

ГЕОДЕЗИЧНИЙ СУПРОВІД БУДІВНИЦТВА ЖИТЛА, ПРОМИСЛОВИХ І ТРАНСПОРТНИХ ОБ'ЄКТІВ

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)

Отримано: 28.04.2026; Прийнято: 15.05.2026; Опубліковано: 30.06.2026;

УДК 620.92:621.317.38/.39]:[692.4:721]:[711:911.37]

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.02.06>

РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТУ ОСВІТЛЕНOSTІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДАХІВ БУДИНКІВ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ЗАБУДОВИ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Р. М. РУДИЙ,

доктор технічних наук, професор

E-mail: pavlinarepeta@ukr.net

ORCID: 0000-0001-8743-5151

Уманський національний університет

Ю. О. КИСЕЛЬОВ,

доктор географічних наук, професор

E-mail: kyseljov@ukr.net

ORCID: 0000-0003-0530-1892

Уманський національний університет

О. Я. КРАВЕЦЬ, *кандидат технічних наук, доцент,*

E-mail: olenakravets9@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7861-0640

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

П. М. БОРОВИК,

кандидат економічних наук, доцент

E-mail: borovikpm@ukr.net

ORCID: 0000-0001-7971-1718

Уманський національний університет

М. В. ШЕМЯКІН,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

E-mail: misha.uman@gmail.com

ORCID: 0000-0002-3621-1446

Уманський національний університет

Анотація. Використання сонячних батарей як джерела живлення не тільки для промислових підприємств, а й для приватних будівель почалося в Україні на початку 21 століття, а широке впровадження почало спостерігатись приблизно через 10 років, коли кількість домогосподарств із встановленими сонячними електростанціями стрімко зростає у зв'язку із запровадженням так званого «зеленого тарифу». Ще більше необхідність використання автономного енергозабезпечення окремих будинків назріла в зв'язку з війною.

Об'єктом даних досліджень можна вважати експозицію схилів двоскатних дахів будинків при плануванні територій населених пунктів, а метою – визначення кількості енергії світла, що надходить на скати дахів різної експозиції з розміщеними сонячними панелями.

У статті поставлене завдання на основі положень геодезичної астрономії знайти оптимальні параметри для орієнтування сонячних батарей на дахах будівель, щоб отримати максимальну кількість електроенергії. Обчислення здійснені для дня літнього сонцестояння в умовах м. Івано-Франківськ. Значення оптимального кута нахилу даху будинка взято з наявних літературних джерел. Виконане дослідження ілюструє, як орієнтація даху будівлі впливає на потенціал використання сонячної енергії. Результати розрахунків коефіцієнта сонячної енергії K та величини сонячної енергії E_s для різних варіантів орієнтації двоскатного даху дозволяють зробити відповідні висновки. Результати дослідження засвідчили, що оптимальним варіантом експозиції схилів даху з метою встановлення об'єктів малої енергетики є варіант Схід – Захід, який дає змогу отримувати максимальну кількість сонячної енергії впродовж усього світлового дня. В такому разі схил східної експозиції буде активним від сходу Сонця до полудня, а західної – від полудня до заходу Сонця. При орієнтації даху Північ – Південь південний схил даху відзначатиметься підвищеною активністю впродовж досить короткого часу близько полудня, що є недостатнім для отримання високого рівня ефективності впродовж усього світлового дня. Закономірно, що освітленість північного схилу, а отже – його ефективність при виробництві електроенергії, є найнижчою. Дахи діагональної орієнтації (північний захід – південний схід або північний схід – південний захід) дають змогу впродовж світлового дня забезпечувати рівномірне надходження сонячного світла.

Ключові слова: проектування забудови, автономне енергозабезпечення, сонячна енергетика, дах будинку, коефіцієнт освітленості.

Актуальність

При проектуванні населених пунктів розміщення невеликих, особливо приватних, будівель потребує врахування певних особливостей, серед яких значне місце може мати освітленість як усередині приміщень, так і даху, оскільки дах може використовуватися для розміщення

сонячних батарей, тобто енергозабезпечення будинку. Застосування сонячних панелей як мініелектростанцій як виробництвом, так і побутовими споживачами, розпочалося в Україні близько 25 років тому, зокрема в останнє десятиріччя завдяки впровадженню «зеленого тарифу» ця практика набула більш істотного поширення. Об'єкти української енерге-

тики відзначаються досить високим рівнем централізованості. Тому вкрай важливим є здійснення децентралізації енергетичної сфери, зокрема актуальним є масове створення об'єктів малої енергетики, в тому числі сонячних електростанцій. Нині у зв'язку з війною автономне енергозабезпечення будинків та відповідні дослідження є досить актуальними. Оскільки сонячні електростанції використовують головним чином для забезпечення енергонезалежності приватних господарств та підприємств, то сонячні панелі власники встановлюють на дахах будівель. Отже, при проектуванні забудови вказані будівлі бажано певним чином орієнтувати для отримання максимальної кількості електроенергії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Можна вважати, що початок нашого століття знаменується бурхливим розвитком сонячної енергетики. Так, у [4] розглянуто використання сонячних енергетичних систем у будівлях із наголосом на стратегіях проектування на ранніх стадіях для підвищення енергоефективності. З огляду на обмежений простір на дахах високих будівель, фасади пропонують перспективну альтернативу для виробництва сонячної енергії. Сюди входить екологічний та міський контекст, форма та орієнтація будівлі, конфігурація фасадів та специфічні для типології характеристики для житлових, офісних та будівель змішаного використання. У [14] наголошується, що в умовах добового моделювання орієнтація будівлі суттєво впливає на режими потоку повітря та ефективність вентиляції, хоча

розподіл температури поверхні залишається досить послідовним у різних орієнтаціях. На завершення, існує кореляція між орієнтацією будівлі та тепловими характеристиками, що дає рекомендації щодо проектування, які можуть покращити тепловий комфорт та сприяти енергоефективності в аналогічному житлі в майбутньому. В [15] зазначено, що геометрична форма та конфігурація даху є важливим фактором проектування.

Китайські вчені виявили прогалину серед більшості дослідницьких робіт, які ще не розкрили «геометрію даху» як визначальний фактор дизайну для виробництва фотоелектричної енергії [13]. У цьому дослідженні автори перевірили свою гіпотезу, вивчаючи та порівнюючи баланс збору сонячної енергії і споживання та економії енергії завдяки неконтрольованому проникненню денного світла, відблисків, а також сонячного теплового навантаження різних геометричних форм дахів у субтропічному кліматі. У [7] наведені дослідження з визначення умов інсоляції та вибору оптимальної орієнтації житлових будинків з урахуванням широти місцевості Полтави. В зазначеній праці наголошується, що в наш час відбувається перехід від будівництва за типовими проектами до індивідуального проектування та продовжується процес ущільнення житлової забудови в містах шляхом нового будівництва в історично забудованих районах. Ущільнення та збільшення кількості поверхів неминуче погіршує інсоляцію в житлових кімнатах існуючих будинків через додаткове затінення їх вікон, що призводить до зменшення тривалості інсоляції. Особливого значення набуває фактор раціонального планування території та оптималь-

ної орієнтації будинку за сторонами світу, правильний вибір поверхів та конфігурації в плані. У [8] подано результати, що виконані в Австралії, яка отримує сонячної радіації на рік приблизно в 1000 разів більше, ніж загальний обсяг виробництва енергії. Сонячні фотоелектричні системи на дахах можуть забезпечити значну частку загальної енергії країни. Архітектурний дизайн та орієнтація дахів мають значний вплив на енергоефективність сонячних систем на дахах. Однак ці аспекти отримали недостатню увагу в академічній літературі.

У праці [9] з метою практичного обґрунтування досліджується естетичний дизайн п'яти типових схем проектування дахів (включаючи плоский, односхилий, двосхилий, вальмовий /чотирихилий/ та дах-метелик) для порівняння енергії, що виробляється сонячними системами, встановленими на кожному проекті. Встановлено, що оптимальний кут нахилу становить близько 35°, що майже дорівнює географічній широті досліджуваного місця; та конструкція односхилого даху забезпечує максимальний потенціал для виробництва сонячної енергії порівняно з іншими схемами проектування дахів. У праці [11] на прикладі тогочасного Заставнівського району Чернівецької області обґрунтовано методологію ефективного використання земельних ресурсів для розвитку сонячної енергетики на основі дистанційного зондування Землі та ГІС-технологій. У [3] наведені результати моделювання процесів поглинання сонячної енергії певними ділянками землі. У [1; 5] наводяться розрахунки кількісного значення енергії сонячного випромінювання для земельних ділянок в Івано-Франківській області, вико-

нані за двома методиками, які можуть бути використані для розв'язування нашої задачі. Досліджуваний нами регіон є також об'єктом роботи [10], присвяченої геоінформаційну моделюванню рівня інсоляції. ГІС-технології було використано в одній із попередніх праць авторів для вивчення зсувних процесів [6].

У цілому можна вважати, що поставлена нами проблема розв'язується, головним чином, експериментальними методами, а питання отримання кількісних значень на основі теоретичних положень належним чином не висвітлене.

Метою статті є обґрунтування оптимальної експозиції схилів двоскатного даху з урахуванням висоти Сонця над горизонтом.

Завдання статті:

- на основі положень геодезичної астрономії обчислити коефіцієнти освітленості двоскатного даху будинку залежно від просторової орієнтації скату, висоти Сонця над горизонтом і азимуту схилу;

- вирахувати кількість сонячної енергії, отримуваної поверхнею даху залежно від просторової орієнтації;

- визначити оптимальну просторову орієнтацію двоскатного даху будинку.

Об'єктом даних досліджень можна вважати орієнтування дахів будівель при проектуванні забудови населених пунктів, а предметом – об'єкти кількості світлової енергії, що потрапляє на схили даху з розміщеними сонячними батареями.

Матеріали і методи дослідження

Матеріалом для проведення дослідження слугує двоскатний дах

будинку певної експозиції. В ході дослідження застосовано логічні методи (порівняння, узагальнення), експериментальний, математичний (розрахунковий).

Експериментальні розрахунки

Кількість сонячної енергії E_c , яка потрапляє на поверхню даху, визначається за формулою [2]:

$$E_c = E_o \cdot K \quad (1)$$

де E_o – сонячна стала. Вона характеризує інтенсивність сонячного випромінювання та залежить від місця розташування, погодних умов, часу. Сонячна стала характеризує кількість сонячної енергії та вимірюється в кВт·год/м² за певний період, тобто годину, день, рік. K – коефіцієнт сонячної енергії, яку отримує поверхня даху залежно від своєї експозиції (азимута) A та кута нахилу i . За його значенням виконується порівняльний аналіз.

Коефіцієнт K є косинусом кута між нормаллю до поверхні даху та напрямом на Сонце [2; 12]:

$$K = \cos H \cdot \sin i \cdot \cos (180 - A \pm \pm \cos^{-1} \frac{\sin \varphi \cdot \sin H - \sin \alpha}{\cos \varphi \cdot \cos H}) + \sin H \cdot \cos i \quad (2)$$

- де H – висота Сонця;
- i – кут нахилу даху;
- A – експозиція (азимут) даху;
- φ – географічна широта місця спостереження;

δ – схилення Сонця.

Наведені нижче розрахунки, виконані для дня літнього сонцестояння 22 червня, коли максимальна висота Сонця H над горизонтом на широті $\varphi = 49^\circ$ (м. Івано-Франківськ) в полудень дорівнює 64° , схилення Сонця $\delta = 23,5^\circ$. Щодо кута нахилу даху i , то з літературних джерел відомо, що оптимальний кут нахилу даху будівлі для географічних широт України $44-52^\circ$, складає приблизно 40° [1; 5].

У формулі (2) знак « \rightarrow » перед косинусом приймають для розрахунків коефіцієнта K до полудня, а знак « \leftarrow » – після полудня.

Результати обчислення коефіцієнта сонячної енергії K для варіантів орієнтування двоскатного даху, поданих на рис. 1, зведено в табл. 1-4.

Середнє значення коефіцієнта K від сходу Сонця і до полудня на східному схилі складає 0,87417522, що відповідає величині сонячної енергії $E_c = 1,19$ кВт·год/м² (рис. 1а; табл. 1). Аналогічний результат для західного схилу в інтервалі часу від полудня до заходу Сонця.

Середнє значення коефіцієнта K від сходу Сонця і до заходу на північному схилі складає 0,410304, що відповідає величині сонячної енергії $E_c = 0,56$ кВт·год/м² (рис. 1б; табл. 2).

Середнє значення коефіцієнта K від сходу Сонця і до заходу на південному схилі складає 0,457668, що відповідає величині сонячної енергії

1. Коефіцієнт сонячної енергії K для орієнтації даху а) (східний і західний схил)

Азимут схилу, А	Висота Сонця, H										
	10°	20°	30°	40°	50°	64°	50°	40°	30°	20°	10°
	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
Сх. 90°	0,710596	0,849841	0,93908	0,978934	0,966136	0,800463	0,207512	0,005874	0	0	0
Зх. 270°	0	0	0	0,005874	0,207512	0,800463	0,966136	0,978934	0,93908	0,849841	0,710596

2. Коефіцієнт сонячної енергії К для орієнтації даху б) (північний і південний схил)

Азимут схилу, А	Висота Сонця, Н										
	10°	20°	30°	40°	50°	64°	50°	40°	30°	20°	10°
	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К
Пн. 0°	0,392108	0,400889	0,409129	0,416576	0,423005	0,429929	0,423005	0,416576	0,409129	0,400889	0,392108
Пд. 180°	0	0,123116	0,356915	0,568231	0,750643	0,947104	0,750643	0,568231	0,356915	0,123116	0

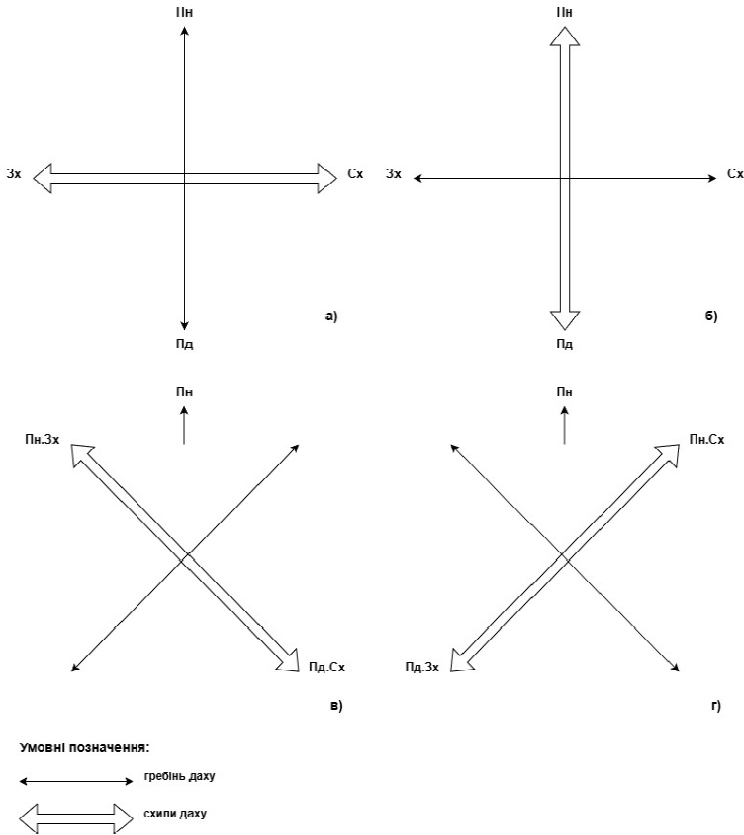


Рис. 1. Варіанти орієнтації двоскатного даху

$E_c = 0,62 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$ (див. рис. 1б; табл. 2).

Середнє значення коефіцієнта К від сходу Сонця до полудня на південно-східному і від полудня до заходу Сонця на північно-західному схилах складає 0,742409, що відповідає величині сонячної енергії $E_c =$

$1 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$ (рис. 1в; табл. 3).

Середнє значення коефіцієнта К від сходу Сонця до полудня на північно-східному і від полудня до заходу Сонця на південно-західному схилах складає 0,742409, що відповідає величині сонячної енергії $E_c = 1 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$ (рис. 1г; табл. 4).

3. Коефіцієнт сонячної енергії К для орієнтації даху в) (північно-західний і південно-східний схил)

Азимут схилу, А	Висота Сонця, Н										
	10°	20°	30°	40°	50°	64°	50°	40°	30°	20°	10°
	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К
Пд.Сх 135°	0,358228	0,579459	0,757754	0,890051	0,970876	0,950524	0,434448	0,201993	0	0	0
Пн.Зх 315°	0	0	0,00829	0,094757	0,202772	0,584825	0,739201	0,782815	0,794675	0,775875	0,72463

4. Коефіцієнт сонячної енергії К для орієнтації даху г) (північно-східний і південно-західний схил)

Азимут схилу, А	Висота Сонця, Н										
	10°	20°	30°	40°	50°	64°	50°	40°	30°	20°	10°
	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К
Пн.Сх 45°	0,72463	0,775875	0,794675	0,782815	0,739201	0,584826	0,202772	0,094757	0,00829	0	0
Пд.Зх 225°	0	0	0	0,201993	0,434448	0,950524	0,970876	0,890051	0,757754	0,579459	0,358228

Результати та їх обговорення

Виконане дослідження наочно ілюструє, як орієнтація даху будівлі впливає на потенціал використання сонячної енергії. Результати розрахунків коефіцієнта сонячної енергії К та величини сонячної енергії Ес для різних варіантів орієнтації двоскатного даху дозволяють зробити такі висновки.

1. Перший варіант Схід-Захід характеризується максимальною ефективністю: східний (90°) та західний (270°) схили отримують найбільше сонячної енергії. Це пояснюється тим, що на них потрапляє пряме сонячне проміння під найбільш вигідним кутом у піковий час (ранішні години для сходу, вечірні – для заходу). При цьому середнє значення отримуваної величини сонячної енергії Ес складає 1,19 кВт·год/м².

2. Другий варіант Північ-Південь виявився не таким ефективним. У нашому випадку південна сторона (180°

показала результат майже в 2 рази гірший за схід-захід (Ес = 0,62 кВт·год/м²). Це пояснюється тим, що на південному схилі менша тривалість періоду максимальних коефіцієнтів сонячної енергії К порівняно зі східним чи західним схилом (див. табл. 1-2).

Мінімальна ефективність північного схилу (0°), для якого Ес = 0,56 кВт·год/м² є очікуваною, оскільки цей схил отримує переважно розсіяне світло.

Діагональне орієнтування даху передбачає такі два варіанти: південний схід-північний захід та північний схід-південний захід. Тут схили розгорнуті під кутом 45° до основних осей (азимуту 45°, 135°, 225°, 315°).

3. У першому випадку південний схід (135°) від сходу Сонця до полудня, а північний захід (315°) від полудня до заходу Сонця забезпечують отримання приблизно однакової кількості сонячної енергії – близько 1,0 кВт·год/м².

5. Результати дослідження

	Орієнтація даху	Період доби	Середнє значення коефіцієнта К за день	Середнє значення сонячної енергії Ес за день, кВт·год/м ²	Сумарне значення сонячної енергії Ес за день, кВт·год/м ²		Характеристика
1	Схід	схід Сонця –полудень	0,874	1,19	9,52	19,04	Максимальна ефективність
	Захід	полудень – захід Сонця	0,874	1,19	9,52		Максимальна ефективність
2	Північ	схід Сонця – захід Сонця	0,410	0,56	8,96	18,88	Мінімальна ефективність
	Південь	схід Сонця – захід Сонця	0,458	0,62	9,92		Недостатня ефективність
3	Південний схід	схід Сонця –полудень	0,751	1,02	8,16	16,16	Рівномірність
	Північний захід	полудень – захід Сонця	0,734	1,00	8		Рівномірність
4	Північний схід	схід Сонця –полудень	0,734	1,00	8	16,16	Рівномірність
	Південний захід	полудень – захід Сонця	0,751	1,02	8,16		Рівномірність

4. У другому випадку північний схід (45°) від сходу Сонця до полудня, а південний захід (225°) від полудня до заходу Сонця, показали схожий результат – 1,02 кВт·год/м².

Це вказує на те, що таке орієнтування даху можна рекомендувати для стабільної генерації електроенергії в автономних системах, де важливо мати рівномірний приплив енергії впродовж усього світлового дня, без екстремальних піків та провалів.

У табл. 5 наведено порівняння отриманих результатів.

Висновки

Згідно з отриманими результатами дослідження, найефективнішим варіантом орієнтації двоскатного даху для подальшого встановлення сонячних батарей є варіант Схід – Захід, оскільки він дозволяє забезпечити максимальний виробіток сонячної енергії впродовж світлового дня. При цьому східна сторона даху буде «працювати» від сходу Сонця до полудня, а західна, від-

повідно, від полудня до заходу Сонця.

Щодо орієнтації даху Північ – Південь, то результати вказують, що південний схил даху матиме досить короткочасний пік (кілька годин) близько полудня, коли коефіцієнт освітленості буде максимальним, що є недостатнім для високого рівня ефективності впродовж усього світлового дня. Північний схил очікувано має найнижчий рівень освітленості й, відповідно, найнижчу ефективність.

Обидва варіанти діагональної орієнтації дозволяють забезпечити рівномірне надходження сонячної енергії впродовж світлового дня. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні забудови населених пунктів. Наведені результати приблизно збігаються з [5], але є кількісними і теоретично обґрунтованими.

Подальші дослідження порушеної нами проблеми можуть бути пов'язані з визначенням величин інсоляції куполоподібного та плоского даху залежно від висоти Сонця над горизонтом та широти місцевості, а також

апробацією результатів нашого дослідження на реальних територіях із застосуванням ГІС-технологій.

Список використаної літератури

1. Де винайшли сонячні панелі. URL: <https://www.ecotech.ua/de-vynajshly-sonyachni-paneli/> (дата звернення: 27.04.2026).
2. Кравець О. Я. Вплив рельєфу земної поверхні на гідрологічні та ерозійні процеси в Прикарпатті. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Львів, 2006. 20 с.
3. Левченко О. М., Шинкаренко Г. А. Моделювання процесів поглинання сонячної енергії ділянками реальної місцевості. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2003. Вип. 63. С. 241–245. URL: <https://science.lpnu.ua/istcgcap/all-volumes-and-issues/volume-63-2003/modeling-solar-energy-absorption-processes-real> (дата звернення: 27.04.2026).
4. Маковецький Б. І., Дяченко О. С., Трошин М. Ю. Розробка методики обстеження технічного стану дахів житлових будинків для розташування електричних сонячних батарей. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2024. № 1 (1). С. 99–129. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.99.1029>.
5. Оцінка енергії сонячного випромінювання. URL: <http://eco-electrics.com.ua> (дата звернення: 27.04.2026).
6. Рудий Р. М., Кисельов Ю. О., Кравець О. Я. До аналізу зсувних процесів на території Національного дендрологічного парку «Софіївка» з використанням ГІС-технологій. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 2. С. 130–133. DOI: <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2020-2-130-133>.
7. Юрін Ю., Зигун А., Галінська Т., Аврменко Ю. Визначення умов інсоляції та вибір оптимальної орієнтації житлових будинків. *Галузеве машинобудування, будівництво*. 2021. № 1 (56). С. 87–97. DOI: <https://doi.org/10.26906/znp.2021.56.2512>.
8. Ebhota W. S., Tabakov P. Y. Roof orientation as a determinant of solar PV efficiency in sustainable smart city development. *Journal of Umm Al Qura University for Engineering and Architecture*. 2026. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43995-025-00275-1>.
9. Hamidi S., Asfour O. S. Design strategies for building integrated photovoltaics in high rise buildings: a systematic review. *Architecture*. 2025. Vol. 5, No. 4. P. 118. DOI: <https://doi.org/10.3390/architecture5040118>.
10. Kasiyanchuk D., Kuzmenko E., Tymkiv M., Vitiuk A. Geo-information modelling of the insolation level within Ivano-Frankivsk region. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 27, 2. 2018. P. 222–231. DOI: <https://doi.org/10.15421/111847>.
11. Kereush D., Perovych I. Determining criteria for optimal site selection for solar power plants. *Geomatics, Landmanagement and Landscape*. 2017. Vol. 4. P. 39–54. DOI: <http://dx.doi.org/10.15576/GLL/2017.4.39>.
12. Kyselov Yu. O., Rudyi R. M., Kravets O. Ya., Borovyk P. M., Parakhnenko V. H. To the consideration of territory relief features in the land cadastre. *Geodesy, Cartography and Aerial Photography*. 2025. Vol. 101. P. 35–43. DOI: <https://doi.org/10.23939/istcgcap2025.101.035>.
13. Li H. X., Zhang Y., Edwards D. et al. Improving the energy production of rooftop solar PV systems through roof design. *Building Simulation*. 2020. Vol. 13, No. 2. P. 475–487. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12273-019-0585-6>.
14. Manani R., Nursaniah C., Caesarina I. The influence of building orientation on thermal performance in Palapa Village housing, Lhokseumawe. *International Journal of Architecture, Arts and Applications*. 2026. Vol. 12, No. 1. P. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.11648/j.ijaaa.20261201.11>.
15. Miao Y., Liu P., Fu I. C. S., Lei Q., Lau S. S. Y.,

Tao Y. The study of architectural geometry and shape in the energy balance of glazed roofs. *Buildings*. 2022. Vol. 12, No. 10. P. 1550. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings12101550>

References

1. De vynajshly soniachni paneli [Where solar panels were invented]. (n.d.). Available at: <https://www.ecotech.ua/de-vynajshly-sonyachni-paneli/>
2. Kravets, O. Ya. (2006). Vplyv rel'iefu zemnoii poverkhni na hidrohichni ta eroziini protsesy v Prykarpatti [The influence of the land surface relief on hydrological and erosion processes in Pre-Carpathian region]. Autoref. Cand. Tech. sciences. Lviv.
3. Levchenko, O. M., & Shynkarenko, H. A. (2003). Modeliuvannya protsesiv pohlynnannya soniachnoi enerhii dliankamy realnoi mistsevosti [Modeling solar energy absorption processes for real terrain areas]. *Heodeziia, kartohrafiia i aerofotozнимання*, 63, 241–245. Available at: <https://science.lpnu.ua/istcgcap/all-volumes-and-issues/volume-63-2003/modeling-solar-energy-absorption-processes-real>
4. Makovetskyi, B. I., Diachenko, O. S., & Troshyn, M. Yu. (2024). Rozrobka metodyky obstezhennia tekhnichnoho stanu dakhiv zhytlovykh budynkiv dlia roztashuvannya elektrychnykh soniachnykh bateri [Development of a methodology for assessing roof condition for solar panel placement]. *Ukrainskyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury*, 1(1), 99–129. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSA-CEA.2312.270224.99.1029>
5. Otsinka enerhii soniachnoho vyprominiuvannya [Assessment of solar radiation energy]. (n.d.). Available at: <http://eco-electrics.com.ua>
6. Rudyi, R. M., Kyselov, Yu. O., & Kravets, O. Ya. (2020). Do analizu zsvnykh protsesiv na terytorii Natsionalnoho dendrohichnoho parku "Sofiivka" z vykorystanniam HIS-tekhnologii [Analysis of landslide processes in Sofiivka park using GIS technologies]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 2, 130–133. DOI: <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2020-2-130-133>
7. Yurin, Yu., Zyhun, A., Halinska, T., & Avramenko, Yu. (2021). Vyznachennia umov insoliatsii ta vybir optymalnoi oriientsatsii zhytlovykh budynkiv [Determining insolation conditions and optimal building orientation]. *Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo*, 1(56), 87–97. DOI: <https://doi.org/10.26906/znp.2021.56.2512>
8. Ebhota, W. S., & Tabakov, P. Y. (2026). Roof orientation as a determinant of solar PV efficiency in sustainable smart city development. *Journal of Umm Al Qura University for Engineering and Architecture*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43995-025-00275-1>
9. Hamidi, S., & Asfour, O. S. (2025). Design strategies for building integrated photovoltaics in high rise buildings: A systematic review. *Architecture*, 5(4), 118. DOI: <https://doi.org/10.3390/architecture5040118>
10. Kasiyanchuk, D., Kuzmenko, E., Tymkiv, M. & Vitiuk, A. (2018). Geo-information modelling of the insolation level within Ivano-Frankivsk region. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 27, 2, 222–231. DOI: <https://doi.org/10.15421/111847>
11. Kereush, D., & Perovych, I. (2017). Determining criteria for optimal site selection for solar power plants. *Geomatics, Landmanagement and Landscape*, 4, 39–54. DOI: <http://dx.doi.org/10.15576/GLL/2017.4.39>
12. Kyselov, Yu. O., Rudyi, R. M., Kravets, O. Ya., Borovyk, P. M., & Parakhnenko, V. H. (2025). To the consideration of territory relief features in the land cadastre. *Geodesy, Cartography and Aerial Photography*, 101, 35–43. DOI: <https://doi.org/10.23939/istcgcap2025.101.035>

13. Li, H. X., Zhang, Y., Edwards, D., et al. (2020). Improving the energy production of roof-top solar PV systems through roof design. *Building Simulation*, 13(2), 475–487. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12273-019-0585-6>
14. Manani, R., Nursaniah, C., & Caesarina, I. (2026). The influence of building orientation on thermal performance in Palapa Village housing, Lhokseumawe. *International Journal of Architecture, Arts and Applications*, 12(1), 1–16. DOI: <https://doi.org/10.11648/j.ijaaa.20261201.11>
15. Miao, Y., Liu, P., Fu, I. C. S., Lei, Q., Lau, S. Y., & Tao, Y. (2022). The study of architectural geometry and shape in the energy balance of glazed roofs. *Buildings*, 12(10), 1550. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings12101550>
-

Rudyi R., Kyselov Yu., Kravets O., Borovyk P., Shemiakin M.

CALCULATION OF THE ILLUMINANCE COEFFICIENT AND ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS IN THE DESIGN OF URBAN DEVELOPMENT.

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 2'26: 89-99.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.02.06>

Abstract. *Abstract. The use of solar panels as a source of energy supply, not only for industrial enterprises but also for private buildings, began in Ukraine in the early twenty-first century. Widespread adoption became evident approximately a decade later, when the number of households equipped with solar power systems increased rapidly following the introduction of the so-called “green tariff”. The necessity for autonomous energy supply for individual houses has become even more acute in the context of the ongoing war.*

The object of this research may be considered the aspect (orientation) of the slopes of gable roofs in the spatial planning of residential areas, while the aim is to determine the amount of solar radiation incident on roof surfaces of different orientations equipped with photovoltaic panels.

The article sets the task, based on the principles of geodetic astronomy, of determining optimal parameters for the orientation of solar panels installed on building roofs in order to maximise electricity generation. The calculations were performed for the day of the summer solstice under the conditions of the city of Ivano-Frankivsk. The value of the optimal roof pitch angle was adopted from existing literature sources. The conducted study illustrates how roof orientation affects the potential for solar energy utilisation. The calculated values of the solar energy coefficient K and the amount of solar energy E for different orientation scenarios of gable roofs enable the formulation of relevant conclusions.

The results of the study indicate that the optimal orientation of roof slopes for the installation of small-scale energy systems is the east–west configuration, which allows for maximising solar energy generation throughout the daylight period. In this case, the east-facing slope is active from sunrise until noon, while the west-facing slope is active from noon until sunset. In contrast, with a north–south roof orientation, the southern slope exhibits increased activity only for a relatively short period around midday, which is insufficient to ensure high efficiency throughout the entire daylight period. As expected, the northern slope receives the least solar radiation and, consequently, demonstrates the lowest efficiency in electricity generation. Roofs with diagonal orientations (north–west–south–east or north–east–south–west) provide a more uniform distribution of solar radiation throughout the day.

Keywords: *urban development planning, autonomous energy supply, solar energy, building roof, illumination coefficient.*