

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІОЕНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ В МІСТІ ОДЕСА

¹Національний університет «Одеська політехніка»

Розглянуто можливості використання геліоенергетики для енергопостачання об'єктів житлово-комунальної сфери в опалювальний сезон. Ефективність і, як наслідок, кількість отриманої енергії залежить від інтенсивності сонячного випромінювання на одиницю площі, тому для оцінки перспектив використання геліоенергетики проводилося моделювання інтенсивності сонячного випромінювання впродовж всього року і зокрема у опалювальний період. Під час моделювання сонячного випромінювання враховувалися три складові випромінювання, що потрапляють на похилу поверхню, а саме: пряму, дифузну і віддзеркалену. В розрахунках усіх складових максимально враховувалися показники, що можуть впливати на інтенсивність інсоляції. Отримані результати випромінювання порівняно з результатами інших дослідників, показали достатню адекватність отриманих значень. Для максимізації отримання сонячного випромінювання проведено вибір оптимального кута нахилу поверхні, за яким вибрано кут нахилу поверхні, що опромінюється, 50°, проте цей кут встановлення поверхні зменшує кількість сонячної радіації, що потрапляє на поверхню у літній час. Для літнього періоду оптимальним кутом є 15...20°, але оскільки метою роботи є дослідження ефективності геліоустановок в зимовий період, то для оцінки взято кут 50°. Як геліоустановку розглянуто три типи пристроїв: сонячний колектор, сонячна фотоелектрична панель та гібридний сонячний колектор. Гібридні сонячні колектори розглянуто двох типів: з переважною орієнтацією на генерацію електричної енергії та з орієнтацією на теплову енергію. За результатами оцінки кількості отриманої енергії найефективнішими є гібридні колектори з орієнтацією на теплову енергію, що в середньому дозволяють отримати на 30 % енергії більше ніж інші геліоустановки.

Ключові слова: сонячна радіація, сонячна панель, сонячний колектор, генерація енергії, гібридний сонячний колектор, ефективність використання, теплова енергія, електрична енергія.

Вступ

Складна геополітична ситуація України, змушує поступово, але суттєво зменшувати використання природного палива для отримання теплової та електричної енергії, а значні пошкодження об'єднаної енергосистеми України показують, що перспективним з погляду енергетичної незалежності є технології розподіленої генерації або автономні джерела, що можуть бути включеними у загальну мережу. Одним із найперспективніших варіантів такого виду генерації енергії на півдні країни є відновлювані джерела енергії, зокрема різновиди геліоустановок. Однак такі джерела енергії є ефективними у теплу пору року, в той час як найбільша потреба у цій енергії спостерігається саме в опалювальний період.

Метою роботи є дослідження кількості енергії, що може бути отримана від використання геліоустановок різних типів в опалювальний період у м. Одеса.

Результати дослідження

На роботу геліоустановок, а саме на їх ефективність, незалежно від типу та конструкцій головним чином впливає інтенсивність сонячного випромінювання. Значною відмінною ознакою сонячного випромінювання у порівнянні з іншими джерелами та системами перетворення енергії є складність контролю кількості енергії, що надходить на поверхню. Цей параметр є змінною у часі величиною та залежить від багатьох зовнішніх факторів.

В дослідженні використано теоретичну оцінку потенціалу енергії Сонця, яка в цілому залежить від двох основних факторів: розрахунок місця положення Сонця на небосхилі упродовж світлої

пори доби в будь-який день року та безпосередньо використовуваної моделі сонячного випромінювання. Ці дві ознаки притаманні більшості публікацій, в яких оцінюється сонячний енергетичний потенціал [2].

Оцінка сонячної радіації відбувається за методикою надходжень на похилу поверхню, і включає в себе три складові

$$Q_{inc} = S_{inc} + D_{inc} + R_{inc}, \text{ Вт/м}^2, \quad (1)$$

де S_{inc} — пряме сонячне випромінювання на похилу поверхню, Вт/м^2 ; D_{inc} — дифузне сонячне випромінювання, що надходить на похилу поверхню, Вт/м^2 ; R_{inc} — віддзеркалена від земної поверхні радіація, Вт/м^2 .

Пряме сонячне випромінювання на похилу поверхню, можна оцінити з виразу

$$S_{inc} = S_{ort} \cos \theta, \text{ Вт/м}^2, \quad (2)$$

де S_{ort} — пряме сонячне випромінювання на ортогональну променям поверхню, Вт/м^2 ; θ — кут опромінення сонячними променями поверхні, рад.

Величину прямого сонячного випромінювання на ортогональну променям поверхню можна визначити за формулою [3]

$$S_{ort} = \frac{S_0 \sin \alpha}{\sin \alpha + c}, \text{ Вт/м}^2, \quad (3)$$

де S_0 — сонячна радіація біля верхньої межі атмосфери, Вт/м^2 ; α — висота сонця, рад; c — показник прозорості атмосфери, в. о [4].

$$S_0 = S_0^* \left(1 + 0,033 \cos \left(\frac{360}{365} d \right) \right), \text{ Вт/м}^2, \quad (4)$$

де S_0^* — сонячна стала, що дорівнює 1380 Вт/м^2 ; d — порядковий номер дня, для якого проводиться розрахунок.

Висота Сонця визначається за формулою [3]

$$\sin \alpha = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega, \text{ рад}, \quad (5)$$

де φ — широта місцевості, рад; δ — кут нахилу сонця над обрієм, рад; ω — часовий кут Сонця, рад.

Кут нахилу Сонця над обрієм знаходиться так [3]:

$$\delta = \delta_0 \sin \left(360 \frac{284 + d}{365} \right), \text{ рад}, \quad (6)$$

де δ_0 — максимальний кут нахилу Сонця, що дорівнює $23,45^\circ$.

Часовий кут може бути визначений як [3]

$$\omega = 15(t - t_{noon}) + E(t) + (\psi - \psi_{area}), \text{ рад}, \quad (7)$$

де t — момент часу, для якого проводиться розрахунок, год; t_{noon} — час істинного полудня тієї зони, де розташований об'єкт, для якого проводиться розрахунок, год; $E(t)$ — рівняння часу; ψ — географічна довгота зони для якої проводиться розрахунок, рад; ψ_{area} — географічна довгота меридіальної поверхні, у якій полудень (12:00) збігається зі справжнім полуднем (найвища точка Сонця на небесному схилі), рад.

Рівняння часу має такий вигляд:

$$E(t) = 7,53 \cos(B) + 1,5 \sin(B) - 9,87 \sin(2B); \quad (8)$$

$$B = 360 \frac{d - 1}{365}. \quad (9)$$

Кут падіння прямого сонячного випромінювання на поверхню, що використовується у формулі (2), може бути визначений як [3]

$$\begin{aligned} \cos \theta = \sin \delta \sin \varphi \cos \beta - \sin \delta \cos \varphi \sin \beta \cos \gamma + \cos \delta \cos \varphi \cos \beta \cos \omega + \dots \\ \dots + \cos \delta \sin \varphi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega, \text{ рад,} \end{aligned} \quad (10)$$

де β — кут нахилу площини, для якої проводиться розрахунок, рад; γ — азимут площини для якої проводиться розрахунок, рад.

Для розрахунку дифузної сонячної радіації можуть використовуватися ізотропні та анізотропні сонячні моделі. Використання ізотропних моделей може привести до значних відхилень оцінок від реальних. Для оцінки дифузної радіації використовується модель Кларера, однак недоліком цієї моделі є те, що вона занижує оцінки надходження радіації у весняний період, і завищує у літній, при цьому відхилення не перевищує 5 % для поверхонь з кутом нахилу 60° [3].

Анізотропна модель Кларера має такий вигляд:

$$D_{inc} = D_{hor} \cos^2 \frac{\beta}{2} \left(1 + F \sin^3 \frac{\beta}{2} \right) \left(1 + F \cos^2 \theta \sin^3 \theta_z \right), \text{ Вт/м}^2, \quad (11)$$

де D_{hor} — потік сонячної радіації на горизонтальну поверхню, Вт/м²; F — моделююча функція, що характеризує покриття неба хмарами; θ_z — зенітний кут Сонця, рад.

$$F = 1 - \left(\frac{D_{hor}}{Q_{hor}} \right)^2, \quad (12)$$

де Q_{hor} — сумарна радіація на горизонтальну поверхню, Вт/м².

Потік сонячної радіації на горизонтальну поверхню, визначається за формулою [3]

$$D_{hor} = \frac{1}{3} (S_0 - S_{ort}) \sin \alpha, \text{ Вт/м}^2. \quad (13)$$

Сумарна радіація на горизонтальну поверхню, визначається як

$$Q_{hor} = S_{hor} + D_{hor}, \text{ Вт/м}^2, \quad (14)$$

де S_{hor} — пряма сонячна радіація на горизонтальну поверхню, Вт/м².

$$S_{hor} = S_{ort} \sin \alpha. \quad (15)$$

З урахуванням зміни нахилу Сонця над об'єктом, широти та часу щодо істинного полудня, зенітний кут з урахуванням сферичної геометрії визначається за формулою

$$\cos \theta_z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega, \text{ рад.} \quad (16)$$

Віддзеркалена сонячна радіація може бути знайдена за формулою

$$R_{inc} = \frac{Q_{hor} A_k (1 - \cos \beta)}{2}, \text{ Вт/м}^2, \quad (17)$$

де A_k — альbedo земної поверхні, в. о.

За цією Сонячною моделлю виконані погодинні розрахунки для кожного дня року для різних варіантів нахилу об'єкта. Середньомісячні показники добової сонячної радіації, що надходить на похилу поверхню, надані в табл. 1 (для кута нахилу площини 50°), а залежність середньодобових надходжень сонячної радіації від кута нахилу площини, що опромінюється показані на рис. 1.

Для літньої пори року найоптимальнішими є менші кути нахилу для опромінення поверхні. За результатами розрахунків різниця між 15° та 20° є досить незначною і складає всього 0,3 %.

Таблиця 1

Середньодобові надходження сонячної радіації на поверхню з нахилом 50°

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень
$Q_{inc.ad}$, Вт/м ²	4,17	5,49	7,00	7,81	7,88	7,73
Місяць	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
$Q_{inc.ad}$, Вт/м ²	7,79	7,84	7,30	6,04	4,49	3,75

Показники нахилу поверхні є адекватними і не суперечать проведеному дослідженню [6]. Проте такий кут нахилу площини за результатами розрахунків призводить в зимову пору року до змен-

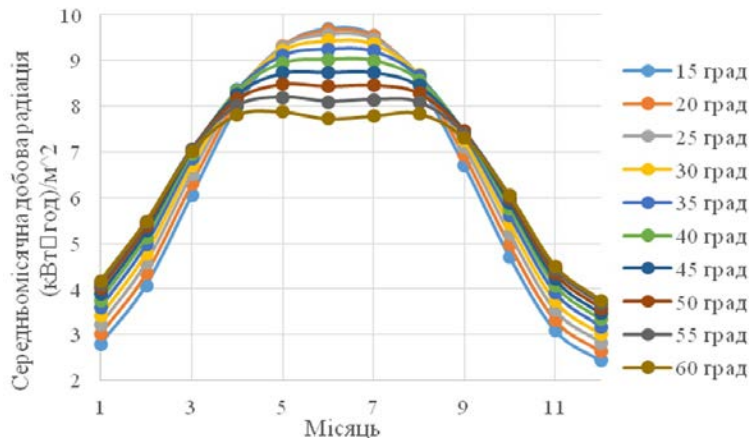


Рис. 1. Залежність середньодобових надходжень сонячної радіації від кута нахилу поверхні

шення надходжень за добу на 26 %, оскільки для зимової пори найоптимальнішими є більші кути нахилу. Позаяк основною метою є дослідження ефективності роботи геліосистем в опалювальний період, то для подальших розрахунків братимемо кут 50° . Подальше збільшення кута приводить до незначного збільшення отриманої сонячної радіації взимку, близько 4 %, проте в літню пору — значно збільшує (на 9 %). Тому для раціональнішого всесезонного використання, необхідно використовувати системи регульованого нахилу, що можуть змінювати кут нахилу в залежності

від пори року, що приведе до максимізації сонячних надходжень на одиницю площі.

Відповідно до [6] розраховані показники сонячних надходжень у опалювальний період мають достатньо малу похибку в розрахунках, однак ця похибка збільшується з наближенням до літніх місяців року.

Для встановленого як геліосистема сонячного колектора, питомий тепловий потік, що може бути переданий до системи гарячого водопостачання в кожну годину доби, може бути визначений за формулою [6]

$$Q = Q_{inc} \eta_o \eta_c \eta_1 \eta_2, \text{ Вт/м}^2, \quad (18)$$

де η_o — коефіцієнт, що враховує реальні умови хмарності, в. о; η_c — коефіцієнт корисної дії сонячного колектора, який залежить від його конструкції, в. о; η_1 — коефіцієнт, що враховує втрати тепла під час транспорту теплоносія від сонячного колектора до споживача, в. о; η_2 — коефіцієнт, що враховує втрати, зумовлені нестационарним теплообміном за мінливої хмарності, в. о.

Також в цю формулу можна ввести показник, що характеризує ступінь прозорості атмосфери, але він враховувався в розрахунку кількості сонячних надходжень на поверхню і приймався згідно з [5], а у дослідженні [6] цей коефіцієнт не враховувався, тому що не впливав на показники кількості переданої енергії.

Величина коефіцієнта η_1 коливається від 0,85 для великих централізованих систем гарячого водопостачання до 0,98 для локальних водопідігрівачів [7]. Оскільки розглядається сонячний колектор як джерело автономного енергопостачання, то величина цього коефіцієнта становить як для локальних водопідігрівачів.

ККД сонячного колектора залежить від температури навколишнього середовища, за різниці температур між теплоносієм в колекторі та навколишнього повітря, що лежить в діапазоні $20 \dots 50^\circ\text{C}$, ККД описується залежністю [6]

$$\eta_c = \eta_{c,nom} - 0,007(t_c - t_0), \text{ в. о}, \quad (19)$$

де $\eta_{c,nom}$ — паспортний ККД сонячного колектора, в. о; t_c — температура теплоносія, що циркулює в колекторі (для розрахунків береться 50°C); t_0 — середня температура навколишнього повітря впродовж розрахункового місяця, $^\circ\text{C}$.

$$t_0 = t_{ave} + 0,3A_t, \text{ }^\circ\text{C} \quad (20)$$

де t_{ave} — середньодобова температура повітря, $^\circ\text{C}$ [9]; A_t — максимальна амплітуда добових коливань температури [9].

Амплітудні значення добових коливань температури навколишнього середовища беруться за максимальними та мінімальними температурами місяців. Значення амплітуди коливання температури наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Місячні амплітуди коливання температури навколишнього середовища

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень
$A_{t,max}, ^\circ\text{C}$	22,3	21,3	21,7	20,4	20,4	19,3
Місяць	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
$A_{t,max}, ^\circ\text{C}$	18,8	19,4	21,4	21,6	21	21,4

Дані для розрахунку амплітуд розраховані за даними [9], що відображають значення клімату Одеси за останні п'ять десятиліть. З урахуванням усіх показників, кількість теплової енергії, що може бути передана до системи тепловикористання від сонячного колектора за опалувальний період наведена у табл. 3.

Таблиця 3

Кількість переданої енергії до системи тепловикористання за опалувальний період

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Жовтень	Листопад	Грудень
Q_c , кВт·год	51,5	51,9	55,0	60,0	61,9	57,2	53,4

Таким чином з 1 м^2 сонячного колектора, що опромінюється сонячною радіацією за опалувальний період, можна отримати 0,336 Гкал або 390,3 кВт·год тепла на суму близько 609,9 грн, відповідно до тарифів, встановлених Одеською міською радою на 2022/2023 рр. [10].

За встановлення як геліоустановок сонячних фотоелектричних панелей кількість енергії, що буде згенерована, безпосередньо залежить від ККД, оскільки за визначенням ККД сонячної панелі — це показник, який показує скільки сонячної енергії, що потрапила на поверхню сонячної панелі, перетворено в електричний струм [11]. Також опосередкований вплив буде мати наявність снігового покриву на сонячній панелі. За даними [12] найбільша вірогідність снігових опадів спостерігається в січні місяці, але ймовірність складає всього 4%. З урахуванням всього вищесказаного кількість енергії, що можна отримати за опалувальний сезон від сонячної панелі можна обчислити за формулою

$$W_{sp} = \eta_{sp} K_{sn} Q_{inc.ad} n_d \cdot (\text{кВт} \cdot \text{год})/\text{м}^2, \quad (21)$$

де η_{sp} — ККД сонячної панелі, що залежить від її типу, конструкції тощо, в. о; K_{sn} — коефіцієнт, що враховує ймовірність наявності снігового покриву на сонячній панелі, в. о; n_d — кількість днів розрахункового місяця, днів.

Зі встановленням монокристалічних кремнієвих сонячних панелей, які мають ККД в діапазоні від 17% для найпростіших моделей до 23%, генерація буде найбільшою, оскільки серед наявних конструкцій, розповсюджених на ринку відновлювальної енергетики, цей тип має найбільший ККД. Однак, аналізуючи моделі різних виробників, максимальний ККД, який можуть гарантувати виробники, приблизно дорівнює 20,8%, тому для розрахунків береться середній ККД, що дорівнює 18,6%. В цих розрахунках не враховувалося зменшення кількості генерації сонячної панелі за рахунок зміни її температурного режиму роботи, оскільки в наявній літературі регламентується лише зниження ККД, що пов'язане з перегрівання панелі більше ніж нормоване значення 25°C , а в дослідженні [13] встановлено, що цей режим можливий лише в квітні місяці, однак перегрів в цьому випадку є незначним. Таким чином генерована енергія за опалувальний період наведена в табл. 4.

Таблиця 4

Кількість генерованої електричної енергії сонячними панелями

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Жовтень	Листопад	Грудень
W_{sp} , кВт·год	22,20	26,87	39,09	43,68	33,06	23,25	19,83

Встановивши сонячну панель на основі монокристалічного кремнію можна отримати за опалувальний сезон $208 (\text{кВт} \cdot \text{год})/\text{м}^2$ на суму 349,4 грн за опалувальний сезон. Однак електроенергія є універсальною для використання в побутових умовах, тому використання сонячних панелей може бути раціональнішим.

Окрім сонячних колекторів та сонячних панелей, перспективним є використання гібридних со-

нячних колекторів, що можуть одночасно генерувати, як електричну так і теплову енергію. За використання як сонячного гібридного колектора Atmosfera Powervolt W 200/500, ККД фотоелектричного модуля буде складати 17,5%, а відношення генерації теплової потужності до електричної буде складати 1:1. Однак, якщо за мету поставити отримання максимальної кількості теплової енергії, то можливе використання гібридного колектора Atmosfera Powertherm M 180/750, в цьому випадку ККД фотоелектричного модуля буде 11,5%, а відношення теплової до електричної енергії 3:1. Відповідні розрахунки генерації енергії за опалювальний період подані в табл. 5.

Таблиця 5

Кількість генерованої енергії гібридними сонячними колекторами

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Жовтень	Листопад	Грудень
Atmosfera Powervolt W 200/500							
W_{sp} · кВт·год	20,89	25,28	36,78	41,10	31,10	21,87	18,65
Q_c · кВт·год	20,89	25,28	36,78	41,10	31,10	21,87	18,65
Atmosfera Powertherm M 180/750							
W_{sp} · кВт·год	13,7	16,6	24,2	27,0	20,4	14,4	12,3
Q_c · кВт·год	41,2	49,8	72,5	81,0	61,3	43,1	36,8

Таким чином за використання гібридного колектора першого типу сумарна кількість енергії, що може бути отримана, становить 195,7 (кВт·год)/м² електричної та стільки ж теплової енергії, а у разі використання другого типу — 128,6 (кВт·год)/м² електричної та 385,7 (кВт·год)/м² теплової енергії.

Однак отримана тепла енергія буде мати низькі температурні показники, що в свою чергу

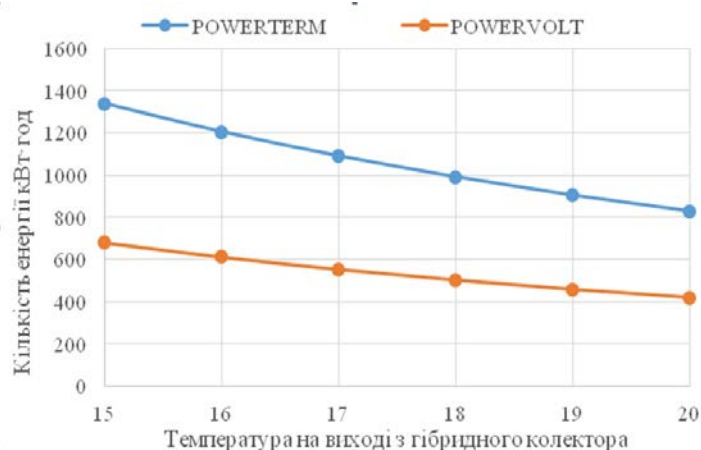


Рис. 2 Залежність вихідної температури теплоносія від енергії, що повинна бути витрачена на догрівання електричним водонагрівачем

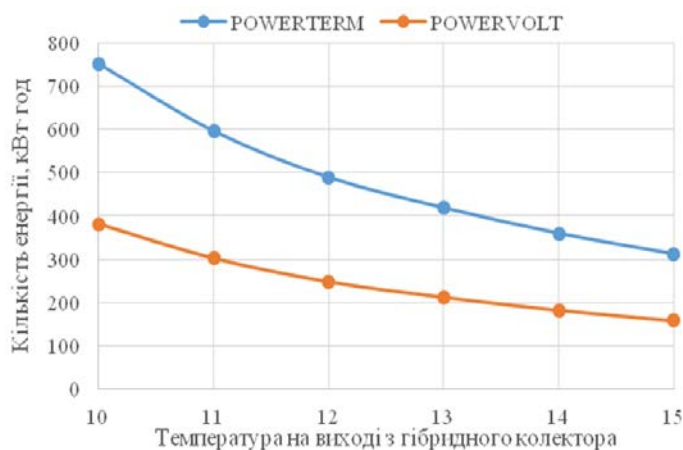


Рис. 3 Залежність вихідної температури теплоносія від енергії, що повинна бути витрачена на догрівання тепловим насосом

буде перешкоджати прямому споживанню цієї енергії. Отримана тепла енергія передається від колектора до теплоносія — води з системи централізованого водопостачання. Температура холодної води в системі водопостачання не регламентується державними стандартами, але це значення відповідно до місцевих настанов не повинно бути меншим 3 °С. З урахуванням початкової температури теплоносія та можливостей колектора з нагрівання цього теплоносія кількість енергії, що необхідна для догрівання теплоносія до температури 55 °С наведено на рис. 2. Як водонагрівач розглядався електричний водонагрівач з ККД 96 %. Також для догрівання теплоносія можливе використання рідинного теплового насосу. Залежність кількості необхідної енергії від температури на виході з колектора показана на рис. 3. Як тепловий насос використовувався насос типу B0W55, що призначений для теплового перетворення енергії ґрунтових вод, і має температуру на виході 55 °С. Кількість потрібної енергії базувалася на розрахунках об'єму теплоносія, що може бути отриманий за заданої температури. У разі визначення кількості енергії, необхідної для догрівання тепловим насосом, враховувалася зміна COP від температури теплоносія на вході теплового насосу.

Висновок

Таким чином встановлено, що в залежності від типу використання геліоустановки, їхня ефективність коливається. Найефективнішим є використання сонячного гібридного колектора, орієнтованого на генерацію теплової енергії, сумарна кількість енергії, що може бути отримана за опалувальний сезон складає 514,3 (кВт·год)/м². Приблизно однакову ефективність мають сонячний гібридний колектор, орієнтований на генерацію електричної енергії, та сонячний колектор, вони дозволяють отримувати за опалувальний сезон 391,3 (кВт·год)/м² та 390,3 (кВт·год)/м² відповідно.

Найменш ефективною геліоустановкою серед розглянутих за сумарною енергією, яку можна отримати за опалувальний сезон, є сонячна фотоелектрична панель — 208 (кВт·год)/м². Однак, враховуючи специфіку роботи гібридних сонячних колекторів, для їхнього безпосереднього використання як джерела теплової енергії, необхідне встановлення додаткових приладів, що потребують значної кількості додаткової електричної енергії. Зі свого боку такі гібридні колектори можуть задовольнити потребу в цій енергії від власної генерації лише у разі комбінації колектора, орієнтованого на генерацію електричної енергії, та теплового насоса, що значно здорожує систему.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Н. Р. Garg, and Goura Datta, "Solar radiation. Fundamentals and characteristics of solar radiation," *Renewable Energy*, vol. 3, no. 4/5, pp. 305-319, 1993.
- [2] Б. И. Басок, Б. В. Давыденко, В. Г. Новиков, и Р. Я. Сороковой, «Моделирование солнечного излучения для использования в возобновляемой энергетике и в строительной теплофизике,» *Промислова теплотехніка*, № 1, с. 44-50, 2018.
- [3] В. А. Шакиров, «Методика оценки прихода суммарной солнечной радиации на наклонные поверхности с использованием многолетних архивов метеорологических данных,» *Системы методы технологии*, № 4 (36), с. 115-121, 2017.
- [4] Г. Ф. Прихотько, А. В. Ткаченко, и В. Н. Бабиченко, *Климат Украины*. Ленинград: Гидрометеорологическое издательство Ленинград, 1967.
- [5] Н. И. Слипченко, «Экспериментальные исследования характеристик солнечной панели kV 150/24(12) в зимних условиях,» *Вестник ХПИ*, № 24, с. 86-92, 2011.
- [6] Е. В. Кравченко, В. П. Кравченко, и Е. Н. Ткачева, «Определение оптимального угла наклона солнечного коллектора в зависимости от длительности работы в течение года,» *Холодильна техніка та технологія*, № 52 (1), с. 35-41, 2016.
- [7] В. Ф. Гершкович, *Энергосберегающие системы жилых зданий*, пособие по проектированию, ч. 6, 2006, 55 с.
- [8] Б. И. Назаров, М. А. Салиев, А. Н. Махмудов, и С. Ф. Абдуллаев, «Расчёт потока суммарной радиации на наклонную плоскость солнечных приёмников в условиях аэрозольного загрязнения атмосферы,» *Доклады академии наук республики Таджикистан*, № 12, 2015.
- [9] Метеопост. *Климат Одеси* (кліматична норма). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://meteopost.com/weather/climate-normals/odessa/>. Дата звернення: Лист. 10, 2022.
- [10] Комунальне підприємство «Теплопостачання міста Одеси,» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.teplo.od.ua/2022/09/27/tarifi-2022/>. Дата звернення: Лист. 10, 2022.
- [11] Я. А. Кулик, «Розробка системи стеження за рухом сонця для підвищення ККД сонячних електростанцій,» *Вісник Національного технічного університету ХПИ. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси* № 20, с. 19-24, 2017.
- [12] Климат и средняя погода по годам в Одессе. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bit.ly/3GtncT4>. Дата обращения: Лист. 10, 2022.
- [13] М. Ю. Шабовта, і В. О. Разінков, «Оцінка енергетичних, температурних та економічних характеристик гібридних колекторів,» *Електротехнічні та комп'ютерні системи*, № 36 (112), 2022.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 14.12.2022

Разінков Владислав Олексійович — старший викладач кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту, e-mail: razinkov.v.o@op.edu.ua ;

Суворов Владислав Олегович — старший викладач кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту, e-mail: suvovov@op.edu.ua .

Національний університет «Одеська політехніка», Одеса

Prospects for the Use of Solar Energy for Energy Supply in the City of Odesa

¹National University «Odesa Politechnic»

This article considers the possibilities of using solar energy for energy supply of residential and communal facilities in the winter period of the year. The efficiency and, as a result, the amount of received energy depends on the intensity of solar radiation per unit area, therefore, to evaluate the prospects for the use of solar energy, modeling of the intensity of solar radiation throughout the year and in particular during the heating period was carried out. When modeling solar radiation, three components of radiation falling on an inclined surface were taken into account, namely: direct, diffuse and reflected components. In the calculations of all components, the indicators that can affect the intensity of insolation were taken into account as much as possible, and the obtained radiation results were compared with the models of other researchers, and showed sufficient adequacy of the obtained values. In order to maximize solar radiation, the optimal angle of the surface was selected, as a result of which the angle of the irradiated surface was chosen to be 50°, but this angle of installation of the surface reduces the amount of solar radiation reaching the surface in the summer. For the summer period, the optimal angle is 15...20°, but since the purpose of the work was to study the efficiency of solar installations in the winter period, an angle of 50° was used for evaluation. Three types of devices were considered as solar installations: solar collector, solar photovoltaic panel and hybrid solar collector. Two types of hybrid solar collectors were considered: with a predominant orientation on the generation of electrical energy and with an orientation on thermal energy. According to the results of the assessment of the amount of energy obtained, the most effective are hybrid collectors with an orientation to thermal energy, which on average allows to obtain 30 % more energy than other solar installations.

Keywords: solar radiation, solar panel, solar collector, energy generation, hybrid solar collector, efficiency of use, thermal energy, electric energy.

Razinkov Vladyslav O. — Senior Lecturer of the Chair of Power Supply and Energy Management of National, e-mail: razinkov.v.o@op.edu.ua ;

Suvorov Vladyslav O. — Senior Lecturer of the Chair of Power Supply and Energy Management, e-mail: razinkov.v.o@op.edu.ua