

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ

УДК 620.9

DOI 10.31649/2311-1429-2018-2-194-200

**В. П. Очеретний
В. П. Ковальський
О. О. Корецький
О. В. Дмитрів****ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ДАХАХ
ТОРГОВЕЛЬНО-РОЗВАЖАЛЬНИХ ЦЕНТРІВ**

Вінницький національний технічний університет

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. Найперспективнішими регіонами країни для розвитку сонячної енергетики є Кримський півострів та степова Україна.

Генерування електроенергії дає змогу вирішити актуальні питання по енергозбереженню. Дахи торговельно-розважальних центрів, супермаркетів, виробничих приміщень, логістичних комплексів, 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.

Для варіантного порівняння обрано два варіанти модулів, перший ФЕМ EnerGenie EG-SP-M300W-33V9A потужністю 300 Вт, другий ФЕМ Risen RSM72-6-330P TR1 потужністю 330 Вт.

Запропонована конструктивна схема використання площі торгового центру в місті Ірпінь. 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.

При проектуванні сонячної електричної станції в місті Ірпінь враховано один з найважливіших показників, кут нахилу модулів, який встановлено шляхом детального аналізу інтенсивності сонячного випромінювання на протязі року.

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 (375 кВт) в термін до 4,5 роки, а СЕС (412 кВт) в термін до 3,2 роки.

Ключові слова: торговельно-розважальний центр, 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]. Найбільш популярною і доступною є саме сонячна енергія. Встановлення сонячних панелей на даху будівель стає популярнішим з кожним роком. Використовуючи таку енергію можна повністю або частково відмовитися від традиційних джерел енергії у побуті. Власна сонячна електростанція чи встановлена власна генеруюча установка дозволяє не лише економити на оплаті електроенергії, а й отримувати прибуток, віддаючи надлишки у загальну мережу по «зеленому тарифу». Станом на 2018 рік «зелений тариф» дорівнює 0,18 €/кВт[4-5]

Забезпечення енергетичної ефективності та впровадження енергоресурсозберігаючих технологій є стратегічною задачею для економіки України, яка базується на великому обсязі імпорту енергоресурсів [6].

Науково-технічний прогрес у сучасних умовах стимулює динамічний розвиток відновлювальних джерел енергії, максимально наближених до безпосередніх споживачів не тільки у високо

розвинутих країнах, але й у країнах, де відбуваються кризові явища, як це є сьогодні в Україні[7].

Метою роботи є визначення економічної ефективності використання сонячної енергії на дахах торговельно-розважальних центрів.

Результати дослідження

При безпосередньому проектуванні та монтажу дахової сонячної електричної станції (СЕС), обов'язковим є розрахунок економічного потенціалу СЕС на торговельно-розважальному центрі. На основі аналізу існуючих методик розрахунку виробленої енергії СЕС в грошовому еквіваленті пропонується наступна формула:

$$П = P_{\text{сес}} \times K \times t_{\text{д.с.}} \times 365 \times \eta, \text{ (EUR. за рік)}, \quad (1)$$

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

K – коефіцієнт «зеленого» тарифу, EUR/кВт·год;

$t_{\text{д.с.}}$ – середня тривалість випромінювання сонячної енергії за 1 день (≈ 8 год), год.;

η – 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 напряму 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 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:

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

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:

$$N = \frac{6250}{5} = 1250 \text{ (модулів)}.$$

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:

$$P_{1\text{сес}} = 1250 \cdot 300 = 375\,000 \text{ (Вт)} = 375 \text{ (кВт)}.$$

$$P_{2\text{сес}} = 1250 \cdot 330 = 412\,500 \text{ (Вт)} = 412 \text{ (кВт)}.$$

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 Ірпінь 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 торговельно-розважальному центрі в м. Ірпінь, з площею даху 6250 м^2 становитиме:

$$\Pi_1 = 375 \times 0,163 \times 8 \times 365 \times 0,4 = 71\,394 \text{ (EUR. за рік).}$$

$$\Pi_2 = 412 \times 0,18 \times 8 \times 365 \times 0,4 = 86\,618 \text{ (EUR. за рік).}$$

Встановлення дахової СЕС потужністю 375 кВт коштуватиме 316700 EUR. (див. табл. 1).

Встановлення дахової СЕС потужністю 412 кВт коштуватиме 274770 EUR. (див. табл. 1).

ермін окупності СЕС розраховуємо з відношення сумарної вартості встановлення дахової СЕС до виробленої електроенергії в грошовому еквіваленті по «зеленому» тарифу за 1 рік роботи СЕС:

$$T = \frac{K}{\Pi} \quad (4)$$

де К – одноразові витрати на влаштування дахової СЕС, що не враховують експлуатаційних поточних витрат, величини ризиків тощо; Π – енергетичний потенціал дахової СЕС в грошовому еквіваленті.

Термін окупності дахової СЕС встановленої на об'єкті – представнику становитиме:

$$T_1 = \frac{316\,700 \text{ €}}{71\,394 \text{ €}} = 4,5 \text{ (рік).}$$

$$T_2 = \frac{274\,770 \text{ €}}{86\,618 \text{ €}} = 3,2 \text{ (рік).}$$



Рисунок 1 – Об'єкт – представник ТРЦ

Таблиця 1

Розрахунок вартості влаштування дахової СЕС

№ п/п	Найменування обладнання	Вартість, EUR з ПДВ *	
		Дахова СЕС (375 кВт)	Дахова СЕС (412 кВт)
1.	Попередній аналіз (віїзд, огляд об'єкта, аналіз документів і оцінка можливості реалізації проекту) Підготовка концепції реалізації проекту і уточнення інвестицій	250	250
2.	Отримання ТУ, передпроектні та проектні роботи, оформлення «зеленого» тарифу та супровід усього проекту СЕС. (Включаючи: уточнення / оновлення вихідних даних, отримання / коригування ТУ, виготовлення проектно-кошторисної документації та її узгодження, отримання ліцензії на генерацію електричної енергії, твердження «зеленого» тарифу, підписання договору на продаж ел. енергії, технічне та юридичний супровід по проекту)	21 000	14 000
3.	Устаткування і матеріали (виготовлення, поставка), в тому числі*:	263 450	232 520
3.1	- сонячні панелі (Risen RSM72-6-330P 330W),	132 720	159 720
3.2	- металоконструкції кріплення сонячних панелей	68 150	10 500

3.3	- інверторне обладнання (ACRUX-30K-TM)	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 обладнання, навчання персоналу)	32 000	28 000
5.	Приєднання до електричних мереж ** (Включаючи плату за приєднання, обладнання та роботи)	-	-
Разом вартість СЕС		316 700 €	274 770 €
EUR/Wt		0,85 €/Wt	0,67 €/Wt
Всього вартість проекту СЕС (включаючи приєднання)		€	€
EUR/Wt		€/Wt	€/Wt

* - специфікація обладнання і обсяг СМР коригується після виконання проектних робіт.

** - визначається після виконання проекту на приєднання до мереж.

Таблиця 2

Розрахунковий дохід станцій у валюті

Місяць	Дахова СЕС (375 кВт)		Дахова СЕС (412 кВт)	
	кВт/год.	Дохід/євро	кВт/год.	Дохід/євро
Січень	13285	2165	14 587	2 625
Лютий	18644	3039	20 471	3 684
Березень	36984	6028	40 608	7 309
Квітень	45964	7492	50 468	9 084
Травень	56613	9228	62 161	11 189
Червень	54614	8902	59 966	10 793
Липень	54614	9602	52 677	9 481
Серпень	58907	9041	50 907	9 163
Вересень	39583	6452	43 462	7 823
Жовтень	30772	5016	33 787	6 081
Листопад	16286	2622	17 772	3 199
Грудень	11085	1807	12 190	2 125
Всього (при оптимальному розміщенні)	437251	71394	459056	86618

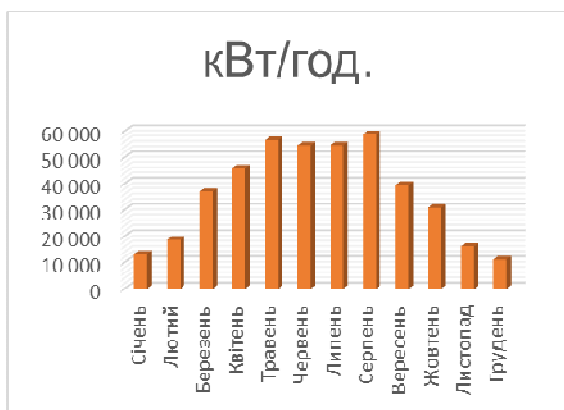


Рисунок 2 – Розрахункова генерація станції в розрізі року

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 (375 кВт) в термін до 4,5 роки, а СЕС (412 кВт) в термін до 3,2 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/l_doc2.nsf/link1/FIN38530.
2. ДБН В.2.2-23:2009. Будинки і споруди ПІДПРИЄМСТВА ТОРГІВЛІ.
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. Друкований М. Ф. Переваги застосування теплових насосів в Україні [Текст] / М. Ф. Друкований, В. П. Ковальський // Екологічна безпека та відновлювальні джерела енергії, 24-25 травня 2017 р. - Вінниця : ВНТУ, 2017. - С. 58-62. - ISBN 978-966-641-694-3.
7. 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.

REFERENCES

1. Energetychna strategija Ukrajinny na period do 2030 roku. Iz zminamy i dopovnennjamy, vnese-nymy rozporjadzhennjam Ministerstva palyva ta energetyky Ukrajinny vid 26 bereznja 2008 roku. – Rezhym dostupu: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN38530.
2. DBN V.2.2-23:2009. Budynky i sporudy PIDPRYJEMSTVA TORGIVLI.
3. Ekonomika dovkillja i pryrodnyh resursiv [Tekst]: monografija / Ju. V. Dzijadykevych, B. O. Jaz-ljuk, R. B. Gevko, Ju. I. Gajda [ta in.]. – Ternopil', 2016.
4. Dzijadykevych Ju.V. Metody ocinky efektyvnosti investycej v energozberezhennja / Ju. V. Dzijady-kevych, R. I. Rozum, M. V. Burjak // Innovacijna ekonomika. – Ternopil'. – 2011. – №2 [21].
5. Dzijadykevych Ju.V. Energetychnyj menedzhment. Pidruchnyk / Ju. V. Dzijadykevych, R. B. Gevko, M. V. Burjak, R. I. Rozum. – Ternopil': Pidruchnyky i posibnyky. – 2014.
6. Drukovanny M. F. Perevahy zastosuvannya teplovykh nasosiv v Ukrajinny [Tekst] / M. F. Drukova-nyy, V. P. Koval's'kyy // Ekolohichna bezpeka ta vidnovlyuval'ni dzherela enerhiyi, 24-25 travnya 2017 r. - Vinnytsya : VNTU, 2017. - S. 58-62. - ISBN 978-966-641-694-3.
7. Efektyvnist' vprovadzheniya enerhooshchadnykh zakhodiv v zhytlovo-komunal'nomu hospodarstvi Ukrajinny [Tekst] / O. M. Livins'kyy, V. P. Ocheretnyy, V. P. Koval's'kyy, A. S. Boyko // Visnyk Odes'koyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury. – 2012. – Vyp. 45. – S. 115-119.

Очеретний Володимир Петрович – канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури. Вінницький національний технічний університет.

Ковальський Віктор Павлович – канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури. Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com. ORCID 0000-0002-3103-6319.

Корецький Олександр Олександрович – студент, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: zhilasasha1@gmail.com.

Дмитрів Олег Вікторович – студент, Вінницький національний технічний університет, Комерційний директор компанії «Сонце дарує», Вінниця, e-mail: soncedarye@gmail.com.

V. Ocheretny
V. Kovalskyi
O. Koretsky
O. Dmytriv

DEFINING ECONOMIC EFFICIENCY USE OF SOLAR ENERGY ON ROOFS ARE TRADE-ENTERTAINING CENTERS

Vinnytsia National Technical University

In Ukraine, the annual flow of solar radiation is on par with the countries that are actively using solar collectors today (Sweden, Germany, USA, etc.). The entire territory of Ukraine is suitable for the development of heat supply systems with the use of solar energy. The most promising regions of the country for the development of solar energy is the Crimean peninsula and steppe Ukraine

Generation of electricity allows solving current energy saving issues. The roofs of shopping and entertainment centers, supermarkets, industrial premises, logistical complexes, railway stations, airports and other objects have a fairly large area, so they can be effectively used as a site for the installation of power plants on solar photovoltaic modules.

For the variant comparison two variants of modules, the first FER EnerGenie EG-SP-M300W-33V9A with the capacity of 300 W are selected. the second FEM Risen RSM72-6-330P TR1 with a power of 330 W.

The constructive scheme of using the area of the shopping center in the city of Irpin is proposed. The calculation of photovoltaic modules and the economic potential of a solar power station have been carried out. Estimated generation of the station is given during the year. The electricity produced by the photovoltaic station is economically profitable to sell to the state at a green tariff.

When designing a solar power station in the city of Irpin, one of the most important indicators, the angle of inclination of the modules is taken into account, which is established by a detailed analysis of the intensity of solar radiation during the year.

The analysis and calculations of the given data shows that the development of a set of constructive measures for the installation of SES of two variants on the roof of the shopping and entertainment center will enable to effectively use the roof area and it is economically advantageous to sell electricity to the general network under the "green" tariff, which will enable to pay SES (375 kW) in the period up to 4,5 years, and SES (412 kW) in the period up to 3,2 years.

Keywords: shopping and entertainment center, alternative energy sources, solar power, solar panels, "green" tariff.

Ocheretnyi Volodymyr – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of the Department of Construction, Municipal Economy and Architecture., Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Kovalskiy Viktor – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of the Department of Construction, Municipal Economy and Architecture., Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Koretsky Oleksandr – Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: zhilashal@gmail.com.

Dmytriv Oleh – Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Commercial director of the company «Сонце дарує», Vinnytsia, e-mail: grandlogol@gmail.com.

В. П. Очеретный
В. П. Ковальский
А. А. Корецкий
О. В. Дмытрив

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ НА КРЫШАХ ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ

Винницкий национальный технический университет

В Украине годовое поступление солнечного излучения находится на одном уровне со странами, которые активно используют сегодня солнечные коллекторы (Швеция, Германия, США и т.д.). Вся территория Украины пригодна для развития систем теплоснабжения с использованием солнечной энергии. Наиболее перспективными регионами страны для развития солнечной энергетики является Крымский полуостров и степная Украина.

Генерирование электроэнергии позволяет решить актуальные вопросы по энергосбережению. Крыши торгово-развлекательных центров, супермаркетов, производственных помещений, логистических комплексов, железнодорожных вокзалов, аэропортов и других объектов имеют достаточно большую площадь, поэтому их можно эффективно использовать в качестве площадки для размещения электростанции на солнечных фотоэлектрических модулях.

Для вариантного сравнения выбраны два варианта модулей, первый ФЭМ EnerGenie EG-SP-M300W-33V9A мощностью 300 Вт. второй ФЭМ Risen RSM72-6-330P TR1 мощностью 330 Вт.

Предложенная конструктивная схема использования площади торгового центра в городе Ирпень. Проведенный расчет фотоэлектрических модулей и экономический потенциал солнечной электростанции. Приведена расчетная генерация станции в течение года. Электроэнергию, которую производят за счет фотоэлектрической станции, экономически выгодно продавать государству по «зеленому» тарифу.

При проектировании солнечной электростанции в городе Ирпень учтено один из важнейших показателей, угол наклона модулей, установленный путем детального анализа интенсивности солнечного излучения в течение года.

Анализ и расчеты приведенных данных показывает, что разработка комплекса конструктивных мер монтажа СЭС двух вариантов на крыше торгово-развлекательного центра позволит эффективно использовать площадь кровли и экономически выгодно продавать электроэнергию в общую сеть по «зеленому» тарифу, что позволит окупить СЭС (375 кВт) в срок до 4,5 года, а СЭС (412 кВт) в срок до 3,2 года.

Ключевые слова: торгово-развлекательный центр, альтернативные источники энергии, солнечная энергия, солнечные панели, «зеленый» тариф.

Очеретный Владимир Петрович – канд. техн. наук, доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры. Винницкий национальный технический университет.

Ковальский Виктор Павлович – кандидат. техн. наук, доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры. Винницкий национальный технический университет, Винница, e-mail: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com.

Дмитриев Олег Викторович – студент Винницкий национальный технический университет. Коммерческий директор компании «Сонце дарує», Винница, e-mail: soncedarye@gmail.com.

Корецкий Александр Александрович – студент, Винницкий национальный технический университет, Винница, e-mail: zhilasasha1@gmail.com.