

УДК 620.91

ІНТЕРАКТИВНА КАРТА ПОТЕНЦІАЛУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ

В.Ф. Рєзцов¹, чл.-кор. НАН України, докт. техн. наук, професор, **С.В. Матях¹**, кандидат технічних наук, **О.О. Кудреватих²**

¹Інститут відновлюваної енергетики НАН України
02094 вул. Гната Хоткевича, 20А, м. Київ, Україна

²Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»
03056 пр-т Перемоги, 37, м. Київ, Україна

В роботі представлено реалізацію інтерактивної карти показників надходження сонячної енергії на території України, використання якої дозволяє оперативно визначати ефективність застосування сонячного енергетичного обладнання в зонах впровадження. Основними параметрами, що використовуються проєктувальниками об'єктів сонячної енергетики для вибору типу обладнання (сонячні теплові, фотоелектричні установки, тощо) та для встановлення їхньої оптимальної потужності для ефективного застосування в конкретній місцевості, є інтенсивність надходження сонячної радіації і температура зовнішнього повітря. Сонячне випромінювання, яке надходить на будь-яку поверхню, складається з прямої і розсіяної сонячної радіації та випромінювання, що відбивається від поверхні Землі і різних предметів, розташованих поблизу цієї поверхні. Надходження сумарної сонячної радіації змінюється протягом дня, року та з року в рік, однак, її середньорічні значення за багаторічний період досить стійкі.

Використання інтерактивної карти потенціалу сонячної енергії на території України дозволяє зробити географічну прив'язку наявних показників надходження сонячної радіації в даній місцевості (середньомісячна і середньорічна кількість прямої, розсіяної та сумарної сонячної радіації) для більшої зручності роботи з цими даними та можливістю отримання статистики за бажаний період, а також проведення розрахунків для отримання необхідних параметрів сонячного енергетичного обладнання у конкретній місцевості. Таким чином підвищується ефективність впровадження сонячного енергетичного обладнання і прискорюється визначення того, якого типу і з якими характеристиками сонячну енергетичну установку найбільш доцільно використовувати залежно від територіального розміщення, погодних умов та співвідношення прямої та розсіяної енергії сонячної радіації. Реалізація перспектив широкомасштабного впровадження систем енергопостачання за рахунок використання енергії сонячної радіації також вимагає урахування екологічних, соціальних та економічних особливостей кожного з регіонів України. Бібл. 11, рис. 5.

Ключові слова: сонячна енергія, фотоперетворювач, сонячний колектор, картографування.

INTERACTIVE MAP OF THE POTENTIAL OF SOLAR ENERGY IN UKRAINE

V. Rieztsov¹, Corresponding Member of NAS of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, **S. Matyakh¹**, Senior Researcher, **O. Kudrevatych²**

¹Institute of Renewable Energy National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv
02094, 20A Hnata Khotkevycha Street, Kyiv, Ukraine

²National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»
03056, 37 Peremohy Avenue, Kyiv, Ukraine

The work presents the implementation of an interactive map of indicators of solar energy in the territory of Ukraine, the use of which allows you to quickly determine the effectiveness of solar energy equipment in the implementation areas. The main parameters that are used by designers of objects of solar energy to select the type of equipment (solar thermal, photovoltaic plants, etc.) and to determine their optimal power for effective use in a particular area, is the intensity of solar radiation and the outdoor temperature. Solar radiation arriving at any surface consists of direct and diffuse solar radiation and radiation reflected from the surface of the Earth and various objects located near this surface. Receipts of total solar radiation change during the day, year and year after year, however, its average values over a long-term period are quite stable.

Using an interactive map of the potential of solar energy on the territory of Ukraine allows you to make a georeferencing of the available indicators of solar radiation intake in a given area (average monthly and average annual number of direct, diffuse and total solar radiation) for greater convenience of working with these data and the possibility of obtaining statistics on the desired period, and also carrying out calculations to obtain the required parameters of solar energy equipment in a particular area. Thus, the efficiency of solar energy equipment introduction increases and the determination of what type and with what characteristics a

© В.Ф. Рєзцов, С.В. Матях, О.О. Кудреватих, 2018

solar power installation is most expedient to use depends on the location, weather conditions and the ratio of direct and scattered solar radiation energy. Realizing the prospects of large-scale implementation of energy supply systems through the use of solar radiation energy also requires consideration of the environmental, social and economic features of each of the regions of Ukraine. References 11, fig. 5.

Keywords: solar energy, solar power plant, solar collector, mapping.



В. Рєзцов
V. Riezsov

Відомості про автора: чл.-кор. НАН України, докт. техн. наук, професор, заступник директора з наукових питань, завідувач відділу сонячної енергетики в Інституті відновлюваної енергетики НАН України.

Освіта: Харківський авіаційний інститут, факультет двигунів літальних апаратів, спеціальність – інженер-механік.

Наукова сфера: відновлювана енергетика.

Публікації: 306. 5 монографій, 20 патентів.

ORCID: 0000-0003-2926-1733

Контакти: +38 (044) 206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

Autor information: Corresponding Member of NAS of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director of Research, Head of Solar Energy Department, Institute of Renewable Energy of the National Academy the Sciences of Ukraine.

Education: Kharkiv Aviation Institute, Faculty of Aircraft Engine Engines, specialty – mechanical engineer.

Research area: renewable energy.

Publications: 306. 5 monographs, 20 patents.

ORCID: 0000-0003-2926-1733

Contacts: +38 (044) 206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net



С. Матях
S. Matyakh

Відомості про автора: старший науковий співробітник в Інституті відновлюваної енергетики НАН України.

Освіта: Національний технічний університет України. «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського».

Наукова сфера: сонячна енергетика, моделювання енергетичних процесів.

Публікації: 29.

ORCID: 0000-0002-1707-3519

Контакти: +38 (044) 206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

Autor information: Senior Researcher Institute of Renewable energy of NAS of Ukraine.

Education: National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute».

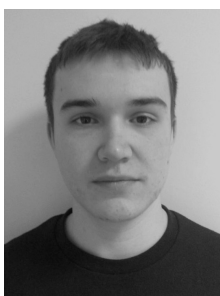
Research area: solar power engineering, simulation of energy-intensive processes.

Publications: 29.

ORCID: 0000-0002-1707-3519

Contacts: +38 (044) 206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net



О. Кудреватих
O. Kudrevatych

Відомості про автора: студент Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», бакалавр комп'ютерних наук

Наукова сфера: обробка 2D/3D графіки, інтерактивні карти.

ORCID: 0000-0002-8839-8062

Контакти: +38 (044) 206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

Autor information: student of National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», bachelor in computer science.

Research area: 2D/3D graphics, interactive maps.

ORCID: 0000-0002-8839-8062

Contacts: +38 (044) 206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

Вступ. Сонячна енергетика є одним із перспективних напрямів використання енергії відновлюваних джерел на території України. Переваги використання енергії сонячної радіації як первинного місцевого енергоресурсу, полягають у можливості використання на більшості ділянок поверхні Землі та в можливості безпосереднього перетворення енергії сонячної радіації в теплову та електричну енергію.

Основними параметрами, що використовуються у визначенні ефективності впровадження сонячних енергетичних установок, є інтенсивність надходження сонячної радіації і температура зовнішнього повітря. Сонячне випромінювання, яке надходить на будь-яку поверхню, складається з прямої і розсіяної сонячної радіації та випромінювання, що відбивається від поверхні Землі і різних предметів, розташованих

поблизу цієї поверхні. Надходження сумарної сонячної радіації змінюється протягом дня, року та з року в рік, однак, її середньорічні значення за багаторічний період досить стійкі. Змінними величинами є самі складові сумарної сонячної радіації (пряма та розсіяна сонячна радіація), причому часто збільшення однієї з величин призводить до зменшення іншої, майже не впливаючи на їхню суму. Складова прямої сонячної радіації в добовій сумі сонячної радіації, що потрапляє на горизонтальну поверхню Землі, може знаходитися в діапазоні від 90% у дуже сонячний день до 0% у дуже похмурий день [1, 2].

Питомі енергетичні показники з надходження сонячної радіації є базовими під час впровадження сонячного енергетичного обладнання і використовуються, в першу чергу, проектувальниками об'єктів сонячної енергетики для вибору типу обладнання (сонячні теплові, фотоелектричні установки, тощо) та для встановлення їхньої оптимальної потужності для ефективного застосування в конкретній місцевості.

Величина та співвідношення складових сумарної сонячної радіації необхідні для вибору типу сонячного енергетичного обладнання. В регіонах, де переважає пряма сонячна радіація, можна застосовувати сонячні колектори з концентраторами сонячного випромінювання. Розсіяне сонячне випромінювання не можна сконцентрувати за допомогою дзеркал. Якщо значна частина сонячної радіації надходить у вигляді розсіяної, тоді використовують плоскі сонячні колектори, які збирають як пряме, так і розсіяне сонячне випромінювання і можуть ефективно застосовуватися не тільки в сонячні, але й у похмурі дні. Найпоширенішим для систем гарячого водопостачання та підігріву води є вакуумний сонячний колектор, оскільки він сприймає пряму і розсіяну сонячну радіацію.

Оскільки частка розсіяної сонячної радіації в різних регіонах України досить значна, причому в холодну пору року в деяких регіонах є навіть більшою за пряму сонячну радіацію, є необхідність оперативного встановлення не тільки сумарного надходження енергії сонячної радіації, але і співвідношення прямої та розсіяної сонячної радіації в певній місцевості та в певний час.

Постановка задачі. Для підвищення ефективності проектування систем сонячного енергопостачання запропоновано реалізацію інтерактивної карти, яка дозволяє зробити географічну прив'язку наявних показників надходження сонячної радіації в заданій місцевості (середньомісячна і середньорічна кількість прямої, розсіяної та сумарної сонячної радіації) для більшої зручності роботи з цими даними та можливості отримання статистики за бажаний період, а також для проведення розрахунків з метою отримання необхідних показників сонячного енергетичного обладнання у конкретній місцевості. Використання інтерактивної карти потенціалу сонячної енергії України дає змогу ефективно якісно оцінити сонячний енергетичний потенціал у конкретній місцевості та визначити тип і параметри геліоустановок для їхнього максимально ефективного використання.

Більшість сучасних методів для розрахунку кількості сонячної радіації, що надходить до поверхні землі, ґрунтуються на табличних значеннях [1, 3, 4]. Це не дозволяє обрахувати у будь-який момент часу кількість сонячної радіації, що надходить на довільно орієнтовану поверхню. Якщо надавати користувачу можливість довільно виставляти кути нахилу обладнання до горизонту і відхилення від південного напрямку, то для розрахунків необхідно використовувати інший підхід – динамічно розраховувати кількість сонячної радіації, яка надходить на довільно орієнтовану поверхню геліоенергетичного обладнання. Для цього використовується методика, що базується на понятті сонячної константи – кількість сонячного тепла, що надходить на землю. Ця величина (сонячна константа) дорівнює 1362 Вт/м² [5].

Оскільки сумарна сонячна радіація складається з прямої і розсіяної радіації, спочатку необхідно обчислити величину кожної з них за відповідними формулами, а потім просумувати ці величини. Формула для розрахунку прямої сонячної радіації має такий вигляд [6]:

$$S_d = S_{\max} K_{at} \cos \theta, \quad (1)$$

де S_d – кількість прямої сонячної радіації; S_{\max} – сонячна константа, що дорівнює 1362 Вт/м²;

K_{at} – коефіцієнт поправки на повітряну масу, яку необхідно пройти сонячній радіації; θ – кут між сонячними променями і поверхнею обладнання.

Кут, під яким пряма сонячна радіація надходить на поверхню геліотехнічного обладнання, обраховується за формулою:

$$\cos \theta = \sin h \cos \alpha + \sin \alpha (\cos \gamma \operatorname{tang} L \sin h + \sin \gamma \cos \delta \sin \tau), \quad (2)$$

де h – кут, який визначає висоту Сонця над горизонтом в конкретний момент часу; α – кут нахилу поверхні геліотехнічного обладнання до горизонту; γ – відхилення поверхні установки від південного напрямку; L – географічна широта місцевості, де розміщене обладнання; δ – схилення Сонця; τ – часовий кут.

Для розрахунку часового кута використовується формула:

$$\tau = \frac{\pi}{12} (12 - t_s), \quad (3)$$

де t_s – сонячний час для місцевості, де розміщується обладнання. Сонячний час залежить від довготи місцевості і реального часу.

Схилення сонця розраховується за наступною формулою:

$$\delta = 23,45 \sin \frac{2\pi}{365} (284 + N), \quad (4)$$

де N – порядковий номер дня року.

Висота Сонця над горизонтом в конкретний момент часу знаходиться за формулою:

$$\sin h = \cos \tau \cos \delta \cos L + \sin \theta \sin L. \quad (5)$$

Коефіцієнт поправки на повітряну масу, яку необхідно пройти сонячним променям, визначається:

$$K_{at} = 1.1254 - \frac{0.1366}{\sin h}. \quad (6)$$

Для розрахунку кількості розсіяної сонячної радіації використовується така формула:

$$S_s = 137.1 - \frac{14.82}{\sin h}. \quad (7)$$

Просумувавши пряму S_d та розсіяну S_s сонячній радіації, отримаємо загальну кількість сонячної енергії, що надходить до геліотехнічного обладнання, розміщеного в заданих географічних координатах під кутом до горизонту α і з відхиленням від південного напрямку γ .

Таким чином, величина сумарної сонячної радіації, що надходить на поверхню, залежить також від кута нахилу цієї поверхні та від її відхилення від південного напрямку.

Кількість енергії, яку можна отримати від сонячної установки, залежить безпосередньо від типу обладнання, його оптичних характеристик для прямої та розсіяної сонячної радіації, параметрів налаштування та погодних умов [7].

Характеристики і параметри обладнання, його місце розташування, кут нахилу до горизонту та відхилення від південного напрямку, а також погодні умови, необхідні для обчислення кількості енергії, отриманої за використання геліотехнічного обладнання, враховані у формулі:

$$E = \eta V S (S_d Q_d + S_s Q_s) (1 - c / 100) / 1000, \quad (8)$$

де η – коефіцієнт корисної дії обладнання; V – номінальна потужність обладнання; S – площа робочої поверхні геліоприймача; Q_d – оптична характеристика для прямої сонячної радіації; Q_s – оптична характеристика для розсіяної сонячної радіації; c – коефіцієнт хмарності у місцевості розміщення установки.

Для розробки програмного засобу, що є інтерактивною картою для аналізу сонячного потенціалу на території України, вибрано математичні та програмні методи для дослідження сонячного потенціалу [8–10].

Інтерактивність карти полягає у можливості вибирати територію, на якій користувач може розмістити потенційне сонячне енергетичне обладнання, обирати тип установки і задавати її параметри, або використовувати уже готові шаблони з параметрами установок, вибирати кут нахилу установки до горизонту і відхилення від південного напрямку. Також користувачу надається можливість робити вибір даних за обраними

ним критеріями. Обов'язково передбачена можливість експорту цих даних у зручному для користувача форматі, а також можливість перегляду даних у графіках, діаграмах і кольорах на карті.

Для демонстрації всіх можливих сценаріїв взаємодії користувача з цією системою, представлено діаграму прецедентів (рисунок 1), що є графічним відображенням варіантів використання системи [11]. Після запуску додатку система пропонує вибирати подальші дії з таких: перегляд таблиць з даними, експорт даних, робота з шаблонами геліотехнічного обладнання, перегляд кількості енергії, отриманої з певного обладнання. У свою чергу, робота з шаблонами обладнання розширюється такими діями: розміщення шаблону обладнання на карті, додавання нового шаблону, редагування уже створеного шаблону, видалення шаблону.

Для аналізу сонячного потенціалу у різних областях було реалізовано інструменти, що дозволяють відображати на карті України середню кількість обраного типу радіації за вибрані місяці

для кожної області і її відсоток від середньої кількості сонячної радіації на всій території України. На рисунку 2 зображено вікно з параметрами налаштування діаграм для аналізу сонячного потенціалу за місяцями й областями України.

У вікні можна вибирати вид сонячної радіації та за якими місяцями здійснювати вибірку.

Після того як ми натиснемо на кнопку «Set» на цьому вікні, буде створено кругову діаграму, що відображає, яку частину з усього сонячного потенціалу України займає певна область. На карті України області, в свою чергу, зафарбовуються кольором, що відповідає кольору на діаграмі.

Разом із зафарбуванням області кольором на карті України, поряд з назвою області виводиться середня кількість вибраної радіації за вибрані місяці і її відсоток від середньої кількості сонячної радіації на всій території України.

За допомогою вищеописаних інструментів можна переглядати і аналізувати сонячний потенціал різних областей, досліджувати який вид радіації переважає в різних областях України.

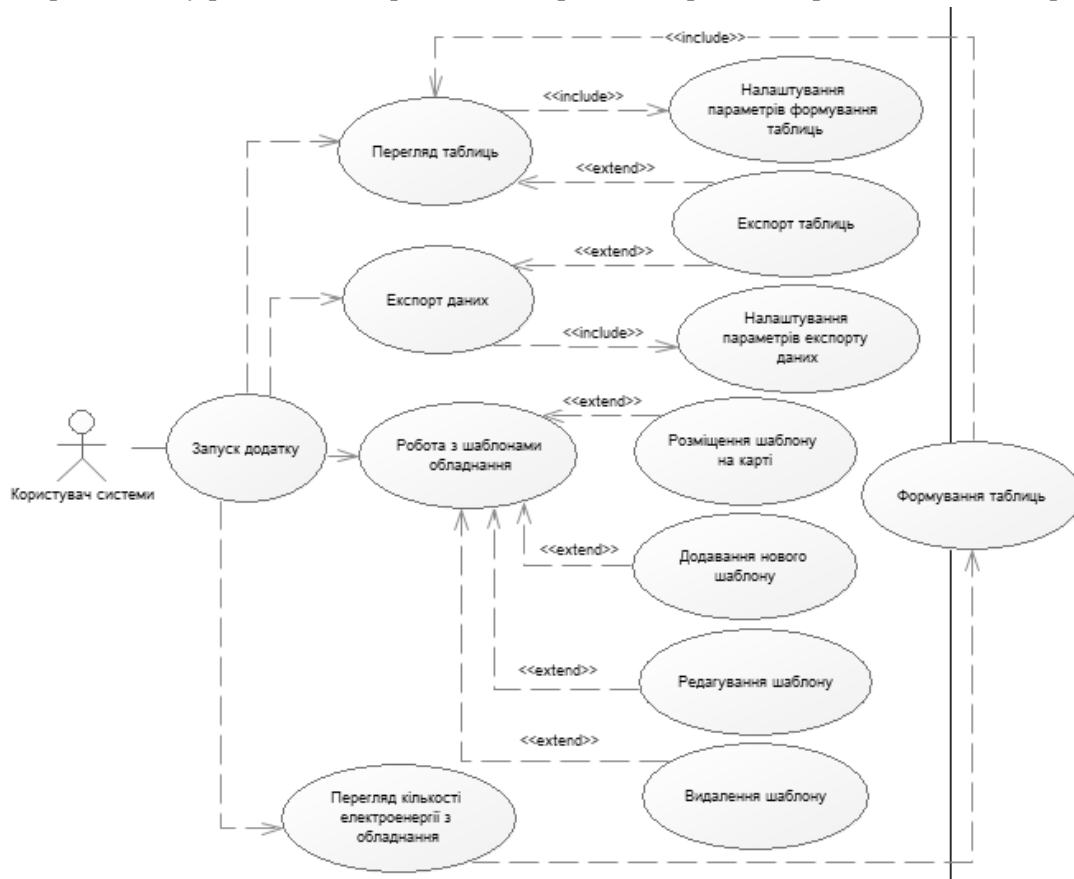


Рис. 1. Діаграма прецедентів.

Fig. 1. Diagram of precedents.



Рис. 2. Вікно параметрів для здійснення вибірок.

Fig. 2. Window of parameters for implementation samples.

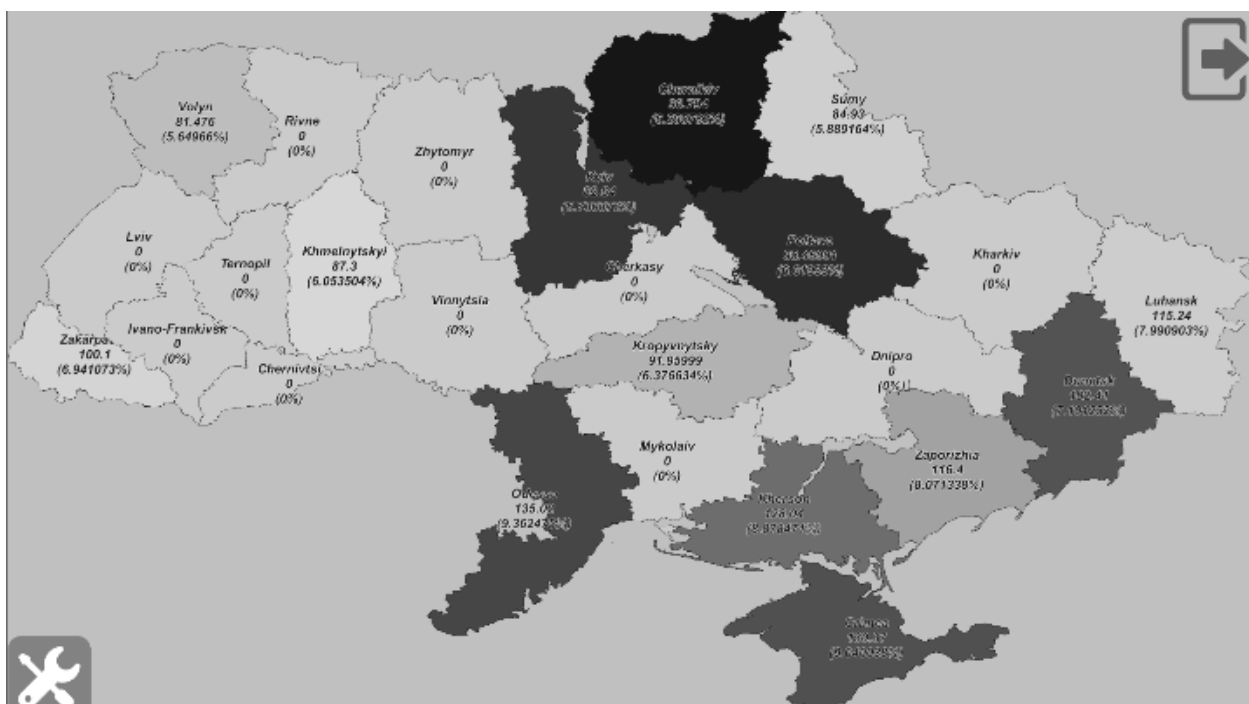


Рис. 3. Карта потенціалів прямої та розсіяної сонячної радіації.

Fig. 3. Map of potentials of direct and diffused solar radiation.

Інтерактивна карта надає можливість умовного розташування геліотехнічних установок різного типу на карті і обраховувати кількість енергії, яку можна отримати з них за вибраний проміжок часу. Додаток аналізує і робить висновок, якого типу і з якими характеристиками енергетичну установку найдоцільніше використовувати

залежно від території, погодних умов і співвідношення прямої та розсіяної енергії.

Система дозволяє користувачу вибрати готовий шаблон установки з готовими параметрами налаштування. Також реалізовані функції створення нових шаблонів і редагування або видалення тих, що вже існують.

Під час наведення на шаблон, на панелі висвітиться вікно, на якому вказані усі параметри налаштування обраного шаблону геліоустановки.

Для того, щоб розмістити геліоустановку на карті, користувачу потрібно вибрати будь-який з шаблонів і перетягнути його в те місце, де він хоче розмістити установку на карті.

Як результат, геліоустановка розміститься на карті (рисунок 4).

Під час наведення курсору миші на іконку

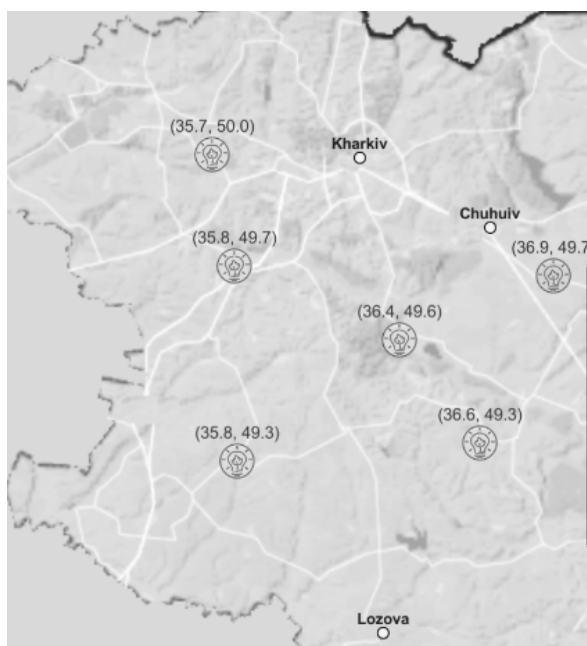


Рис. 4. Зображення геліоустановки на карті.

Fig. 4. Picture of a solar system on the map.

Після натиснення на об'єкт геліоустановки на карті, або як тільки користувач закінчить перетягування нової установки на карту, відкриється вікно з просторовою моделлю установки та з усіма параметрами, від яких може залежати кількість отримуваної енергії. Ці параметри можуть відповідати параметрам відповідного шаблону або користувач може ввести їх вручну, причому система розрахує шукані параметри установки, що відповідатимуть введеним вхідним значенням. Також через це вікно здійснюється редагування наявних шаблонів обладнання.

Усі введені дані про параметри установки та її положення зберігаються у базі даних. Це дозволяє отримувати статистичну інформацію у вигляді таблиць про всі установки на карті, їхні

установки, на карті також висвітиться панелька з параметрами налаштування обраного шаблону установки.

Оскільки в цій системі реалізована чітка прив'язка об'єктів карти до географічних координат місцевості, то об'єкт геліоустановки, який розміщено на карті, буде мати свої географічні координати. Вони надписуються червоним кольором над іконкою установки на карті (рисунок 5).



Рис. 5. Географічні координати геліоустановки.

Fig. 5. Geographical coordinates of the solar system.

географічні координати та параметри, а також кількість енергії, що може ними бути вироблена. Також є функція експорту даних, з її допомогою користувач може експортувати дані з цієї таблиці з додатку до файлу форматом .csv, який можна відкрити з допомогою програми для роботи з електронними таблицями.

Висновок. Використання інтерактивної карти потенціалу сонячної енергії на території України підвищує ефективність впровадження сонячного енергетичного обладнання і дозволяє встановити, якого типу і з якими характеристиками сонячну енергетичну установку найбільш доцільно використовувати залежно від території, погодних умов та співвідношення прямої та розсіяної енергії.

Необхідно також відзначити, що практична реалізація перспектив широкомасштабного впровадження систем енергопостачання за рахунок використання енергії сонячної радіації вимагає урахування комплексу додаткових факторів для вибору раціональних промислових площадок розміщення фотоелектричних та геліоенергетичних станцій, зокрема екологічних, соціальних та економічних особливостей кожного з регіонів України.

1. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії / Кудря С.О. – Підручник. – Київ: Національний технічний університет України («КПІ»), 2012. – 495 с.

2. Даффи У.Дж., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Под ред. Ю.Н.Малевского. – М., 1977.

3. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України. Київ: ТОВ «Віол Принт», 2008. – 55 с.

4. Рекомендации по проектированию установок солнечного горячего водоснабжения для жилых и общественных зданий. Киев: Киев ЗНИИЭП, 1987. – 119 с.

5. Вибір потужності сонячних батарей та кута нахилу панелей. СТЕМ – Інтелектуальні системи. URL: <http://sutem.com.ua/932alten.php>.

6. Кидрук М.И. Расчет потока солнечной радиации / М.И. Кидрук. – 2016. URL: <http://progress21.com.ua/ru/news/energoberegayushchie-tehnologii-v-ukraine/item/330-raschet-potoka-solnechnoj-radiatsii>

7. Петрук В.Г. Энергетичний потенціал альтернативної енергетики в Україні / В.Г. Петрук, С.С. Коцюбинська, Д.В. Мацюк // Вісн. Вінниц. політехн. ін-ту, 2007, №4. – С. 90–93. URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/5689/480.pdf?sequence=3>

8. Unity User Manual (2017.3) – 2017. URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>

9. Schildt H. С# 4.0: The Complete Reference / H. Schildt. – New York: McGraw-Hill, 2010. – 1056 с.

10. Душина Г.П., Кармазін О.О., Анякін В.М., Матях С.В. Розробка електронної карти електричних мереж при створенні комплексної електронної інтерактивної карти потенціалу ВДЕ України // Відновлювана енергетика та енергоефективність XXI століття: XVIII-а міжнар. конф., 27–29 вересня 2017р. : тези доп. м. Київ, 2017. – С. 210–213.

11. Use Case Diagrams. URL: https://www.tutorialspoint.com/uml/uml_use_case_diagram.htm

ИНТЕРАКТИВНАЯ КАРТА ПОТЕНЦИАЛА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ УКРАИНЫ

В.Ф. Рэцов¹, чл.-корр. НАНУ, **С.В. Матях¹**, канд. техн. наук, **О.О. Кудреватых²**

¹Інститут возобновляемой энергетики НАН Украины
02094 ул. Гната Хоткевича, 20А., Киев,

²Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. И. Сикорского»
03056 г. Киев, пр-т Победы, 37

В работе представлена реализация интерактивной карты показателей поступления солнечной энергии на территории Украины, использование которой позволяет оперативно определять эффективность применения солнечного энергетического оборудования в зонах внедрения.

Основными параметрами, которые используются проектировщиками объектов солнечной энергетики для выбора типа оборудования (солнечные тепловые, фотоэлектрические установки и т.д.) и для определения их оптимальной мощности для эффективного применения в конкретной местности, является интенсивность поступления солнечной радиации и температура наружного воздуха. Солнечное излучение, поступающее на любую поверхность, состоит из прямой и рассеянной солнечной радиации и излучения, отражающегося от поверхности Земли и различных предметов, расположенных вблизи этой поверхности. Поступления суммарной солнечной радиации меняется в течение дня, года и из года в год, однако, ее среднегодовые значения за многолетний период достаточно устойчивы.

Использование интерактивной карты потенциала солнечной энергии на территории Украины позволяет сделать географическую привязку имеющихся показателей поступления солнечной радиации в данной местности (среднемесячная и среднегодовая численность прямой, рассеянной и суммарной солнечной радиации) для большего удобства работы с этими данными и возможностью получения статистики по желаемый период, а также проведение расчетов для получения необходимых параметров солнечного энергетического оборудования в конкретной местности. Таким образом повышается эффективность внедрения солнечного энергетического оборудования и ускоряется определения того, какого типа и с какими характеристиками солнечную энергетическую установку наиболее целесообразно использовать в зависимости от территориального размещения, погодных условий и соотношения прямой и рассеянной энергии солнечной радиации.

Реализация перспектив широкомасштабного внедрения систем энергоснабжения за счет использования энергии солнечной радиации также требует учета экологических, социальных и экономических особенностей каждого из регионов Украины. Библ. 11, рис. 5.

Ключевые слова: солнечная энергия, гелиоустановка, солнечный коллектор, картографирование.

REFERENCES

1. Kudrya S.O. Netradyciyni ta vidnovliuvani dzherela enerhii [Unconventional and renewable energy sources]. Pidruchnyk, Kyiv, Natsionalnyi tekhnichniy universytet Ukrainy, 2012, pp. 495 (Ukr.)

2. Daffi U.Dzh., Bekman U.A. Teplovye processy s ispolzovaniem solnechnoj energii [Solar thermal processes], 1977. (Rus.)

3. Atlas enerhetychnoho potentsialu vidnovliuvanykh dzherel enerhii Ukrainy [Atlas of energy potential of renewable energy sources in Ukraine] Kyiv, 2008, pp. 55 (Ukr.)

4. Rekomendacii po proektirovaniju ustanovok solnechnogo gorjachego vodosnabzhenija dlja zhilyh i obshhestvennyh zdaniy [Recommendations for the design of solar hot water installations for

residential and public buildings] Kiev, 1987, pp. 119 (Rus.)

5. Vybir potuzhnosti soniachnykh batarei ta kuta nakhylyu panelei STEM – Intelektualni systemy [Choosing the power of solar panels and the angle of the panels. STEM – Intelligent Systems] URL: <http://sitem.com.ua/932alten.php> (Ukr.)

6. *Kidruk M.I.* Raschet potoka solnechnoj radiacii [Calculation of solar radiation flux] URL: <http://progress21.com.ua/ru/news/energoberegayushchie-tehnologii-v-ukraine/item/330-raschet-potoka-solnechnoj-radiatsii> (Rus.)

7. *Petruk V.H.* Enerhetychnyi potentsial alternatyvnoi enerhetyky v Ukraini [Energy potential of alternative energy in Ukraine] Visn. Vinnyts. politekhn. in-tu, 2007, No. 4, pp. 90–93. URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/5689/480.pdf?sequence=3> (Ukr.)

8. Unity User Manual (2017.3), 2017 URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html> (Eng.)

9. *Schildt H.* C# 4.0: The Complete Reference, New York: McGraw-Hill, 2010, pp. 1056 (Eng.)

10. *Dushyna H.P., Karmazin O.O., Aniakin V.M., Matiakh S.V.* Rozrobka elektronnoi karty elektrychnykh merezh pry stvorenni kompleksnoi elektronnoi interaktyvnoi karty potentsialu VDE Ukrainy [Development of electronic map of electric networks in creation of complex electronic interactive map of potential of RES of Ukraine] Vidnovliuvana enerhetyka ta enerhoefektyvnist XXI stolittia: XVIII-a mizhnar. konf., 27–29 veresnia 2017, tezy dop., 2017, pp. 210–213 (Ukr.)

11. UML – Use Case Diagrams. URL: https://www.tutorialspoint.com/uml/uml_use_case_diagram.htm (Eng.)

SYNOPSIS

In order to increase the efficiency of designing solar energy supply systems, an interactive map is proposed that allows geographic binding of available solar radiation data in a given area (average monthly and average annual amount of direct, diffused and total solar radiation) for greater convenience of working with these data and the possibility of obtaining statistics for the desired period, as well as conducting calculations for obtaining the required parameters of solar energy equipment for

particular locality. The use of an interactive solar power map on the territory of Ukraine increases the efficiency of the implementation of solar energy equipment and allows us to determine which type and characteristics of a solar power station are most appropriate, depending on the location, weather conditions and the ratio of direct and diffused energy of solar radiation. Practical implementation of the prospects for large-scale introduction of energy supply systems through the use of solar radiation requires the consideration of a set of additional factors for selecting rational industrial sites for the placement of photovoltaic and solar power stations, including ecological, social and economic characteristics of each of the regions of Ukraine.

РЕФЕРАТ

Для підвищення ефективності проектування систем сонячного енергопостачання запропоновано реалізацію інтерактивної карти, яка дозволяє зробити географічну прив'язку наявних показників надходження сонячної радіації в даній місцевості (середньомісячна і середньорічна кількість прямої, розсіяної та сумарної сонячної радіації) для більшої зручності роботи з цими даними та можливістю отримання статистики за бажаний період, а також проведення розрахунків для отримання необхідних параметрів сонячного енергетичного обладнання у конкретній місцевості.

Використання інтерактивної карти потенціалу сонячної енергії на території України підвищує ефективність впровадження сонячного енергетичного обладнання і дозволяє встановити, якого типу і з якими характеристиками сонячну енергетичну установку найбільш доцільно використовувати залежно від територіального розміщення, погодних умов та співвідношення прямої та розсіяної енергії сонячної радіації.

Практична реалізація перспектив широкомасштабного впровадження систем енергопостачання за рахунок використання енергії сонячної радіації вимагає урахування комплексу додаткових факторів для вибору раціональних промислових площадок розміщення фотоелектричних та геліоенергетичних станцій, зокрема екологічних, соціальних та економічних особливостей кожного з регіонів України.

Стаття надійшла до редакції 20.07.18

Остаточна версія 30.11.18