

## **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНІ РІШЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ**

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*В Україні річне надходження сонячного випромінювання перебуває на одному рівні з країнами, які активно використовують сьогодні сонячні колектори (Швеція, Німеччина, США тощо). Уся територія України придатна для розвитку систем теплопостачання з використанням сонячної енергії.*

*Генерування електроенергії дає змогу вирішити актуальні питання по енергозбереженню. Дахи громадських будівель, торговельно-розважальних центрів, супермаркетів, виробничих приміщень, залізничних вокзалів, аеропортів та інших об'єктів мають досить велику площу, тому їх можливо ефективно використовувати в якості майданчика для розміщення електростанції на сонячних фотоелектричних модулях (ФЕМ).*

*Для порівняння обрано два варіанти модулів, перший ФЕМ EnerGenie EG-SP-M300W-33V9A потужністю 300 Вт. другий ФЕМ Risen RSM72-6-330P TRI потужністю 330 Вт.*

*Запропонована конструктивна схема використання площі громадської будівлі в місті Вінниця. Проведений розрахунок фотоелектричних модулів та економічний потенціал сонячної електричної станції. Приведена розрахункова генерація станції на протязі року. Електроенергію, що виробляється за рахунок фотоелектричної станції, економічно вигідно продавати державі за «зеленим» тарифом.*

*Аналіз та розрахунки наведених даних показує, що розроблення комплексу конструктивних заходів встановлення СЕС двох варіантів на даху громадської будівлі дасть змогу ефективно використати площу покрівлі і економічно вигідно продавати електроенергію в загальну мережу по «зеленому» тарифу, що дасть змогу окупити СЕС (375 кВт) в термін до 4,5 роки, а СЕС (412 кВт) в термін до 3,2 роки.*

**Ключові слова:** громадська будівля, альтернативні джерела енергії, сонячна енергетика, сонячні фотомодулі, «зелений» тариф.

### **Вступ**

За відновлювальною енергією - майбутнє енергетики. У цьому переконується світ, і все більше в Україні. Тому все частіше використовують електричну енергію, вироблену з альтернативних джерел енергії - сонця і вітру [1-3]. Встановлення сонячних панелей на даху будівель стає популярнішим з кожним роком. Використовуючи таку енергію можна повністю або частково відмовитися від традиційних джерел енергії. Забезпечення енергетичної ефективності та впровадження енергоресурсозберігаючих технологій є стратегічною задачею для економіки України, яка базується на великому обсязі імпорту енергоресурсів [6].

Метою роботи є визначення економічної ефективності використання сонячної енергії на дахах громадських будівель.

### **Результати дослідження**

При безпосередньому проектуванні та монтажу дахової сонячної електричної станції (СЕС), обов'язковим є розрахунок економічного потенціалу СЕС на громадських будівель.

На основі аналізу існуючих методик розрахунку виробленої енергії СЕС в грошовому еквіваленті пропонується наступна формула:

$$P = P_{\text{сес}} \times K \times i_{\text{д.с.}} \times 365 \times g, \text{ (EUR. за рік),} \quad (1)$$

де  $P_{\text{сес}}$  - потужність дахової СЕС, кВт;

$K$  - коефіцієнт «зеленого» тарифу, EUR/кВт\*год;

$i_{\text{д.с.}}$  - середня тривалість випромінювання сонячної енергії за 1 день (~ 8 год), год.;

$g$  - коефіцієнт корисної дії СЕС, в залежності від географічного регіону, кліматичних характеристик, погодних умов протягом року, якості обладнання.

Значення потужності дахової СЕС ( $P_{\text{сес}}$ ) пропонується наступна послідовність розрахунку:

1. На значення потужності СЕС на пряму впливає кількість встановлених фотоелектричних модулів (ФЕМ). На основі аналізу особливостей монтажу ФЕМ на даху будівлі та виходячи з існуючих конструктивних розмірів пропонується кількість ФЕМ для дахової СЕС торговельно-розважального центру приймати з розрахунку  $5\text{ м}^2$  на 1 модуль ФЕМ (з врахуванням особливостей конструкції даху, доріжок для проходу тощо).

2. Розрахунок кількості ФЕМ, які можна встановити на даху будівлі проводиться за наступною формулою:

$$N = \frac{S_{\text{даху}}}{5}, \text{ (модулів),} \quad (2)$$

де  $S_{\text{даху}}$  - площа даху для встановлення СЕС.

3. Для обраного об'єкта - представника (рис.1), що має площу даху  $S_{\text{даху}} = 6250 \text{ м}^2$ , кількість встановлених ФЕМ, згідно формули (2) становитиме: 1250 (модулів).

4. Обираємо конструкцію ФЕМ для дахової СЕС.

Потужність стаціонарних модулів для СЕС варіюється від 270 Вт до 370 Вт. На сьогоднішній день існують модулі, які можуть змінювати кут нахилу по горизонталі (на протязі дня, відслідковуючи рух сонця) та вертикалі (в залежності від пори року, зима - літо). При цьому для них потрібно більше площі та вони набагато дорожчі, що збільшує термін окупності СЕС в 1,5 раз.

Потужність дахової СЕС визначається за формулою:

$$P_{\text{сес}} = N \times P_{\text{фем}}, \text{ (кВт),} \quad (3)$$

де  $P_{\text{фем}}$  - потужність ФЕМ.

Обираємо два варіанти для дахової СЕС на об'єкті-представнику:

1. ФЕМ EnerGenie EG-SP-M300W-33V9A потужністю 300 Вт.

2. ФЕМ Risen RSM72-6-330P TR1 потужністю 330 Вт.

Згідно формули (3) потужність СЕС становитиме:

$$P_{1\text{сес}} = 620 \cdot 300 = 186\,000 \text{ (Вт)} = 186 \text{ (кВт)}.$$

$$P_{2\text{сес}} = 620 \cdot 330 = 204\,600 \text{ (Вт)} = 204,6 \text{ (кВт)}.$$

1. При потужності дахової СЕС 375 кВт, встановлюємо 13 інверторів Ginlong Solis 30 кВт Four MPPT (Solis-30K) потужністю 30 кВт кожен.

2. При потужності дахової СЕС 412 кВт, встановлюємо 13 інверторів ACRUX-30K-TM потужністю 30 кВт кожен.

При проектуванні СЕС одним з найважливіших показників є кут нахилу модулів, який встановлюється шляхом детального аналізу інтенсивності сонячного випромінювання на протязі року.

Так, як місто Вінниця знаходиться на 50 широті для літа оптимальним нахилом ФЕМ було б 40 градусів, для зими - 60 градусів (+ або - 10 градусів від широти).

Таким чином потенціал встановлення дахової СЕС на громадській будівлі в м. Вінниця, з площею даху 620 м<sup>2</sup> становитиме:

$P_1 = 186 \times 0,163 \times 8 \times 365 \times 0,4 = 35411$  (EUR. за рік).  $P_2 = 204,6 \times 0,18 \times 8 \times 365 \times 0,4 = 43015$  (EUR. за рік). Встановлення дахової СЕС потужністю 375 кВт коштуватиме 316700 EUR. (див. табл. 1). Встановлення дахової СЕС потужністю 412 кВт коштуватиме 274770 EUR. (див. табл. 1). термін окупності СЕС розраховуємо з відношення сумарної вартості встановлення дахової СЕС до виробленої електроенергії в грошовому еквіваленті по «зеленому» тарифу за 1 рік роботи СЕС:

Термін окупності дахової СЕС встановленої на будівлі - представнику становитиме:

**Таблиця 1 Розрахунок вартості влаштування дахової СЕС**

№ п/п	Найменування обладнання	Вартість, EUR з ПДВ *	
		Дахова СЕС (186 кВт)	Дахова СЕС (204,6 кВт)
1.	Попередній аналіз	250	250
2.	Отримання ТУ, передпроектні та проектні роботи, оформлення «зеленого» тарифу та супровід усього проекту СЕС.	21 000	14 000
3.	Устаткування і матеріали (виготовлення, поставка), в тому числі*:	263 450	232 520
3.1	- сонячні панелі (RSM72-6-330P 330P)	132 720	159 720
3.2	- металоконструкції кріплення сонячних панелей	68 150	10 500
3.3	- інверторне обладнання (АСІШХ-30К-ТМ)	40 200	40 000
3.4	- додаткове обладнання та матеріали (Розподільні пристрої, система АСКОЕ, система відеоспостереження та освітлення, кабельно-провідникова продукція, електрофурнітура, будівельні та інші матеріали)	22 300	22 300
4.	Будівельно-монтажні роботи * (Включаючи пуск і налагодження обладнанн)	32 000	28 000
<b>Разом вартість СЕС</b>		<b>162700 €</b>	<b>228340 €</b>

### Висновки

Аналіз та розрахунки наведених даних показує, що розроблення комплексу конструктивних заходів встановлення СЕС двох варіантів на даху торговельно-розважального центру дасть змогу ефективно використати площу покрівлі і економічно вигідно продавати електроенергію в загальну мережу по «зеленому» тарифу, що дасть змогу окупити СЕС (186 кВт) в термін до 3,6 роки, а СЕС (204,6 кВт) в термін до 2,8 роки.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Із змінами і доповненнями, внесеними розпорядженням Міністерства палива та енергетики України від 26 березня 2008 року. - Режим доступу: [http://search.ligazakon.ua/1\\_doc2.nsf/link1/FIN38530](http://search.ligazakon.ua/1_doc2.nsf/link1/FIN38530).
2. ДБН В.2.2-23:2009. Будинки і громадські споруди.
3. Економіка довкілля і природних ресурсів [Текст]: монографія / Ю. В. Дзядикевич, Б. О. Язлюк, Р. Б. Гевко, Ю. І. Гайда [та ін.]. - Тернопіль, 2016.
4. Дзядикевич Ю.В. Методи оцінки ефективності інвестицій в енергозбереження / Ю. В. Дзядикевич, Р. І. Розум, М. В. Буряк // Інноваційна економіка. - Тернопіль. - 2011. - №2 [21].
5. Дзядикевич Ю.В. Енергетичний менеджмент. Підручник / Ю.В. Дзядикевич, Р.Б. Гевко, М.В. Буряк, Р.І. Розум. -Тернопіль: Підручники і посібники. - 2014.
6. Ефективність впровадження енергоощадних заходів в житлово-комунальному господарстві України [Текст] / О. М. Лівінський, В. П. Очеретний, В. П. Ковальський, А. С. Бойко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. - 2012. - Вип. 45. - С. 115-119.

Науковий керівник: **Очеретний Володимир Петрович** — к.т.н, доцент каф. "Будівництва, міського господарства та архітектури" Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [ocheretny@vntu.edu.ua](mailto:ocheretny@vntu.edu.ua)

**Орловський Віктор Францович** – студент групи Б-21м, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [akords@i.ua](mailto:akords@i.ua)

**Оленюк Анастасія Павлівна** — студентка групи БМ-20б, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [olenuknasta@gmail.com](mailto:olenuknasta@gmail.com)

Scientific Supervisor: **Volodymyr Petrovych Ocheretnyi** - Ph.D., Associate Professor, Department of Construction, Urban Management, and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. Email: [ocheretny@vntu.edu.ua](mailto:ocheretny@vntu.edu.ua).

**Victor Frantsovych Orlovsky** - Student of group B-21m, Faculty of Construction, Thermal Power Engineering, and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. Email: [akords@i.ua](mailto:akords@i.ua).

**Anastasiia Pavlivna Oleniuk** - Student of group BM-20b, Faculty of Construction, Thermal Power Engineering, and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. Email: [olenuknasta@gmail.com](mailto:olenuknasta@gmail.com).