energy Information Administration, “Wind,” http://tonto.eia.doe.gov/kids/energy.cfm?page=wind_home-basics-k.cfm.
7. Комплексне використання відновлюваних джерел енергії: Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М.П. Кузнецов, О.А. Мельник – Електронні текстові дані (1 файл: 7,93 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 304 с.
8. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії / Кудря С. О. – Підручник. – Київ: Національний технічний університет України («КПІ»), 2012. – 495с.
9. Відновлювані джерела енергії / За ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут

відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с. 3. Півняк Г.Г. Рациональне використання енергії: Навч. пос. Дніпропетровськ, 2002. – 193 с.

10. Соловей О.І. та ін. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії: Навчальний посібник. Черкаси, ЧДТУ, 2007. – 483 с.

11. Величко С.А. Енергетика навколишнього середовища України (з електронними картами). Навчально-методичний посібник для магістрантів. – Харків: Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна. - 2003. - 52с.– 2006. – 280 с.

12. Альтернативні джерела енергії України: навч. посіб. / І.О.Ковальов, О.В. Ратушний. - Суми: Вид-во СумДУ, 2015. – 201 с.

13. Лежнюк П.Д. Відновлювані джерела енергії в розподільних електричних мережах: монографія / П.Д. Лежнюк, О.А. Ковальчук, О.В. Нікіторович, В.В. Кулик - Вінниця: ВНТУ, 2014. – 204 с.

14. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 82 с.

15. Дистанційний курс «Комплексне використання відновлюваних джерел енергії», 2022. <https://classroom.google.com/c/MjUxOTY2OTAxNjI2?cjc=ul2xsb6>.

16. Akinyele D., Belikov J., Levron Y. Battery Storage Technologies for Electrical Applications: Impact in Stand-Alone Photovoltaic Systems // Energies, 2017, v.10, 39 p.

17. Bocklisch T. Hybrid energy storage systems for renewable energy applications. Energy Procedia, 2015. P. 103.

18. Штен І. Аналіз конструкцій геліосистем гарячого водопостачання, які використовуються в Україні // Збірник тез Міжнародної студентської науковотехнічної конференції Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання., – 2018. – Т. 1. – С. 131-132.

19. Шаповал С. П., Венгрин І. І. Перспективи використання сонячної енергії на території України // Молодий вчений. – 2014. – №. 7 (2). – С. 21-24.

20. Паламар В., Використання відновлюваних джерел енергії у системі

енергопостачання приватного будинку //редакційна колегія. – 2018. – С. 287.

21. <https://razumkov.org.ua/en/articles/ukraines-renewable-energy-sector-before-during-and-after-the-war>

22. <https://www.vaillant.ua/dlia-klientiv/korisna-informatsia/solution-consultant/kak-vibrat-solnechniy-kollektor/>

23. <https://solarsoul.net/uk/shho-take-geliosistem>

24. Рожлюк М. М. Досвід використання регенеративних джерел енергії в Україні та країнах Європи. Нові компетенції для Індустрії 5.0 та управління даними для закладів вищої освіти : збірник матеріалів круглого столу. Під заг. ред. Храпкіної В. В., Пічик К. В. Національний університет «Києво-Могилянська академія». Київ : НаУКМА, 2023. С. 84–95.

25. Chernousova Z., Stepanchuk K. Modeling the development strategy of alternative energy industry enterprises in conditions of martial law and powstar. Економічний вісник НТУУ "Київський політехнічний інститут". 2022. No 23. С. 210–218.