

## РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

**Нечаус Андрій Олександрович**, канд. техн. наук, доцент кафедра АЕ,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: [nechaus@ukr.net](mailto:nechaus@ukr.net), ORCID: [0000-0001-8833-0802](https://orcid.org/0000-0001-8833-0802)

**Бугай Денис Вікторович**, бакалавр,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: [denis.bugai11@gmail.com](mailto:denis.bugai11@gmail.com)

На сучасному етапі переходу на зелену енергетику, зокрема впровадження сонячних електростанцій на основі фотоелектричних панелей, використовуються автоматизовані системи проектування, які дозволяють оцінити техніко-економічний, а також, екологічний ефекти впровадження. Яскравим прикладом подібного програмного забезпечення є програма RETScreen [1]. У літературі зустрічаються приклади її використання у практичних цілях [2, 3]. В Україні на теперішній час також останніми роками різко зріс попит на встановлення сонячних електростанцій у приватних домоволодіннях, що пов'язане з загрозою порушення електропостачання. Тобто дослідження у цій галузі слід вважати актуальними.

Наявні приклади проектування сонячних електростанцій у складі мікромереж муніципальних об'єктів [4] дають основні відомості про етапи проектування сонячних електростанцій. При цьому ключовими моментами вважаються статистичні дані щодо сонячної активності у конкретній місцевості, в тому числі з використанням глобальних інформаційних кліматичних ресурсів [5], а також цінова державна політика на ринку енергетичних ресурсів.

Основними технічними питаннями при проектуванні сонячних електростанцій на основі фотоелектричних панелей є визначення загальної площі поверхні панелей, а також їх взаємне розташування, яке визначає максимально можливе споживання сонячного випромінення.

У [4], як один з критеріїв проектування використовується коефіцієнт продуктивності – показник продуктивності системи, який вказує на загальний вплив втрат на номінальну потужність сонячної панелі через її температуру, неповне використання опромінення та неефективність або відмови компонентів системи

$$K_n = \frac{E}{S_n N_n I_{n_n}} 100, \quad (1)$$

де  $E$  – енергоспоживання об'єкту (денне);  
 $S_n$  – активна площа однієї фотоелектричної панелі;

$N_n$  – кількість фотоелектричних панелей;

$I$  – сонячна радіація на похилій поверхні у кВт·год/м<sup>2</sup> на день;

$\eta_n$  – ККД сонячної панелі у %.

У розглянутих джерелах пропонується розміщувати фотоелектричні панелі на рівній основі. При цьому, якщо мова йде про приватне домоволодіння, слід враховувати наявні площі можливого розміщення панелей, які у більшості випадків є на даху окремих будівель. При цьому, також традиційно, дахи приватних будинків робляться скатними.

Усі скати дахів можна поділити на 4 типи (рис. 1):

а) трикутник;

б) прямокутник;

в) трапеція (це трикутник обрізаний по висоті);

г) прямокутник + трапеція.

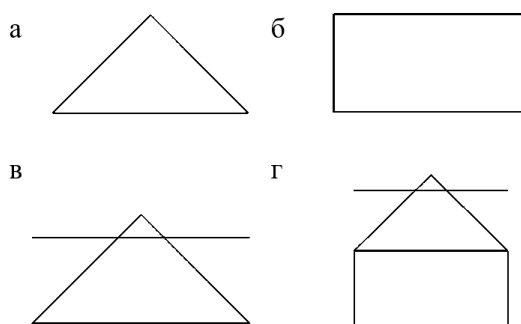


Рисунок 1 – Типи скатів дахів

В такому разі, доводиться вирішувати задачу розміщення фотоелектричних панелей на скатах різної форми з максимальним за діянням доступної площі. Для вирішення цієї задачі було розроблене програмне забезпечення.

Програма має змогу знаходити певну послідовність рядів панелей, в якій можна розмістити більше панелей ніж просто усі ряди вертикально, а останній ряд горизонтально. Як приклад, розглянемо скат трикутної форми з основою 16 м і висотою 6,6 м. На рис. 2, а можна побачити перший варіант з 19 панелями, другий (рис. 2, б) – з 21, третій (рис. 2, в) – з 21 та четвертий (рис. 2, г) – з 20 панелями.

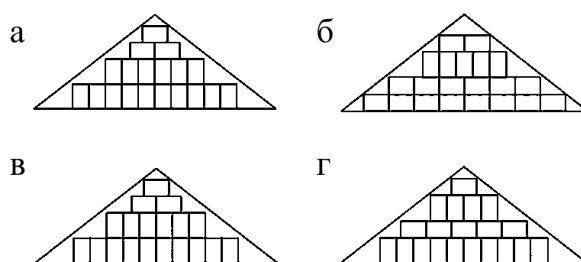


Рисунок 2 – Варіанти розміщення фотоелектричних панелей на трикутному скаті даху

Для кожного з цих варіантів програма обчислює вартість панелей та допоміжних матеріалів.

Крім того, поточна версія програмного забезпечення виконує наступні функції:

- прораховуються усі варіанти розміщення панелей, тобто кожен ряд панелей розглядається як вертикально так і горизонтально. Наприклад, 5 рядів панелей можна розмістити 32-ома способами;

- для кожного прорахованого варіанту скату, програма заносить певну кількість панелей, координати, кут нахилу та азимут відповідно до даних сайту [5], який надає відомості про сонячну активність у обраній місцевості розміщення. Потім з [5] вона завантажує дані у вигляді json та csv таблиць;

- проводиться розлучення панелей під інвертор по діапазону входу інвертора, однак можливе вирішення оптимізаційної задачі за наявності варіантів побудови масивів панелей;

- формування варіантів компонування обладнання електростанції на підставі бази даних з усім наявним товаром та цінами.

## Висновки

Запропоноване програмне забезпечення, яке дозволяє автоматизувати процес проектування сонячної електростанції на базі фотоелектричних панелей, що розміщуються на скатах дахів різної конфігурації. Застосування програмного забезпечення на практиці дозволило значно скоротити витрати часу на проектування та підбір складових сонячної електростанції, а також формування варіантів її виконання, які ранжовані за техніко-економічними показниками.

## Література

1. RETScreen. Електронний ресурс. Режим доступу - <https://natural-resources.canada.ca/maps-tools-publications/tools-applications/retscreen>.

2. Paradongan, Hendry & Hakam, Dzikri & Wiryono, Sudarso & Prahastono, Iswan & Aditya, Indra & Banjarnahor, Kevin & Sinisuka, Ngapuli & Asekomeh, Ayodele. (2024). Techno-economic feasibility study of solar photovoltaic power plant using RETScreen to achieve Indonesia energy transition. Heliyon. DOI: 10. e27680. 10.1016/j.heliyon.2024.e27680.

3. Islam, Faridul & Moni, Nazmunnahar & Akhter, Suraya. (2023). Feasibility Analysis of a 100MW Photovoltaic Solar Power Plant at Rajshahi, Bangladesh Using RETScreen Software. International Journal of Engineering and Manufacturing. 13. 1-10. DOI: 10.5815/ijem.2023.04.01.

4. Chakraborty, Suprava & Sadhu, Pradip & Pal, Nitai. (2015). Technical mapping of solar PV for ISM-an approach toward green campus. Energy Science & Engineering. DOI: 3. 10.1002/ese3.65.

5. Photovoltaic Geographical Information System. Interactive tools. Електронний ресурс. Режим доступу - [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#).