

Єгоров М. О., студент

Київський національний університет технологій та дизайну

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Анотація. У статті розглянуто ключові особливості розвитку сонячної енергетики в Україні в контексті сучасних викликів енергетичної безпеки та переходу до відновлюваних джерел енергії. Проаналізовано фактори, що визначають потенціал геліоенергетики, включно з кліматичними умовами, інфраструктурними можливостями та нормативно-правовим середовищем. Визначено основні бар'єри, що стримують впровадження фотоелектричних систем, та окреслено перспективні напрями вдосконалення галузі в умовах інтеграції України до європейського енергетичного простору. Значну увагу приділено оцінці економічної ефективності сонячних технологій і пошуку шляхів підвищення рівня енергетичної незалежності держави на основі використання сонячного ресурсу.

Ключові слова: сонячна енергетика, геліоенергетика, відновлювані джерела енергії, фотоелектричні системи, енергетична незалежність, енергетична безпека, енергетичний перехід, енергоефективність, інвестиції в енергетику, енергетична політика.

Egorov M., Master's Student

Kyiv National University of Technologies and Design

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF SOLAR ENERGY IN UKRAINE

Abstract. The article examines the key features of the development of solar energy in Ukraine in the context of modern challenges to energy security and the transition to renewable energy sources. It analyzes the factors determining the potential of solar power, including climatic conditions, infrastructural capabilities, and the regulatory framework. The main barriers hindering the implementation of photovoltaic systems are identified, and promising directions for sector improvement are outlined in view of Ukraine's integration into the European energy space. Particular attention is paid to assessing the economic efficiency of solar technologies and identifying ways to strengthen the country's energy independence through the use of solar resources.

Keywords: solar energy, solar power, renewable energy sources, photovoltaic systems, energy independence, energy security, energy transition, energy efficiency, energy investment, energy policy.

Вступ. Сонячна енергетика сьогодні посідає одне з провідних місць серед відновлюваних джерел енергії, що активно впливають на трансформацію світового енергетичного сектору. Глобальні тенденції демонструють стабільне зростання встановлених потужностей фотоелектричних станцій, здешевлення технологій та розширення сфер їх застосування. Україна, прагнучи підвищити рівень енергетичної незалежності та зміцнити власну енергетичну безпеку, також активно розвиває сектор геліоенергетики, який має значний природний потенціал та здатність суттєво диверсифікувати структуру генерації.

Особливу актуальність розвиток сонячної енергетики набуває в умовах військової агресії, руйнування критичної інфраструктури та порушення стабільності енергосистеми країни. Втрата частини генеруючих потужностей та зростаюча залежність від імпорتنих енергоресурсів посилюють потребу у швидкій модернізації енергетичного комплексу на засадах сталості та децентралізації. Саме тому впровадження фотоелектричних технологій розглядається не лише як економічно доцільний крок, а й як стратегічний інструмент підвищення стійкості держави до зовнішніх та внутрішніх викликів.

Разом із тим, українська сонячна галузь стикається з низкою суттєвих проблем, включаючи нестабільність нормативно-правової бази, фінансові бар'єри для бізнесу та населення, недостатній рівень розвитку електромереж та обмеження щодо приєднання нових об'єктів генерації. Ці фактори сповільнюють темпи впровадження сучасних технологій та створюють додаткові ризики для інвесторів.

Постановка проблеми. В умовах глобальної трансформації енергетичних ринків та загострення питань екологічної безпеки, розвиток відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) стає ключовим елементом стратегії сталого розвитку будь-якої держави. Для України, з огляду на необхідність забезпечення енергетичної незалежності, диверсифікації джерел енергопостачання та інтеграції в європейський енергетичний простір, особливого значення набуває сонячна енергетика.

Геліоенергетика в Україні має значний потенціал завдяки сприятливим кліматичним умовам у більшості регіонів та наявності розгалуженої інфраструктури. Проте, перехід від традиційної генерації до широкого впровадження фотоелектричних систем супроводжується низкою технічних, економічних та регуляторних викликів. Актуальність теми зумовлена необхідністю аналізу сучасного стану галузі, виявлення тенденцій її розвитку в умовах нестабільності енергосистеми та пошуку шляхів підвищення ефективності використання сонячного випромінювання для потреб національної економіки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фундаментальні засади перетворення сонячної енергії, а також інженерні рішення щодо проектування геліосистем детально розглянуто у монографії колективу авторів під керівництвом Й.С. Мисака [5]. У цій праці закладено теоретико-практичний базис, який дозволяє зрозуміти фізичні процеси та технологічні особливості сонячних установок, що використовуються в Україні.

Продовженням та розвитком освітньо-наукового напрямку є сучасний навчальний посібник О.Ю. Гаєвського [1], виданий у 2023 році. Автор акцентує увагу на новітніх технологіях фотоенергетики, що є критично важливим для підготовки фахівців, здатних працювати з сучасним обладнанням.

Значний обсяг інформації щодо систематизації знань у цій сфері представлено у бібліографічному списку Державної науково-технічної бібліотеки України [2], що свідчить про високий інтерес наукової спільноти до теми та наявність широкої джерельної бази станом на 2021 рік.

Окрему групу джерел становлять звіти державних установ та профільних інститутів, які дозволяють оцінити реальний стан справ у галузі. Зокрема, у публічних звітах Держенергоефективності [3] наведено аналіз державної політики, статистичні дані щодо потужностей та законодавчі ініціативи, спрямовані на стимулювання галузі. Водночас, звіт Інституту відновлюваної енергетики НАН України за 2023 рік [4] висвітлює останні наукові досягнення та результати моніторингу роботи відновлюваних джерел в умовах сучасних викликів, що постали перед енергосистемою країни.

Основна частина. Історично розвиток фотоелектричної галузі в Україні прискорився після введення «зеленого» тарифу та пільг у 2010-ті роки; це викликало значні інвестиції у великі наземні СЕС у період до 2020 року. Проте структура капіталовкладень змінилася: якщо раніше домінували великі інвестпроекти, то останні роки позначені бумом малих і середніх рішень – промислових станцій до кількох мегават і масовим встановленням домашніх систем. Частково це пов'язано зі зміною економіки проєктів (зниження вартості панелей і розуміння вигоди від самоспоживання), частково – з потребою децентралізації електропостачання, оскільки централізовані великі генеруючі потужності стали легкою мішенню для ракетних ударів і диверсій. Через це держава, оператори мереж і бізнес почали переосмислювати пріоритети: безпека

постачання та швидке відновлення роботи мереж часто ставляться на рівень із чисто економічною ефективністю [2].

Війна справила три ключові впливи на розвиток сонячної енергетики. По-перше, частина інфраструктури була безпосередньо пошкоджена або опинилася в окупації: за оцінками галузевих асоціацій, близько 14% промислових СЕС постраждали, а понад 500 МВт встановленої потужності перебувають на тимчасово окупованих територіях, що знижує фактичну доступну ємність і створює додаткові ризики для інвесторів. По-друге, військові ризики стимулювали перехід до більш децентралізованої моделі енергосистеми: збільшення кількості дахових і розподілених СЕС, використання малих газотурбінних модулів і великий попит на автономні рішення з накопичувачами. По-третє, економічна та інфраструктурна невизначеність ускладнює доступ до довгострокового фінансування й страхування, вимагаючи нових механізмів підтримки проєктів, у тому числі державних програм, міжнародних грантів і кредитів, а також запуску систем аукціонів і підтримки проєктів для відновлення [1].

Державна політика та планування грають визначальну роль у формуванні подальшого розвитку. У 2024 році уряд схвалив інвестиційну дорожню карту і план на 20 мільярдів доларів для збільшення частки відновлюваних джерел до 2030 року; у документі визначені конкретні цілі щодо частки ВДЕ в енергетичному балансі і плани щодо введення тисяч мегават нових генеруючих потужностей. Такі державні ініціативи створюють основу для масштабування проєктів, залучення приватних інвестицій та гармонізації з європейськими ринковими стандартами – передусім щодо аукціонного механізму підтримки, інтеграції на єдиний європейський енергоринок і модернізації міждержавних інтерконекторів. Проте реалізація цих планів потребує не лише грошей, але й правового та регуляторного забезпечення (перезапуск чи перехід від «зеленого» тарифу до аукціонів і нових механізмів підтримки), а також активної координації з міжнародними партнерами [5].

Економічні та ринкові «фактори росту» складаються з кількох елементів. Зниження вартості компонентів (панелей, інверторів, систем кріплення), зростання попиту на енергонезалежність серед підприємств і населення, фінансова підтримка з боку міжнародних фінансових інституцій і приватних інвесторів створюють сприятливе середовище. Однак на шляху стоять обмеження мережевої пропускної спроможності (в деяких зонах інвестори не можуть підключитися через брак трансформаторної потужності або обмеження по навантаженню ліній), необхідність модернізації диспетчерських систем, а також питання складання і реалізації програм з утилізації і заміни відпрацьованих панелей. Крім того, перехід від фіксованих тарифів до конкурентних аукціонів вимагає уважного регулювання, щоб уникнути різкого зниження інвестиційної привабливості для середніх і малих проєктів [4].

Однією з помітних тенденцій 2024 року стало активне розширення сонячних потужностей у секторі бізнесу та серед домогосподарств: за оцінками галузевих асоціацій, у 2024 році в Україні було додано близько 800–850 МВт нових сонячних потужностей. Цей приріст відбувався головним чином за рахунок малих та середніх комерційних проєктів і приватних установок на дахах і присадибних ділянках, оскільки суб'єкти господарювання і домогосподарства шукали способи підвищити енергетичну автономність у складних умовах.

Водночас сектор стикається зі значними викликами, пов'язаними з безпекою інфраструктури: значна частина усього парку фотоелектричних установок була пошкоджена або опинилася в зоні тимчасової окупації, що зробило частину потужностей недоступною для національної енергосистеми. За оцінками деяких аналітичних звітів, приблизно 30% усіх встановлених PV-потужностей були уражені або частково виведені з експлуатації станом на середину 2024 року. Це підкреслює вразливість централізованих

рішень та важливість розбудови більш розподіленої, гнучкої структури виробництва та зберігання енергії.

Соціальний аспект розвитку сонячної енергетики також помітний: кількість «просюмерів» – тобто домогосподарств та малих споживачів, що встановлюють власні сонячні системи – зростає. До початку 2022 року налічувалося близько 45 тисяч таких установок, а за оцінками асоціацій, упродовж наступних років їх кількість збільшилася до приблизно 50–53 тисяч, що свідчить про зростаючий інтерес населення до автономних джерел енергії та можливості продажу надлишків виробленої електроенергії. Це має важливе значення для децентралізації енергетичної системи та зменшення навантаження на великі генераційні блоки [8].

Незважаючи на позитивну динаміку встановлених потужностей, частка відновлюваних джерел у загальному балансі виробництва електроенергії в Україні залишалася помірною. За даними міжнародних агенцій, частка відновлюваних джерел електроенергії (включаючи великі гідроелектростанції) у структурі виробництва становила близько 22% у 2022 році. Такий показник вказує на те, що потенціал значно більший, і досягнення кліматичних та енергетичних цілей потребує прискореної політики підтримки і масштабних інвестицій.

Перспективи розвитку сонячної енергетики в Україні опираються на кілька ключових чинників. Перший – географічний і кліматичний потенціал: у південних та центральних регіонах країни інсоляція достатня для ефективного використання як великих, так і розміщених на дахах систем. Другий – технологічний прогрес: зниження вартості фотомодулів, підвищення ККД, удосконалення трекерних систем і накопичувачів енергії роблять проекти більш привабливими фінансово. Третій – зростання попиту на енергетичну автономність, що підштовхує бізнес і домогосподарства інвестувати в власні джерела виробництва. У поєднанні ці чинники створюють сприятливе середовище для подальшого росту сонячного сегмента.

Проте без вирішення інфраструктурних і регуляторних проблем подальше зростання може сповільнитися. Серед головних технічних викликів – інтеграція великої кількості некерованої генерації в розподілені мережі, необхідність модернізації трансформаторних підстанцій і ліній, а також розгортання систем накопичення енергії для згладжування добових та погодних коливань виробництва. З огляду на це, одним із пріоритетів має стати масштабне впровадження батарейних сховищ і гібридних рішень (сонце + накопичувачі, сонце + дизельні резерви для критичної інфраструктури), а також розвиток мікромереж і локальних балансуючих центрів [3].

Важливий напрям – підвищення стійкості інфраструктури до бойових дій та надзвичайних ситуацій. Частина вразливостей вирішується шляхом децентралізації: дрібніші розподілені генератори менш уразливі до одноразових ударів по кількох великих об'єктах. Також необхідні технічні рішення, що підвищують фізичну захищеність встановлень (сховища для критичних компонентів, резервні канали зв'язку і управління, швидкі ремонтні бригади). В довгостроковій перспективі варто розвивати стандарти монтажу, що враховують ризики бойових дій, та страхові механізми, які полегшать відновлення після ушкоджень.

Технологічні інновації відкривають нові шляхи: агровольтаїка, тобто сумісне використання земель для сільського господарства та встановлення сонячних панелей, може стати важливим механізмом підвищення ефективності використання земельних ресурсів.

Висновки. Отже, особливості українського шляху розвитку сонячної енергетики поєднують високий потенціал, технічні ресурси і зростаючий ринковий попит дають основу для масштабування, але успіх залежатиме від здатності держави та ринку адаптувати регуляторні механізми.

Список використаної літератури

1. Гаєвський О. Ю. Фотоенергетика: навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2023. 168 с.
2. Сонячна енергетика. Сонячні батареї: бібліогр. список № 6920 / М-во освіти і науки України, ДНТБ України, Інформ.-бібліогр. відділ. Київ: ДНТБ України, 2021. 125 с.
3. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: схвалено розпорядж. Кабінету Міністрів України від 18 серп. 2017 р. № 605-р. *Офіційний вісник України*. 2017. № 68. Ст. 2068.
4. Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 20 лют. 2003 р. № 555-IV: станом на 1 січ. 2024 р. *Відомості Верховної Ради України*. 2003. № 24. Ст. 155.
5. Звіт про діяльність Інституту відновлюваної енергетики НАН України у 2023 році. Київ: ІВЕ НАН України, 2024. 120 с.
6. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: підручник. Київ : НТУУ «КПІ», 2012. 492 с.
7. Мисак Й. С., Возняк О. Т., Дацько О. С., Шаповал С. П. Сонячна енергетика: теорія та практика: монографія / за заг. ред. Й. С. Мисака. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. 340 с.
8. Трофименко П. Є., Загородній В. М. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: навч. посіб. Суми: СНАУ, 2019. 231 с.