

АСПЕКТИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ ФОТОЕНЕРГЕТИКИ ЗА МАТЕРІАЛАМИ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ «ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ У ХХІ СТОЛІТТІ» 2023

Отримано 13 жов. 2023 р.; рекомендовано до публікації 20 груд. 2023 р.
Доступно онлайн 30 груд. 2023 р.

**Д. В. Бондаренко¹, С. В. Матях², Т. В. Суржик³,
І. О. Шейко⁴**

Автор для кореспонденції: Дмитро Бондаренко,
e-mail: renewable@ukr.net

¹ Канд. техн. наук
<https://orcid.org/0000-0002-5629-930X>

² Канд. техн. наук
<https://orcid.org/0000-0002-1707-3519>

³ Доктор техн. наук.
<https://orcid.org/0000-0002-1418-7748>

⁴ Провідний інж.
<https://orcid.org/0000-0002-5770-3677>

^{1,2,3,4} Інститут відновлюваної енергетики НАН України

Розглянуто та узагальнено основні результати доповідей на секції «Сонячна енергетика», зокрема одного з напрямів сонячної енергетики – фотоенергетики. У роботі секції з цього напрямку взяли участь фахівці з України, Польщі, Чеської Республіки та Республіки Узбекистан. Всього було представлено 22 доповіді, які стосувалися питань підвищення енергоефективності та надійності роботи сонячних електростанцій, особливостей експлуатації сонячних автономних електростанцій та установок, нових технологій виготовлення фотомодулів тощо. Здебільшого в доповідях висвітлювалися питання створення та функціонування енергоефективних і надійних сонячних електростанцій.

Ключові слова: електрична енергія, сонячна електростанція, фотоелектричний модуль, енергоефективність, штучний інтелект, фотоелектричні технології.

ASPECTS OF THE FURTHER DEVELOPMENT OF PHOTOENERGY ACCORDING TO THE MATERIALS OF THE SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE «RENEWABLE ENERGY AND ENERGY EFFICIENCY IN THE 21st CENTURY» 2023

Received Nov. 13. 2023; accepted Dec. 20. 2023
Available online Dec. 30. 2023

**D. Bondarenko¹, S. Matyakh², T. Surzhyk³,
I. Sheiko⁴**

Author for correspondence: Dmytro Bondarenko,
e-mail: renewable@ukr.net

¹ Cand. of tech. Sciences.
<https://orcid.org/0000-0002-5629-930X>

² Cand. of tech. Sciences.
<https://orcid.org/0000-0002-1707-3519>

³ Doc. of tech. Sciences.
<https://orcid.org/0000-0002-1418-7748>

⁴ Senior Engineer.
<https://orcid.org/0000-0002-5770-3677>

^{1,2,3,4} Institute of Renewable Energy, National Academy of Science of Ukraine

The main results of reports at the "Solar Energy" section were considered and summarized, in particular, one of the areas of solar energy – photoenergy. Specialists from Ukraine, Poland, the Czech Republic and the Republic of Uzbekistan took part in the work of the section in this area. A total of 22 reports were presented, which related to the issues of increasing the energy efficiency and reliability of the operation of solar power plants, the peculiarities of the operation of solar autonomous power plants and installations, new technologies for the production of photo modules, etc. For the most part, the reports focused on the creation and operation of energy-efficient and reliable solar power plants.

Key words: electric energy, solar power plant, photovoltaic module, energy efficiency, artificial intelligence, photovoltaic technologies.

Вступ. У процесі роботи XXIV Міжнародної науково-практичної конференції «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті» (Україна, м. Київ, 18–19 травня 2023 року) на секції «Сонячна енергетика» було висвітлено аспекти подальшого розвитку одного з напрямів сонячної енергетики – фотоенергетики в Україні, Польщі, Чеській Республіці, Республіці Узбекистан [1]. На конференції з цього напрямку сонячної енергетики було представлено 22 доповіді, які стосувалися питань підвищення ефективності та надійності роботи сонячних електростанцій, особливостей експлуатації сонячних малопотужних (мережевих і автономних) електростанцій та установок, нових технологій виготовлення фотомодулів тощо.

Метою публікації є узагальнення матеріалів досліджень, які були представлені у доповідях, та висвітлення особливостей подальшого розвитку фотоенергетики як складової частини одного з напрямів відновлюваної енергетики.

Аналіз змісту доповідей. Сучасні проблеми традиційної енергетики пов'язані з обмеженістю й нерівномірністю розподілу енергетичних ресурсів на планеті, недосконалістю традиційних енергетичних технологій та необхідністю розв'язання глобальних завдань енергозабезпечення людства в майбутньому, пов'язаних із повним вичерпанням запасів органічного палива й питаннями екологічної безпеки.

Для вирішення цих проблем Європейський Союз прийняв у 2019 році стратегічний план – Європейський зелений курс [2], який є дорожньою картою заходів для досягнення ефективної, стійкої та конкурентоспроможної економіки, що забезпечить створення кліматично нейтрального континенту до 2050 року. Одним із ключових напрямів Європейського зеленого курсу є чиста енергія, до якої належать відновлювані джерела. Підвищення енергетичної ефективності енергосистем, створення умов для стійкого і всебічного зростання й розвитку є найбільш економічно ефективними способами не тільки скорочення викидів парникових газів та інших речовин, які забруднюють довкілля, а й зниження імпортозалежності й зміцнення енергетичної безпеки. Сьогодні політика Європи спрямована на максимальне скорочення залежності від російського викопного палива за рахунок підвищення темпів розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Україна є безпосередньою частиною європейської енергетичної системи і має забезпечувати виконання міжнародних зобов'язань щодо підвищення енергоефективності та декарбонізації економіки відповідно до Угоди про асоціацію з ЄС, Паризької угоди, Договору про заснування Енергетичного Співтовариства [3], Європейського зеленого курсу, низки директив ЄС тощо.

Фотоенергетика – один з найперспективніших напрямів використання відновлюваних джерел енергії, перевагою якого є можливість безпосереднього перетворення енергії сонячної радіації на електричну енергію.

Екологічно чиста сонячна енергія є практично невичерпним і найдоступнішим енергоресурсом з усіх відновлюваних джерел, використання якого є ефективним на більшості ділянок поверхні Землі. Високий енергетичний потенціал сонячного випромінювання в Україні достатній для впровадження електроенергетичного обладнання практично по всій території країни. За результатами наукових досліджень теоретична встановлена потужність сонячних електростанцій (СЕС) становить 82 768 МВт, а річний потенціал вироблення електричної енергії СЕС в Україні – близько 100 млрд кВт·год/рік [4, 5], тобто Україна володіє достатніми потужностями для заміщення значної частини російських енергоресурсів своєю відновлюваною генерацією.

Постановою КМУ від 30 липня 2021 року відповідно до міжнародних зобов'язань щодо скорочення викидів у Національно визначених внесках (НВВ) у Паризьку угоду з клімату до 2030 року було передбачено скорочення викидів парникових газів на 65 % рівня 1990 року [6]. Одним із напрямів, згідно з установленими Україною на міжнародному рівні вищими цілями щодо скорочення шкідливих викидів у НВВ, є фотоенергетика – значна частка у сфері виробництва електроенергії має припадати на сонячні потужності. У 2021 році було прийнято Національну економічну стратегію України до 2030 року, згідно з якою частка ВДЕ має зрости до 25 % в електроенергетичному балансі країни до 2030 року [7]. Ці вимоги відповідають «сценарію» утримання глобального потепління на рівні нижче 2 градусів до 2050 року (REmap Case) програми подальшого розвитку енергетичного сектору відновлюваної енергетики, опублікованому в 2019 році Міжнародним агентством з відновлюваної енергетики (IRENA) у доповіді «Майбутнє сонячної фотоелектричної енергетики: розвиток, інвестиції, технології, інтеграція в енергосистеми і соціально-економічні аспекти» [8]. За прогнозами IRENA сонячна енергетика буде відігравати центральну роль в енергетичному переході, основними складовими якого є відновлювана енергетика та підвищення енергоефективності [9]. Для реалізації кліматичних цілей, встановлених Паризькою угодою, передбачене значне збільшення фотоелектричної генерації: агентство очікує, що до 2050 року частка великомасштабних проєктів дорівнюватиме близько 60 % загальної встановленої потужності фотоелектричних систем у світі [8].

Останніми перед повномасштабною війною роками фотоенергетика України розвивалась досить інтенсивно, незважаючи на деяку ринкову нестабільність та погіршення інвестиційного клімату. За підсумками 2021 року встановлена потужність сектору фотоенергетики України досягла 7586,25 МВт (без урахування тих СЕС, що перебували на тимчасово окупованих територіях). У 2021 році частка електроенергії, згенерованої з ВДЕ, досягла 8,1 %, або 12,8 ТВт·год, з яких 56 % – за рахунок сонячного випромінювання. Однак починаючи з 2020 року активний темп розвитку спостерігався лише у сегменті СЕС для приватних домогосподарств, потужність яких у 2021

році зросла на 426,1 МВт. Загальна встановлена потужність усіх сонячних систем домогосподарств наприкінці року досягла 1205,1 МВт [10].

Ситуація значно погіршилася після повномасштабного вторгнення. За оцінкою фахівців у галузі енергетики, наприкінці жовтня 2022 року з експлуатації було виведено близько 45–50 % СЕС, більшість яких розташовані на півдні країни. Війна завдала галузі значних утрат, частка ВДЕ в загальному обсязі виробництва електроенергії впала майже вдвічі: до 2022 року цей показник становив 13,4 %, зараз – 5–6 % [11].

На сучасному етапі розвитку фотоенергетики на перше місце виходять проблеми ефективного використання енергії сонячної радіації за рахунок застосування передових технологій. Вирішенням цих питань, які неможливі без розробки нових технічних і технологічних науково обґрунтованих рішень, були присвячені доповіді конференції.

Сучасні фотоенергетичні технології є досить ефективними й надійними. Сьогодні сонячні модулі можуть генерувати електроенергію з ефективністю близько 20 %. Крім того, знижується вартість інноваційних технологій, які раніше були дорогі. Стрімко розвивається застосування двосторонніх сонячних модулів, які можуть генерувати на 10–15 % більше електроенергії, ніж односторонні, що значно зменшує площі для їх встановлення. Більш конкурентоспроможними стають сонячні трекерні установки, в яких виділяють два основних типи динамічних систем стеження – одноосьові й двоосьові. Одноосьова система стеження може збільшувати продуктивність на 15–20 % порівняно зі стаціонарною системою, двоосьова – на 35–50 % [12]. Дослідження в цій галузі тривають, тому можна очікувати додаткові розробки та вдосконалення технологій для підвищення ефективності сонячних електростанцій.

Способи досягнення максимальної енергетичної ефективності й надійності роботи сонячних трекерних електростанцій було розглянуто на конференції в доповідях [13–17]. Заслужують на увагу приклади використання штучного інтелекту в трекінгових СЕС [13, 14], що є ефективним інструментом для забезпечення їх максимальної продуктивності. Застосування штучного інтелекту дають змогу автоматично коригувати положення фотомодулів відносно Сонця, зменшувати вплив небажаних факторів на роботу обладнання, підвищувати надійність і довговічність обладнання, а також зменшувати вплив тіні та інших перешкод на роботу фотомодулів. Розглянуто різні методи, як-от використання нейромереж, алгоритмів машинного навчання та оптимізації тощо. Своїм досвідом з використання розумної системи для підвищення енергоефективності СЕС поділилися фахівці з Республіки Узбекистан [15]. Наведено розрахунок підбору компонентів для дослідження показників енергоефективності фотоелектричної установки з використанням системи SMART, за допомогою якої досягається оптимальне забезпечення електричною енергією

автономного об'єкта. В доповідях [16, 17] також було представлено результати досліджень роботи трекерних фотоелектричних систем, показано їх переваги порівняно зі стаціонарними системами. Отримані дані дозволяють прогнозувати підвищення ефективної роботи фотоелектричної станції за рахунок формування профілю надходження сонячної енергії за допомогою систем слідування та полів модулів різної орієнтації. Досвід експлуатації дахової фотоелектричної станції потужністю 2,5 кВт з гібридним інвертором представлено в доповіді [18]. Визначено умови генерації в мережу надлишкової електроенергії. Розроблено обладнання та програмне забезпечення для реалізації алгоритму на базі порівняння напруг мережі та гібридного інвертора, визначено умови оптимального споживання й генерації електроенергії у мережевому та автономному режимах.

У низці доповідей було представлено пропозиції щодо практичного застосування систем живлення на базі фотоелектричних модулів, що дуже актуально для України, особливо в умовах воєнного стану. Питанню електропостачання тимчасових модульних містечок для проживання постраждалих від військових дій (шелтерів) було присвячено доповідь щодо проектування фотоелектричної системи з використанням програмного забезпечення [19]. Фотоелектрична система для електропостачання шелтера є комплексною задачею включно з коректним вибором електричних параметрів окремих компонентів, урахуванням умов навколишнього середовища, графіками навантаження шелтера та електричних приладів у його складі. Рекомендації з використання електроприладів допоможуть підвищити ефективність експлуатації фотоелектричної системи для електропостачання шелтерів. Було наведено порівняльний аналіз вимог до гібридної фотоелектричної станції та електричного генератора з двигуном внутрішнього згоряння для забезпечення потреб в електроенергії в умовах воєнного стану [20]. Особливості експлуатації силових трансформаторів для забезпечення надійності роботи енергетичної системи та фотоелектричної станції в її складі в умовах війни було розглянуто в доповіді [21]. Використання динамічної комутації комірок в акумуляторах електричної енергії дозволяє оперативно змінювати топологію накопичувача електричної енергії для отримання потрібних вихідних параметрів, що дає переваги при керуванні системами генерації, акумуляування та споживання в процесі безпосереднього застосування і, як наслідок, підвищує ефективність роботи акумулятора [22].

У доповідях науковців було приділено увагу питанням технічної спроможності енергосистеми балансування зростаючих потужностей СЕС. Зокрема, було оцінено фактор втрат потужності, які спричинені перетоками в електричних мережах електричних систем від відновлюваних джерел, що знижує їх енергоефективність. Визначення втрат потужності та електроенергії в електричних мережах та їх гілках, які викликані окремими фотоелектричними станціями та їх групами, дає

можливість оцінювати і враховувати вплив фотоелектричної станції на баланс електроенергії з урахуванням втрат, які можна використовувати для оперативного планування балансу електроенергії в енергетичній системі [23]. Оцінювання чутливості до змін метеопараметрів для прогнозування графіків генерування фотоелектричними станціями електричної енергії шляхом аналізу результатів натурного експерименту на діючій сонячній станції потужністю 3,2 кВт представлено у доповіді [24]. Огляд існуючих методів прогнозування фотоелектричної потужності сонячних панелей було розглянуто в доповіді [25], де описано та класифіковано основні методи й моделі прогнозування і зроблено їх порівняльний аналіз з оцінкою точності методів програмного обчислення.

Сьогодні на світовому ринку домінують кристалічний кремній (c-Si) та тонкоплівкові технології. Однак виробники сонячних панелей постійно вдосконалюють технології їх виробництва, з'являються нові, більш ефективні та надійні фотоелектричні модулі, застосування яких дає можливість збільшити генерацію та подовжити термін їх експлуатації. Огляду нових технологій виготовлення фотоелектричних модулів було присвячено доповіді [26, 27]. У доповіді [26] було представлено огляд нових типів фотомодулів, які дають змогу збільшити ефективність роботи як дахових, так і наземних сонячних електричних станцій, розглянуто їх особливості, відмінності та переваги у порівнянні з фотомодулями, які на цей час активно експлуатуються. У доповіді [27] наведено порівняння фотоелектричних модулів n-типу та p-типу, які набувають все більшої популярності, вказано на їх основні переваги та недоліки.

У доповідях узбецьких фахівців було висвітлено результати досліджень нових технологій виготовлення сонячних елементів [28–30]. Зокрема, було розглянуто нові матеріали й структури як засіб підвищення ефективності гетероперехідних сонячних елементів ZnO/Si і TiO₂/Si [28]. Дослідженню сонячних елементів на основі арсеніду галію (GaAs), які називають каскадними, багатоперехідними або тандемними, було присвячено доповідь [29]. Сонячні панелі, побудовані з таких елементів, діють у більшості діапазонів сонячного спектра й мають ККД понад 30 %. На сьогоднішній день технологія перекристалізації тонкоплівкових аморфних або дрібнокристалічних плівок має розробки високоефективних сонячних елементів, призначених для використання в сонячних панелях з концентраторами сонячного випромінювання.

На конференції була також приділена увага питанню застосування фотоенергетичного потенціалу для виробництва зеленого водню. Впровадження наукових досліджень у напрямі технічного удосконалення й здешевлення технологій сонячної та водневої енергетики дозволить трансформувати шляхи безвуглецевого виробництва, постачання, зберігання та споживання енергії, підвищити рівень енергоефективності та глибокої декарбонізації транспортних засобів, будівництва й промисловості країни [31].

Висновки. Впровадження кращих зразків фотоенергетичного обладнання, визначених на основі аналітичних досліджень світового та вітчизняного досвіду, для ефективного використання фотоенергетики є однією з пріоритетних задач як на сучасному етапі розвитку економіки України, так і на довгострокову післявоєнну перспективу.

ПОСИЛАННЯ

1. Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті: Матеріали XXIV міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 18–19 травня 2023 р.). К.: Інститут відновлюваної енергетики НАН України. 2023. 516 с. (С. 175–247). <https://doi.org/10.36296/renewable.conf.18-19.05.2023>.
2. Європейський зелений курс. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spirovitnictvo/klimat-yevropejska-zelena-ugoda>. [Дата звернення: 24.07.2023].
3. Договір про заснування Енергетичного Співтовариства. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_926#Text. [Дата звернення: 24.07.2023].
4. Відновлювані джерела енергії / За ред. С. О. Кудрі. К.: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ. 2020. 392 с.
5. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за ред. С. О. Кудрі. К.: Інститут відновлюваної енергетики НАН України. 2020. 82 с.
6. Україна має до 2030 р. скоротити викиди CO₂ на 65% – постанова Кабміну. URL: <https://interfax.com.ua/news/greendeal/744753.html>. [Дата звернення: 10.07.2023].
7. Про затвердження Національної економічної стратегії на період до 2030 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-%D0%BF#Text>. [Дата звернення: 24.07.2023].
8. Нова доповідь про майбутнє сонячної енергетики від IRENA. URL: <https://getmarket.com.ua/ua/news/nova-dopovid-pro-majbutnye-sonyachnoyi-energetiki-vid-irena>. [Дата звернення: 10.07.2023].
9. Енергетичний перехід. URL: <https://energytransition.in.ua/pro-enerhetychnyy-perekhid-v-ukraini/>. [Дата звернення: 24.07.2023].
10. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny>. [Дата звернення: 10.07.2023].
11. Що залишилося від «зеленої енергетики» в Україні. URL:

- <https://www.epravda.com.ua/publications/2023/05/24/700431>. [Дата звернення: 10.07.2023].
12. Оновлення сонячної фотоелектричної технології: розширення можливостей за допомогою інноваційних, ефективніших і надійніших сонячних систем. URL: <https://aseu.org.ua/onovlennia-soniachnoi-fotoelektrychnoi-tekhnologii-rozshyrennia-mozhlyvostej-liudej-za-dopomohoiu-innovatsijnykh-bilsh-efektyvnykh-i-nadiinykh-soniachnykh-system/>. [Дата звернення: 10.07.2023].
 13. В. М. Скрипчук. Переваги використання штучного інтелекту в трекінгових сонячних електростанціях. С. 240–241¹.
 14. В. І. Ференц. Використання штучного інтелекту для покращення ефективності сонячних панелей. С. 213–214¹.
 15. E. Oshepkova, Kh. Khudoyorov. calculation of energy efficiency indicators of a photovoltaic station using a smart system. 224–225¹.
 16. Krzysztof Mik, Artur Rusowicz, Marcin Bugaj. The comparison of tracked and fixed photovoltaic systems with monofacial and bifacial modules in PVSYST. 188–191¹.
 17. О. О. Голота, С. В. Плаксін, І. В. Тимченко. Ефективність роботи автономної фотоелектричної установки. 193–194¹.
 18. В. О. Войтех. Алгоритм керування гібридним інвертором дахової фотоелектричної станції з генерацією в мережу. 233–234¹.
 19. М. Белік, О. Рубаненко. Проектування фотоелектричної системи для електропостачання шелтерів з використанням програмного забезпечення PVSOLPREMIUM. 203–205¹.
 20. О. О. Кармазін, І. В. Іванченко, К. В. Петренко. Порівняльний аналіз використання гібридної фотоелектричної станції та електрогенератора для забезпечення потреб в електроенергії в умовах воєнного стану. 200–202¹.
 21. О. Є. Рубаненко, І. І. Смагло. Експлуатація силових трансформаторів фотоелектричних станцій в особливих умовах. 211–212¹.
 22. Д. В. Бондаренко. Створення акумуляторної батареї з динамічною комутацією комірок. 190–192¹.
 23. І. О. Гулько, П. Д. Лежнюк, В. М. Лисий. Визначення втрат електроенергії в електричних мережах з фотоелектричними станціями. 244–245¹.
 24. В. О. Комар, Ю. В. Семенюк, Н. В. Собчук. Оцінювання чутливості до змін метеопараметрів під час прогнозування графіків генерування фотоелектричними станціями. 237–238¹.
 25. В. Г. Дубовик, В. Г. Городецький, В. О. Коровушкін, Б. М. Гомзік. Особливості прогнозування фотоелектричної потужності сонячних панелей. 235–236¹.
 26. І. Нечай. Нові технології у виготовленні фотомодулів. 239–240¹.
 27. М. В. Морозов. Опис та порівняння фотоелектричних модулів n-type та p-type. 218–219¹.
 28. Irodakhon Gulomova, Rayimjon Aliev, Jasurbek Gulomov. N-ZNO/P-SI and N-TiO₂/P-SI heterojunction solar cells. 220–221¹.
 29. Abbosova Nozima Bakhtiyor qizi. Cascade solar cell. 222–223¹.
 30. A. Eraliev, R. Aliev, M. Nosirov. Study of the band gap of a solar cell based on a silicon crystal by the programming method. 229–230¹.
 31. С. Матях, Т. Кудря. Фотоенергетичний потенціал України для виробництва зеленого водню. 179–180¹.

REFERENCE

1. Vidnovliuvana enerhetyka ta enerhoefektyvnist u XXI stolitti: Materialy XXIV mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (Kyiv, 18–19 travnia 2023 r.). K.: Instytut vidnovliuvanoi enerhetyky NAN Ukrainy. 2023. 516 s. (S. 175–247).
2. Evropeyskyi zelenyi kurs. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobitnictvo/klimat-yevropejska-zelena-ugoda>. [Data zvernennia: 24.07.2023].
3. Dohovir pro zastosuvannia Enerhetychnoho Spivtovarystva. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_926#Text/. [Data zvernennia: 24.07.2023].
4. Vidnovliuvani dzherela enerhii / Za red. S. O. Kudri. K.: Instytut vidnovliuvanoi enerhetyky NANU. 2020. 392 s.
5. Atlas enerhetychnoho potencialu vidnovliuvanyh dzherel enerhii Ukrainy / Za red. S. O. Kudri. K.: Instytut vidnovliuvanoi enerhetyky NANU. 2020. 82 s.
6. Ukraina maie do 2030 r. Skorotyty vykydy CO₂ na 65% – postanova Kabminu. URL: <https://interfax.com.ua/news/greendeal/744753.html>. [Data zvernennia: 10.07.2023].
7. Pro zatverlzhennia Natsionalnoi ekonomichnoi stratehii na period do 2030 roku. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-%D0%BF#Text>. [Data zvernennia: 24.07.2023].
8. Nova dopovid pro maibutnie soniachnoi enerhetyky vid IRENA. URL: <https://getmarket.com.ua/ua/news/nova-dopovid-pro-majbutnye-sonyachnoyi-energetiki-vid-irena> [Data zvernennia: 10.07.2023].
9. Enerhetychnyi perehid. URL: <https://energytransition.in.ua/pro-enerhetychnyy-perehid-v-ukraini/>. [Data zvernennia: 24.07.2023].

10. Sektor vidnovliuvanoi enerhetyky Ukrainy do, pid chas ta pislia viyny. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny>. [Data zvernennia: 10.07.2023].
11. Shcho zalyshylosia vid «zelenoi enerhetyky» v Ukraini. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2023/05/24/700431>. [Data zvernennia: 10.07.2023].
12. Onovlenniasoniachnoi fotoelektrychnoi tekhnolohii rozshyrennia mozhlyvostej liudej za dopomohoiu innovatsijnykh bilsh efektyvnykh i nadijnykh soniachnykh system. URL: <https://aseu.org.ua/onovlenniasoniachnoi-fotoelektrychnoi-tekhnolohii-rozshyrennia-mozhlyvostej-liudej-za-dopomohoiu-innovatsijnykh-bilsh-efektyvnykh-i-nadijnykh-soniachnykh-system/>. [Data zvernennia: 10.07.2023].
13. V. Skrypchuk. advantages of using artificial intelligence in tracking solar power plants. P. 240–241¹.
14. V. Ferents. Use of artificial intelligence to improve the efficiency of solar panels. P. 213–214¹.
15. E. Oshepkova, Kh. Khudoyorov. Calculation of energy efficiency indicators of a photovoltaic station using a smart system. P. 224–225¹.
16. Krzysztof Mik, Artur Rusowicz, Marcin Bugaj. The comparison of tracked and fixed photovoltaic systems with monofacial and bifacial modules in pvsyst. P. 188–191¹.
17. O. O. Holota, S. V. Plaksin, I. V. Timchenko. Operation efficiency of stand-alone photovoltaic unit. P. 193–194¹.
18. V. Voitekh. Hybrid inverter rooftop photovoltaic station control algorithm with grid generation. P. 233–234¹.
19. M. Belik, O. O. Rubanenko. Design pv system for power supply of tiny-house for refuggeres with usage pvsolpremium software. P. 203–205¹.
20. O. Karmazin, I. Ivanchenko, K. Petrenko. Comparative analysis of the use of a hybrid photovoltaic plant and an electric generator to meet the needs for electricity in the conditions of martial law. P. 200–202¹.
21. O. E. Rubanenko, E. E. Smaglo. Operation of power transformers of photoelectric installations under special conditions. P. 211–212¹.
22. D. Bondarenko. Creation of a battery with dynamic switching of cells. P. 190–192¹.
23. I. Hunko, P. Lezhniuk, V. Lysyi. Determination of power losses in electrical grids with photovoltaic stations. P. 244–245¹.
24. V. Komar, Yu. Semeniuk, N. Sobchuk. The estimation of sensitivity to meteorological parameters changes during forecasting the schedules of generation by photoelectric stations. P. 237–238¹.
25. V. Dubovik, V. Horodetskyi, V. Korovushkin, B. Gomzik. Features of forecasting photoelectric power of solar panels. P. 235–236¹.
26. I. Nechai. New technologies in the production of photo modules. P. 239–240¹.
27. M. Morozov. Description and comparison of n-type and p-type photoelectric modules. P. 218–219¹.
28. Irodakhon Gulomova, Rayimjon Aliev, Jasurbek Gulomov. N-ZNO/P-SI and N-TIO2/P-SI heterojunction solar cells. P. 220–221¹.
29. Abbosova Nozima Bakhtiyor qizi. Cascade solar cell. P. 222–223¹.
30. A. Eraliev, R. Aliev, M. Nosirov. Study of the band gap of a solar cell based on a silicon crystal by the programming method. P. 229–230¹.
31. S. Matyakh, T. Kudrya. Photoenergy potential of ukraine for the production of green hydrogen. P. 179–180¹.

¹ Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті: Матеріали XXIV міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 18–19 травня 2023 р.). К.: Інститут відновлюваної енергетики НАН України. 2023. 520 с.
За посиланням: https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/Tezy_Conferencii_2023_13_06.pdf.
DOI: <https://doi.org/10.36296/renewable.conf.18-19.05.2023>.

¹ Vidnovliuvana enerhetyka ta enerhoefektyvnist u XXI stolitti: Materialy XXIV mizhnarodnoi naukoivo-praktychnoi konferentsii (Kyiv, 18–19 travnia 2023 r.). K.: Instytut vidnovliuvanoi enerhetyky NAN Ukrainy. 2023. 516 p.
By link: https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/Tezy_Conferencii_2023_13_06.pdf.
DOI: <https://doi.org/10.36296/renewable.conf.18-19.05.2023>.