

ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА (144)

УДК 621.316.1

«СОНЯЧНІ» ПЕРСПЕКТИВИ УКРАЇНИ

Кандидати техн. наук П. О. Пасічник, О. Г. Погосов,
асист. Є. О. Кулінко, студент Д. В. Юзьков

«SOLAR» PROSPECTS OF UKRAINE

Phd (Tech.) P. O. Pasichnyk, Phd (Tech.) O. G. Pogosov, Assist. Y. O. Kulinko,
student D. V. Yuzkov

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.212.2025.336302>



Анотація. Мета. Основним завданням цієї статті є дослідження можливих перспектив і потенціалу розвитку сонячних електричних станцій для досягнення енергетичної забезпеченості, збільшення використання відновлюваних джерел енергії, децентралізації енергогенеруючих об'єктів. У статті акцентовано на основних економічних і життєвих факторах, що визначають перспективи впровадження технологій сонячної енергії.

Методика. У статті був використаний комплексний підхід, що передбачає аналіз метеорологічних даних і статистичних показників для обґрунтування впровадження сонячних відновлюваних джерел енергії. Метеорологічні спостереження включали аналіз кліматичних умов і показників сонячної інсоляції в різних регіонах України, які стали основою для оцінювання потенціалу використання сонячної енергії.

Наукова новизна. Статистично досліджено можливості децентралізації енергетичного сектору в умовах воєнних реалій. Великі енергогенеруючі об'єкти стають першочерговими цілями обстрілів, що потребує зосередження на розподілених джерелах енергії. Сонячна енергетика завдяки здатності генерувати енергію в будь-якій точці країни, забезпечує стійкість, незалежність енергетичних систем і захист від ризиків, пов'язаних із втратою стратегічних об'єктів.

Практична значущість. Практична значущість цієї роботи полягає в наданні фактів, що обґрунтовують впровадження енергогенеруючих приладів, які використовують сонячну енергію. Такі прилади сприяють децентралізації енергосистеми та забезпечують стабільність енергопостачання в різних умовах.

Ключові слова: сонячна енергетика, відновлювані джерела енергії, енергетична незалежність, потенціал розвитку, стійкість енергосистеми.

Abstract. Purpose. The primary task of this article is to study the possible prospects and potential for the development of solar power plants aimed at achieving energy security, increasing the use of renewable energy sources, and decentralizing energy-generating facilities. The study focuses on key economic and vital factors that determine the prospects for the implementation of solar energy technologies.

Methodology. This article employs a comprehensive approach, including the analysis of meteorological data and statistical indicators to substantiate the implementation of solar renewable energy sources. Meteorological observations involved analyzing climatic conditions and solar

insolation indicators across various regions of Ukraine, serving as a basis for assessing the potential use of solar energy.

Scientific novelty. Statistical research has analyzed the possibilities for decentralizing the energy sector under wartime conditions. Large energy-generating facilities have been identified as primary targets for attacks, emphasizing the need for decentralized energy sources. Solar energy, due to its ability to generate power anywhere in the country, ensures resilience, independence of energy systems, and protection from risks associated with the loss of strategic facilities.

Practical value. The practical significance of this work lies in presenting facts that substantiate the implementation of energy-generating devices utilizing solar energy. These devices promote the decentralization of energy systems and ensure stable energy supply under various conditions.

Keywords: Solar energy, renewable energy sources, energy independence, development potential, energy system resilience.

Вступ. Збройна агресія російської федерації проти України демонструє вразливість централізованих систем генерації енергії до військових атак. Зокрема, першими під прицілом великі вузли енергогенерації (ГЕС, ТЕС, ТЕЦ та ін.), вузли передавання і транспортування енергетичних ресурсів (трансформаторні електростанції, лінії електропередач, порти тощо) і безпосередньо джерела енергоносіїв (газові сховища, родовища, шахти і т. д.).

Атаки на українську енергосистему мають кілька наслідків, які суттєво впливають на країну:

- вимкнення електроенергії: атаки призводять до масових вимкнень електрики, що впливають на життєдіяльність населення та промисловості;

- втрати в економіці: пошкодження енергетичної інфраструктури завдає збитків бізнесу і державі, знижуючи продуктивність і уповільнюючи економічний розвиток;

- соціальна нестабільність: відсутність електроенергії може призвести до протестів і невдоволення серед населення, посилюючи соціальну напругу;

- вплив на критичну інфраструктуру: вимкнення електроенергії може загрожувати роботі лікарень, систем водопостачання, зв'язку, що є критично важливими для забезпечення базових потреб населення;

- екологічні наслідки: пошкодження енергосистеми може викликати екологічні

проблеми, зокрема витoki пального або забруднення внаслідок зупинки підприємств;

- психологічний тиск: постійні атаки на енергетичну інфраструктуру посилюють стрес і невизначеність у суспільстві, погіршуючи загальний психологічний стан населення;

- витрати на відновлення: для відновлення пошкодженої інфраструктури потрібні значні кошти і ресурси, що може вплинути на бюджет країни.

Визначення мети та завдання дослідження. Основним завданням цієї статті є дослідження можливостей розвитку сонячних електричних станцій для досягнення енергетичної незалежності та децентралізації енергогенеруючих об'єктів. У роботі проаналізовано основні фактори впровадження сонячної енергетики та обґрунтовано доцільність використання відновлюваних джерел енергії в умовах сучасних викликів, таких як воєнні дії. Використано статистичні дані, які охоплюють кліматичні умови, показники сонячної інсоляції, економічну ефективність і рівні енергоспоживання в різних регіонах України, що дає змогу оцінити потенціал сонячних енергетичних систем для стабільного енергозабезпечення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основні показники енергетичної системи України станом на лютий 2025 року демонструють значні втрати генеруючих потужностей, що

зумовлені регулярними обстрілами об'єктів енергетичної інфраструктури. Протягом 2024 року загальні втрати потужності перевищили 9 ГВт. Суттєве зниження виробничих можливостей торік спостерігали в сегменті теплової та гідрогенерації. Масштабна ремонтна кампанія напередодні опалювального сезону 2024/2025 додала в мережу майже 3 ГВт додаткової потужності (рис. 1). У літній період 2024 року відновлювана генерація досягла рекордних

показників у загальному балансі (17-18 %), але в зимовий сезон ця частка скоротилася приблизно на 50 % [1].

Така ситуація провокує розвиток децентралізованих і альтернативних систем енергопостачання. Найбільш перспективним альтернативним джерелом енергії, як теплової, так і електричної, без сумніву, є сонячне випромінювання, оскільки воно безкоштовне і повсюдне [2-4].

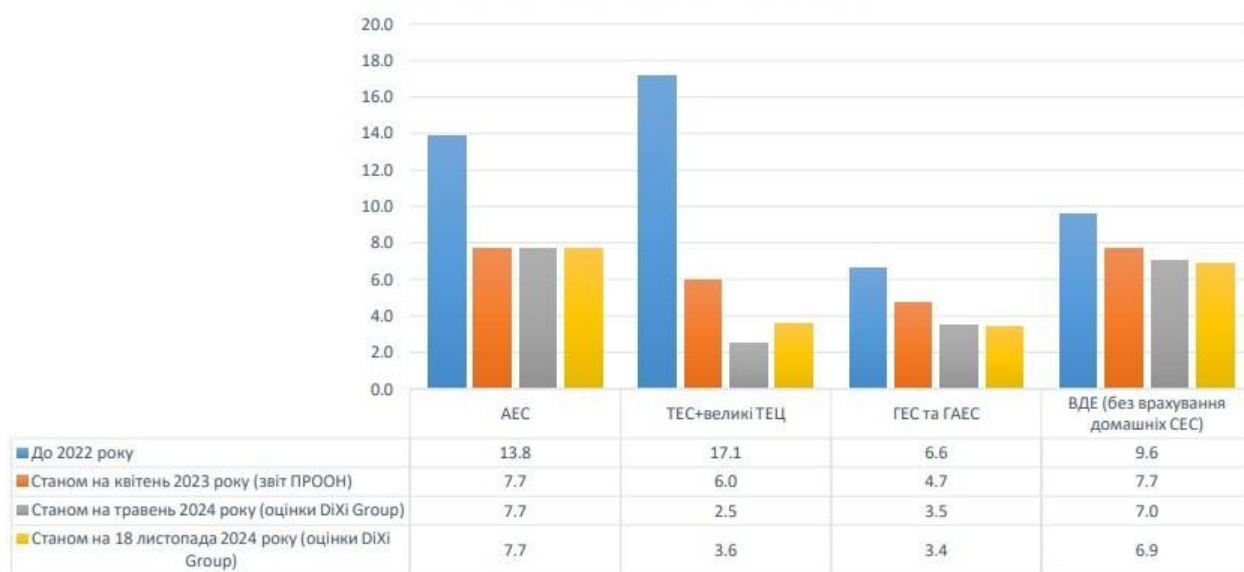


Рис. 1. Доступні генеруючі потужності України, ГВт

Основна частина дослідження.

Сонячна енергетика – найперспективніша і найдинамічніша галузь сучасної відновлюваної енергетики, оскільки в Україні існують достатньо сприятливі природні умови для використання сонячної енергії. Кількість сумарної радіації – енергії, що потенційно може бути використана на формування всіх природних процесів, перебуває в межах від 1064,9 до 1551,7 кВт·год/м² на рік (рис. 2). Величини середніх річних значень радіаційного балансу, тобто сонячної енергії, засвоєної діяльним шаром земної поверхні, змінюються по території від 330 до 580 кВт·год/м² [5].

Для розрахунку потенціалу потужності встановлення сонячних електростанцій використовують не лише показники надходження сонячної радіації, а і просторові показники, такі як доступна площа для будівництва станцій [3, 6] і коефіцієнт потужності геліополів, який залежить від типу та розташування сонячних колекторів, відстані між їхніми рядами тощо. За результатами наукових досліджень, потенціал потужності встановлення сонячних панелей становить 2 449 тис. МВт, а потенціал річної сонячної електрогенерації в Україні становить близько 3 082 млрд кВт·год/р. [5].

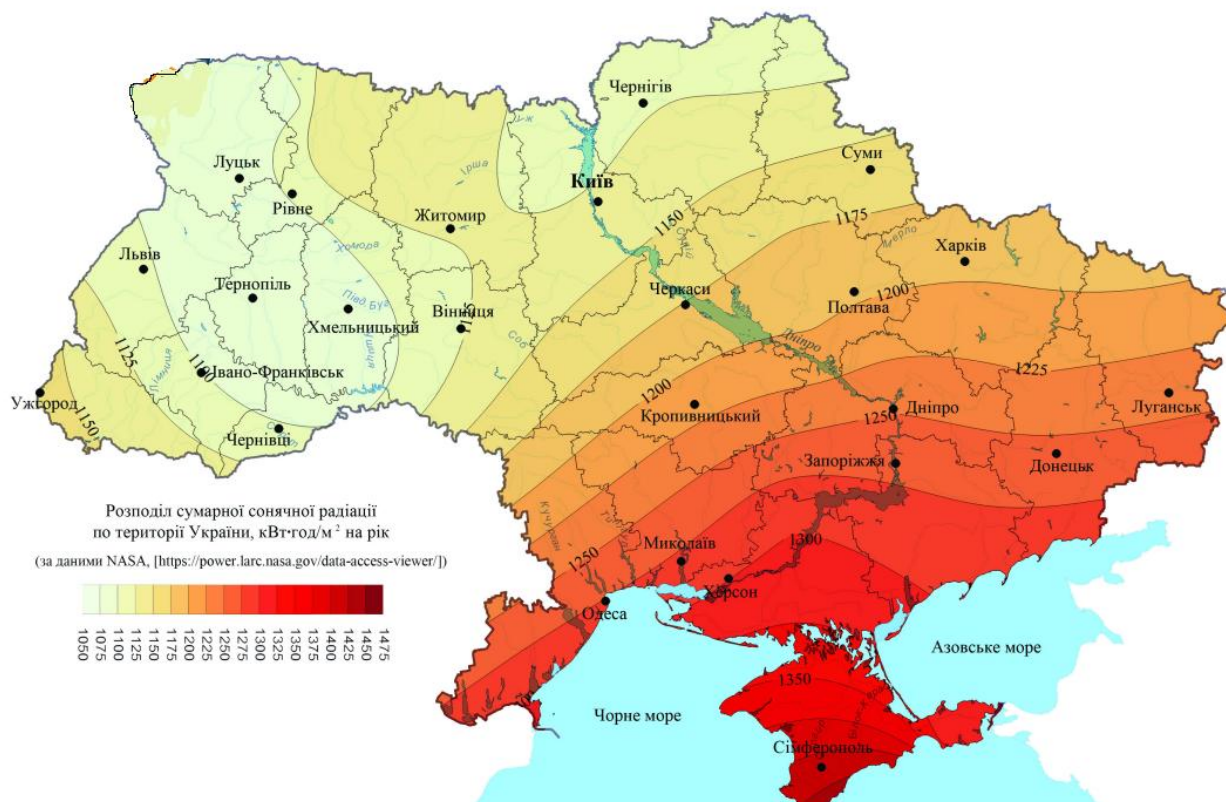


Рис. 2. Розподіл сумарної сонячної радіації по території України

Сонячну енергетику можна поділити на теплову та електричну. Теплова геліоенергетика є доволі нішевою галуззю інженерії, що може бути використана індивідуально під конкретні завдання з теплопостачання, переважно це підігрів води для систем ГВП і басейнового господарства в літній і перехідний періоди року і технологічні системи теплопостачання. Основною проблемою є тотальне неспівпадіння пікового надходження сонячної енергії та споживання теплової енергії (рис. 3) [7]. У свою чергу відсутність ринку теплової енергії для можливості продажу теплової енергії влітку в централізовану мережу теплопостачання обмежує економічну привабливість сонячних систем

геліопостачання. Перетворення сонячної теплової енергії в більш ліквідні види енергії є доволі складним і затратним процесом [3, 8].

Більш перспективним для України є використання сонячного випромінювання для отримання електроенергії на сонячних електростанціях (СЕС) великого діапазону потужностей, від 5 кВт на приватних домогосподарствах до 250 МВт комерційної Нікопольської СЕС. Це обумовлено тим, що електрична умова має високий коефіцієнт перетворення в будь-який інший вид енергії, до того ж літні піки електроспоживання (робота кондиціонерів і холодильного обладнання) чітко співпадають із піками активності сонячного випромінювання.

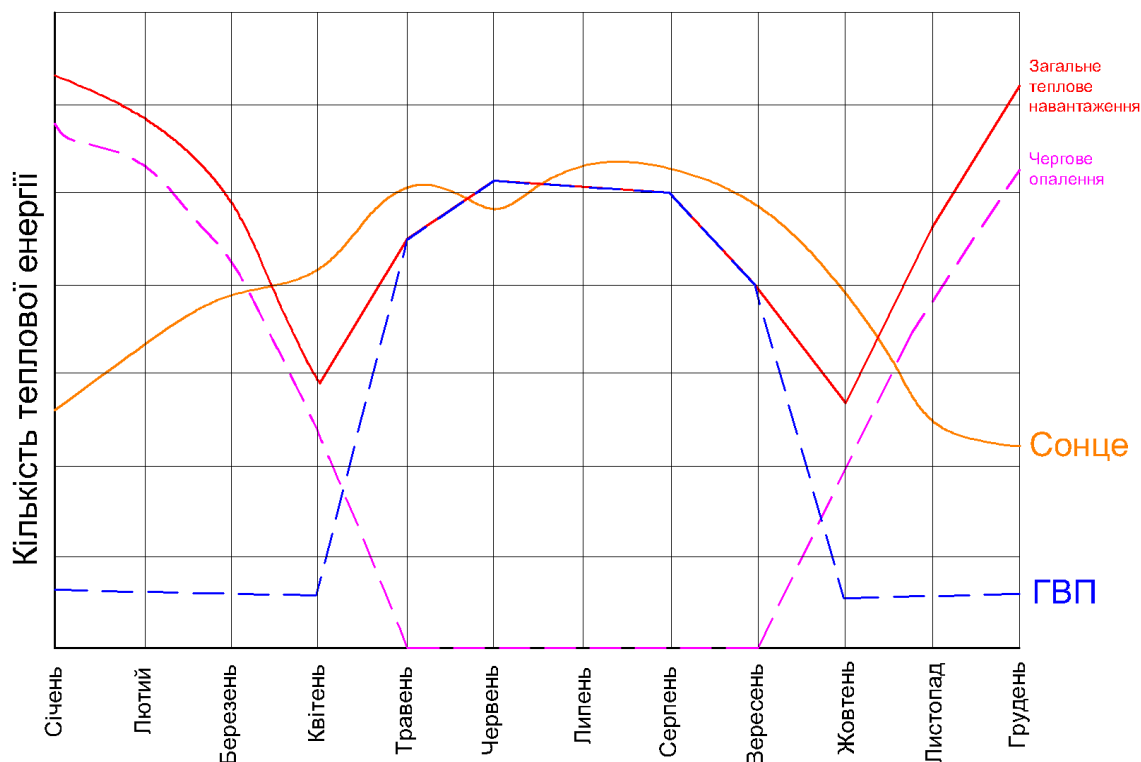


Рис. 3. Орієнтовна кількість теплової енергії для ГПВ і чергового опалення середньостатистичного готелю з оптимальним використанням сонячної енергії

Сонячна електростанція — це енергетичний об'єкт, що перетворює сонячне випромінювання в електроенергію. Основою станції є фотоелементи, які під впливом сонячної радіації генерують постійний струм за рахунок ефекту р-п-переходу [3, 9]. Інвертори цей струм перетворюють у змінний, придатний для використання в електромережі. Основними елементами є фотовольтаїчні панелі, інверторне обладнання, монтажні системи та обладнання для моніторингу.

Сонячні електростанції умовно поділяють на два типи: домашні (до 30 кВт) і комерційні великі СЕС (від 1 МВт). Домашні електростанції можуть забезпечити енергетичну незалежність домогосподарства і можливість отримувати дохід від продажу надлишків електроенергії в загальну мережу. Термін окупності таких

станцій складає чотири-шість років за терміну експлуатації геліотехнічного обладнання більше 25 років. За період повномасштабної війни кількість домашніх СЕС зростає на 25-30 % щорічно. У 2025 році кількість просьюмерів складає близько 100 000. Розвиваються енергетичні кооперативи та системи віртуальних електростанцій на базі об'єднаних домашніх СЕС.

Комерційні СЕС — це потужні енергогенеруючі підприємства, що займають значні площі. Такі станції зазвичай розміщують на промислових територіях або малопродуктивних землях. Україна активно розвиває велику сонячну енергетику, маючи десятки потужних промислових СЕС. Загальна встановлена потужність сонячних електростанцій перевищує 6,8 ГВт. Найбільшими комерційними СЕС в Україні є

Нікопольська СЕС (246 МВт, 400 га, Дніпропетровська обл.), Покровська СЕС (230 МВт, 375 га, Дніпропетровська обл.), Кам'янець-Подільська СЕС (120 МВт, 250 га, Хмельницька обл.), СЕС «Сонячна-Кілія» (110 МВт, 220 га, Одеська обл.), СЕС Терновиця (44 МВт, 80 га, Івано-Франківська обл.), СЕС Старокозача (43 МВт, 80 га, Одеська обл.), Димерська СЕС (37 МВт, 60 га, Київська обл.) та ін. Також із 2022 року в окупації опинилися потужні СЕС Tokmak Solar Energy (50 МВт, Запорізька обл.) і ФЕС Костогризове (40 МВт, Херсонська обл.), а з 2014 року окуповані кримські СЕС «Перове» (105 МВт), «Охотникове» (82 МВт) і

«Миколаївка» (69,7 МВт). Перспектива вироблення електроенергії наявними СЕС станом на 2021 рік подана на рис. 4 [5].

В Україні розповсюджена система підтримки за «зеленим» тарифом, що гарантує викуп електроенергії від відновлюваних джерел енергії до 2030 року. Тарифна ставка для комерційних СЕС становить 0,12 євро/кВт·год, а домашніх, що встановлені у 2024 році (до 30 кВт) – 0,16 євро/кВт·год. Виплати проводять у національній валюті за курсом НБУ [10]. Для розрахунків за сонячну електроенергію для домашніх СЕС у країні діють два просьюмерські методи розрахунку – NET Metering і NET Billing.

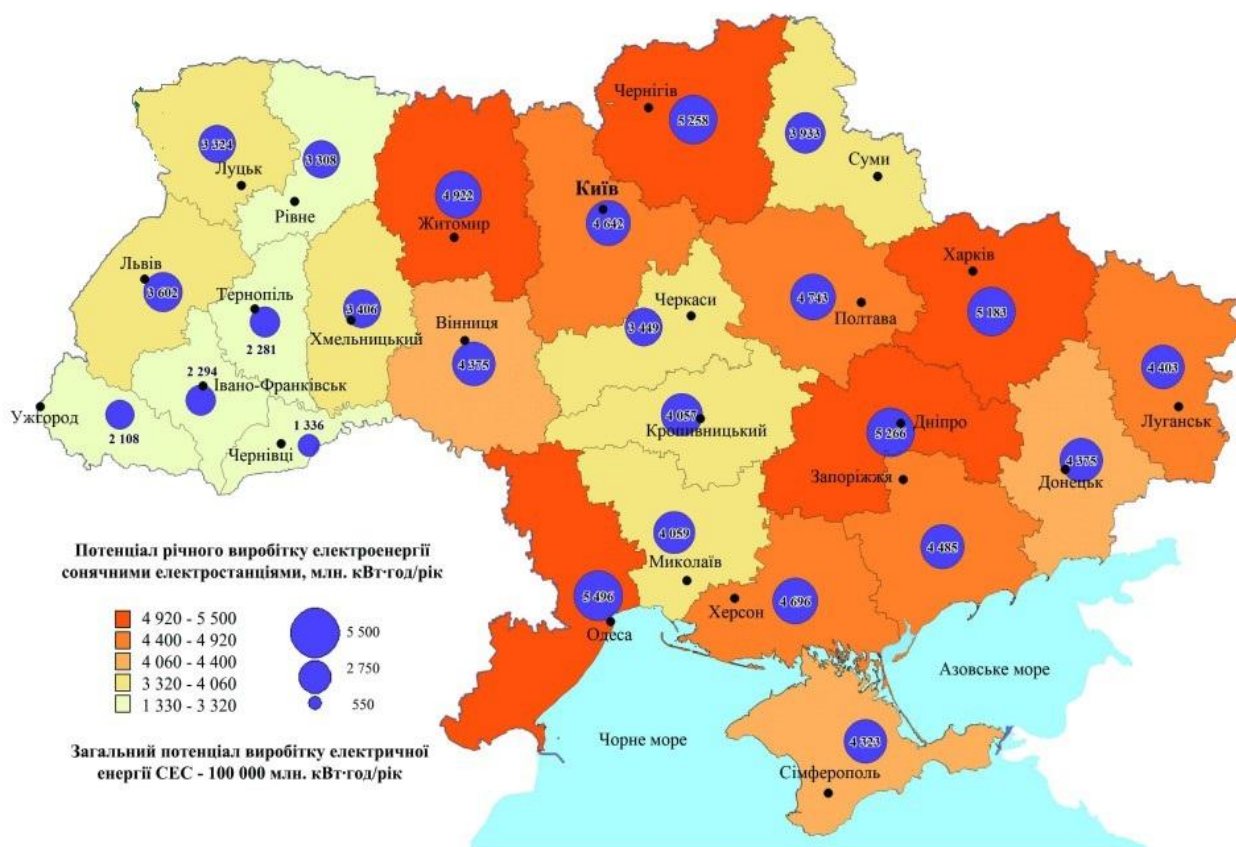


Рис. 4. Орієнтовна кількість теплової енергії для ГПВ і чергового опалення середньостатистичного готелю з оптимальним використанням сонячної енергії

Щомісячні виплати здійснюють автоматично через ДП «Гарантований покупець» [11].

NET Metering – це аналог «зеленого» тарифу, за допомогою якого домогосподарство використовує згенеровану енергію для власних потреб, а надлишки віддає в єдину енергетичну мережу України. Кількість енергії, що віддають, зараховують на індивідуальний баланс споживача. У подальшому накоплену енергію можна забирати назад, споживаючи електроенергію із загальної мережі в періоди недостатньої власної генерації (ніч, зима, висока хмарність тощо).

NET Billing – це система, аналогічна до NET Metering з однією відмінністю – накоплену енергію зараховують не у вигляді енергії, а вигляді грошей. Кількість грошей залежить від вартості електроенергії на момент передавання надлишків до об'єднаної мережі. Особливістю цього методу є те, що накопичені кошти можна використати лише для оплати спожитої з мережі електроенергії [11].

На основі оброблених даних і аналізу економічного та енергетичного стану України було проведено SWOT-аналіз розвитку сонячних енергетичних систем в нашій країні (рис. 5).



Рис. 5. SWOT-аналіз перспектив розвитку геліосистем в Україні

Висновки. Воєнні реалії України погіршують економічний і технологічний потенціал країни, а варварські атаки на українську енергетику створюють масу проблем, фінансових і соціальних збитків. Проте руйнація традиційних централізованих джерел енергії спонукає до децентралізації систем енергозабезпечення та розвитку відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних енергетичних систем.

Україна має достатній природний потенціал для розвитку сонячних енергетичних установок і певне технічне, комерційне і правове підґрунтя для реалізації цього величезного потенціалу. Динаміка зростання енергогенерації від домашніх і комерційних СЕС дає надію на ефективне заміщення традиційних джерел енергії та «одужання» української енергосистеми.

Список використаних джерел

1. DiXi Group / Офіційний сайт аналітичного центру (2025). URL: <https://dixigroup.org/>.
2. Приймак О., Пасічник П., Білан Р., Нагорний С. (2016). Визначення частки теплового навантаження, що заміщується енергією сонця та вітру для системи тепlopостачання з комбінованим сонячно-електричним повітропідігрівачем. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. (8). 292-296.
3. Duffie J. A., Bachman W. A. (2020). *Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind*. 5th edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
4. Пасічник П., Погосов О., Кулінко Є. (2024). Аналіз стану світового ринку сучасних повітряних геліоколекторів. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*. February 2, 2024. Oxford, UK. 188–194. <https://doi.org/10.36074/logos-02.02.2024.038>.
5. Кудря С. О. (2024). Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / Інститут відновлюваної енергетики НАНУ. <https://doi.org/10.36296/atlas-2024>.
6. Погосов О., Пасічник П., Кулінко Є. (2023). Вплив деяких проектних рішень на клас енергетичної ефективності будівлі. *Collection of Scientific Papers «SCIENTIA»*. December 22, 2023; Coventry, UK. 214–217. URL: <https://previous.scientia.report/index.php/archive/article/view/1526>.
7. Kulinko Y., Skochko V., Pohosov O. (2019). Diagnostic technique for wells of soil heat pumps in terms of thermal potential depending on the type of soil. *Energy-Efficiency in Civil Engineering and Architecture*. (12). 20–29. <https://doi.org/10.32347/2310-0516.2019.12.20-29>.
8. Solrico. Agency for solar market research and international communication (2024). URL: <http://www.solrico.com>.
9. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: підручник. Київ: Національний технічний університет України «КПІ», 2012. 492 с.
10. Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та «зеленої» трансформації енергетичної системи України: Закон України № 3220-IX (2024). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3220-20#Text>.
11. ДП «Гарантований покупець» (2025). URL: <https://www.gpee.com.ua/>.

Пасічник Павло Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки, Київський національний університет будівництва і архітектури. ORCID iD(<https://orcid.org/0000-0001-8499-6949>).
Погосов Олександр Григорович, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки, Київський національний університет будівництва і архітектури. ORCID iD(<https://orcid.org/0000-0003-2158-8897>).
Кулінко Євген Олександрович, асистент кафедри теплотехніки, Київський національний університет будівництва і архітектури. ORCID iD(<https://orcid.org/0000-0002-8834-3600>).

Юзьков Денис Валерійович, студент, Київський національний університет будівництва і архітектури. ORCID iD(<https://orcid.org/0009-0001-2857-7325>).

Pavlo Oleksandrovych Pasichnyk, PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Heat Engineering, Kyiv National University of Construction and Architecture. ORCID iD (<https://orcid.org/0000-0001-8499-6949>).

Oleksandr Hryhorovych Pogosov, PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Heat Engineering, Kyiv National University of Construction and Architecture. ORCID iD (<https://orcid.org/0000-0003-2158-8897>).

Yevhen Oleksandrovych Kulinko, Assistant at the Department of Heat Engineering, Kyiv National University of Construction and Architecture. ORCID iD (<https://orcid.org/0000-0002-8834-3600>).

Denis Valeriovych Yuzkov, Student at Kyiv National University of Construction and Architecture. ORCID iD (<https://orcid.org/0009-0001-2857-7325>).

Статтю прийнято 17.06.2025 р.