

УДК 721.01

DOI: <https://doi.org/10.32347/tb.2025-42.0518>¹**Тетяна Ткаченко,**доктор технічних наук, завідувачка кафедри Технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці, <https://orcid.org/0000-0003-2105-5951>, e-mail: tkachenkoknuba@gmail.com¹**Ілля Святогорів,**аспірант кафедри Технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці, <https://orcid.org/0009-0005-2793-1520>, e-mail: tall.arh@gmail.com¹Київський Національний Університет Будівництва і Архітектури, просп. Повітрофлотський 31, м. Київ, 03037, Україна

РОЗПЛАНУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ ПІД ЖИТЛОВУ ЗАБУДОВУ ЗА УМОВИ СТВОРЕННЯ ТЕПЛОКОМФОРТНОГО ЖИТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА

АНОТАЦІЯ. У зв'язку з глобальною зміною клімату, підвищенням середньорічних температур і прогресуючою проблемою міського острова тепла, виникає необхідність враховувати в процесі проектування складову екологічної стійкості архітектурних об'єктів. Технології зеленого будівництва, засновані на пасивній системі взаємодії з навколишнім середовищем, покликані не тільки поліпшити мікроклімат міських територій, а й знизити кількість споживаної енергії, яка регулює температурний режим будівель. У зв'язку з цим, контроль кількості сонячної радіації, що надходить на поверхні фасадів будівлі та підстильну поверхню прибудинкової території, є одним із пріоритетних напрямів. Для міста Києва та Київської області типовим рішенням забудови залишається прийом розпланування, коли підземний паркінг майже цілком заповнює територію виділеної під будівництво ділянки, позбавляючи можливості висаджувати великі дерева. Крім того, висотна секційна і висотна точкова типи забудови максимально розкривають подвір'я для агресивного впливу сонячної радіації, створюючи перегрівання підстильної поверхні. Згідно з проведеними дослідженнями, під час порівняння варіантів розпланування ділянки, використання периметральної схеми забудови дало змогу знизити кількість прямого сонячного випромінювання, що надходить у внутрішній двір, на 30% щодо типового висотного проектного варіанту. При озелененні центральної частини периметральної забудови деревами з великою кроною вищевказаний показник знижується ще на 14%. Також у дослідженні було розраховано середню температуру підстильної поверхні для трьох варіантів схеми забудови. Проведене дослідження довело, що поетапне затінення архітектурних форм, їхнє ущільнене розміщення і якісне озеленення простору подвір'я позитивно впливає на тепловий режим житлового утворення.

Ключові слова: сонячна радіація, нагрів поверхні, розпланування територій, тепловий комфорт.

PLANNING OF TERRITORIES FOR RESIDENTIAL TO THE CREATION OF A THERMAL-COMFORTABLE LIVING ENVIRONMENT

ABSTRACT. Due to global climate change, rising average annual temperatures, and the growing problem of the urban heat island, there is a need to take into account the environmental sustainability of architectural objects in the design process. Green building technologies, based on a passive system of interaction with the environment, are designed not only to improve the microclimate of urban areas but also to reduce the amount of energy consumed, which regulates the temperature regime of the buildings themselves. In this regard, controlling the amount of solar radiation received by the building facades and the underlying surface of the adjacent territory is one of the priority areas. For the city of Kyiv and the Kyiv region, a typical development solution is still the planning technique where underground parking almost completely fills the territory of the plot allocated for construction, making it impossible to plant large trees. In addition, high-rise sectional and high-rise point buildings maximize the exposure of the courtyard to aggressive solar radiation, creating overheating of the underlying surface. According to the study, when comparing the site layout options, the use of a perimeter development scheme made it possible to reduce the amount of direct solar radiation entering the courtyard by 30% compared to a typical high-rise option. When the central part of the perimeter building is landscaped with trees with a large crown, the above figure is reduced by another 14%. The study also calculated the average temperature of the underlying surface for 3 variants of the de-

velopment scheme. The study proved that the gradual shading of architectural forms, their compacted placement and high-quality landscaping of the courtyard space have a positive effect on the thermal regime of the residential area.

Keywords: solar radiation, surface heating, territory planning, thermal comfort.

1. Вступ. Доступність сонячного і денного світла в міській структурі є життєво необхідною умовою для створення якісного урбаністичного середовища. Однак за надлишку сонячної енергії, що надходить, виникає перегрівання поверхонь і, як наслідок цього, – підвищення температури повітря. Глобальна зміна клімату і виникнення аномальних хвиль тепла в піковий літній період істотно загострило проблему. Як спосіб протидії ситуації, що склалася, і раціонального використання природних ресурсів, у сфері зеленого будівництва дедалі більше уваги дослідників привертають методи пасивного охолодження будівель і прилеглих територій.

Одним із дієвих алгоритмів зниження рівня енергоспоживання та підтримання теплового комфорту зовнішнього простору є створення збалансованих тіньових візерунків на міських поверхнях [1]. У «міському каньйоні» температурний режим корелює з часом затінення площини фасадів і прибудинкової території [2]. Ефективний перерозподіл сонячної енергії по вертикальних і горизонтальних поверхнях міської геометрії ґрунтується на оптимізованій морфології й оптимальній орієнтації архітектурних об'ємів за сторонами світу. Компактні просторово-розпланувальні рішення купно з достатньою кількістю озеленення дають змогу знизити теплове навантаження і меншою мірою схильні до перегріву, ніж моделі з менш щільною забудовою [3].

2. Постановка проблеми досліджень. Існуючий підхід до проєктування висотних житлових будівель у місті Києві передбачає схему забудови, за якої простір прибудинкової території не може бути повноцінно озеленений. Необхідність розміщення габаритного підземного паркінгу під більшою частиною ділянки, що забудовується, унеможлиблює висаджування великих дерев із розвинутою кореневою системою. Економіка будівництва житлових комплексів диктує саме такий підхід з метою отримання найбільшої кількості квадратних метрів житла під продаж. Унаслідок ситуації, що склалася, внутрішній простір подвір'я нових житлових комплексів виявляється позбавленим істотних зелених насаджень і більш схильний до агресивного впливу прямого сонячного потоку. Така тактика проєктування незмінно призводить до підвищення температурного режиму території в літній піковий період, і, як наслідок, – до загального температурного режиму мікрорайону.

Зовнішнє теплове середовище тісно пов'язане з енергетичним балансом людського тіла, багато в чому визначаючи міру фізичної активності та психологічного стану людини. У світлі масштабних екстремальних хвиль тепла, зафіксованих в Україні за останні десятиліття [4], та постійним підвищенням середніх річних температур, відкриті простори житлових масивів, які вкриті ФЕМ, газонами та поодинокими чагарниками, додатково екструдують показник теплового стресу, що негативно впливає на здоров'я та якість життя мешканців. Згідно з довгостроковими прогнозами для Києва та Київської області середні температурні значення продовжуватимуть прогресувати. В праці [5] було проведено аналіз температурних змін починаючи з 1881 року та досліджено прогнозні дані для вищезазначеної місцини до 2050 року. За фактичної тенденції щорічних температурних аномалій виникає необхідність переосмислення підходу до розпланування міських територій і насамперед – адаптації житлових осередків щодо кліматичних змін [6].

У деяких випадках містобудівна ситуація, що склалася, не дає змоги повною мірою охопити та врахувати рекомендації щодо положень зеленого будівництва та пасивних методів охолодження для майбутніх проєктів і прилеглої до них території. Однак на ділянках, вільних від наявної забудови, можливість розпланування від самого початку є більш варіабельною, і архітектору для вирішення професійних завдань слід підходити комплексно з урахуванням показника теплокомфортності.

Практичність впровадження пасивних стратегій охолодження було вивчено і підтверджено на прикладі низки досліджень зарубіжних авторів [7–10]. Насамперед це стосується країн зі спекотним і сухим кліматом, де зниження перегріву поверхонь і підтримання теплового комфорту є першочерговим завданням. Такий досвід спирається переважно на вивченні розпланування кварталів традиційної історичної забудови і пройшов випробування часом [11].

Крім повноцінного озеленення, створення теплокомфортного зовнішнього житлового середовища включає: затінення, сонцезахист, провітрювання, випаровування, орієнтацію тощо [12,13]. В Україні вивчення питання збалансованого впровадження перелічених вище методів зараз обмежене. Необхідно провести комплексні дослідження, адаптувати іноземний досвід до українських реалій і розробити рекомендації щодо майбутніх архітектурних проєктів. Синергія природних методів охолодження та технологічного прогресу стане запорукою комфортного життя і збереження довкілля.

3. Мета роботи. З'ясувати і порівняти значення нагрівання підстильної поверхні прибудинкової території типового підходу до розпланування ділянки зі значеннями альтернативної периметральної моделі забудови. Результати роботи визначають найсприятливіше містобудівне рішення з погляду теплокомфортності прибудинкових територій для І кліматичної зони України.

4. Матеріали і методи. За об'єкт досліджень взято типову композицію квартальної житлової забудови Г-подібної форми в плані в 24 поверхи, де підземний паркінг розміщено під всією поверхнею простору подвір'я, що унеможливило його якісне озеленення. Як об'єкт порівняння, нами запропоновано варіант житлового кварталу зі зниженою поверховістю (10–13 поверхів) та щільним периметральним розміщенням архітектурних об'єктів для створення більшої площі затінення поверхонь. Центральну частину внутрішнього простору двору запроектовано без підземного паркінгу, що дає змогу висадити дерева з великою кроною. Ділянки під забудову становлять 1 га і є ідентичними за площею для обох варіантів (рис. 1).

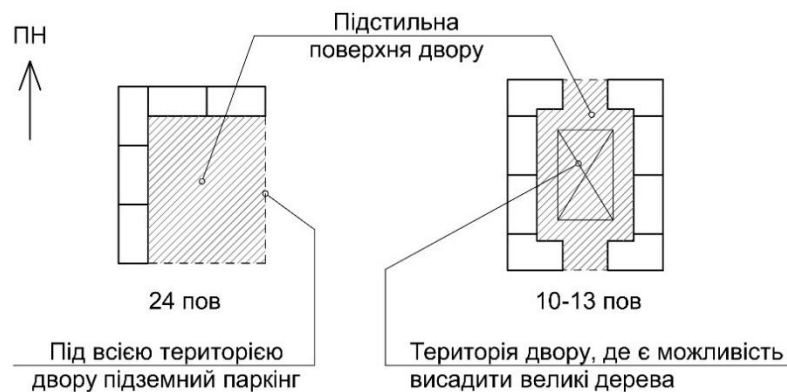


Рис. 1. Схеми забудови житлового кварталу, які розглянуто
Fig. 1. Residential neighborhood development schemes that were considered

Після розміщення на схемі генерального плану секційних житлових будинків для кожного із варіантів графічним методом було визначено площу підстильної поверхні подвір'я. Для ділянки з висотним будинком у 24 поверхи площа становить $5\,780\text{ м}^2$. Для периметральної забудови – $5\,140\text{ м}^2$.

Розрахунок кількості потрапляння прямої сонячної радіації на підстильну поверхню внутрішнього двору проведено за спрощеними цифровими моделями в спеціалізованій програмі Townscore [14] з урахуванням безхмарного неба. Умовні ділянки під житлові квартали розташовані в Київській області, що відповідає І кліматичній зоні України [15]. Розрахункові календарні дати – липень 2021 року. За моніторинговими даними Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського, середня температура повітря на той період часу становила $24,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ [16].

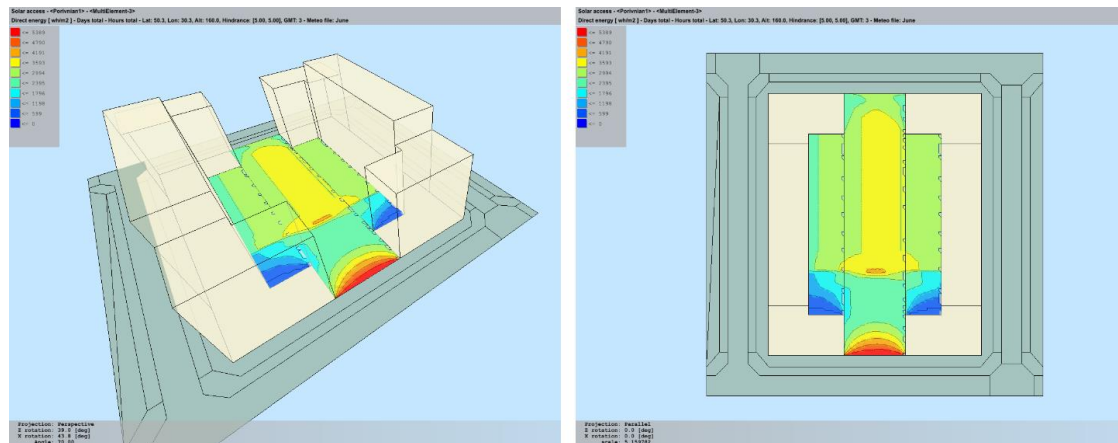


Рис. 2. Кількість потрапляння прямої сонячної радіації на підстильну поверхню подвір'я житлового кварталу периметральної забудови без озеленення

Fig. 2. The amount of direct solar radiation on the underlying surface of the courtyard of a residential block of perimeter buildings without landscaping

Для периметральної забудови кількість потрапляння прямої сонячної радіації було порівняно в двох варіантах. Перший – за відсутності дерев і кущів. Другий, де частина двору, під якою немає підземного паркінгу, засаджена деревами висотою 7 м і кроною 5 м. Приклад зображень з розрахунками програми Townscope подано на рис. 2.

Таблиця 1. Кількість потрапляння прямої сонячної радіації на підстильну поверхню подвір'я периметральної забудови упродовж світлового дня за відсутності озеленення

Table 1. The amount of direct solar radiation on the underlying surface of the courtyard of the perimeter building during daylight hours in the absence of landscaping

№	Колір зони	Пряма сонячна радіація на зони подвір'я упродовж світлового дня за розрахунком Townscope (Bm/m^2)	Площа поверхні подвір'я (m^2)	Bm	Середнє значення прямої сонячної радіації за день (Bm/m^2)
1	Red	5 389	40	215 560	
2	Orange	4 790	38	182 020	
3	Yellow	4 191	60	251 460	
4	Light Green	3 593	1 382	4 965 526	
5	Green	2 994	2 190	6 556 860	
6	Light Blue	2 395	925	2 215 375	
7	Blue	1 796	230	413 080	
8	Dark Blue	1 198	125	149 750	
9	Very Dark Blue	599	100	59 900	
10	Black	0	50	0	
Загалом			5 140	15 009 531	2 920,1

У межах цього дослідження було прийнято рішення встановити в програмі Townscope обмеження в 10 рівнів градації потрапляння теплового потоку на підстильну поверхню подвір'я. Спираючись на отримані результати, за формулою (1) було порівняно кількість Bm , які отримують фрагменти поверхні подвір'я упродовж світлового дня згідно з рівнем теплового навантаження.

$$I_i = E_i \times S_i, \quad (1)$$

де E_i – середня кількість прямої сонячної радіації упродовж світлового дня на фрагмент подвір'я; S_i – площа фрагменту подвір'я; i – номер фрагменту подвір'я, $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

Середнє значення кількості енергії від прямої сонячної радіації $I_{заг}$ (Bm/m^2), що приходить протягом світлового дня на площу поверхні подвір'я, визначається за формулою (2):

$$I_{заг} = \frac{\sum I_i}{S_0}, \quad (2)$$

де $\sum I_i$ – Сумарна кількість потрапляння прямої сонячної радіації на підстильну поверхню подвір'я упродовж світлового дня; S_0 – Загальна площа підстильної поверхні подвір'я.

Отримані дані структуровано й занесено в таблиці. Приклад зведеної таблиці для варіанту периметральної забудови без озеленення подано в табл. 1.

У табл. 2 внесено результати сумарної кількості потрапляння прямої сонячної радіації для розглянутих авторами варіантів з метою порівняння даних.

Таблиця 2. Порівняння сумарної кількості потрапляння прямої сонячної радіації на підстильну поверхню подвір'я упродовж світлового дня за різних варіантів забудови

Table 2. Comparison of the total amount of direct solar radiation on the underlying surface of the courtyard during daylight hours for different building options

	Г-подібна забудова (24 пов.)	Периметральна забудова (10–13 пов.)	Периметральна забудова з озелененням подвір'я (10–13 пов.)
Середня кількість прямої сонячної радіації (Bm/m^2)	4 182,6	2 920,1	2 368,5
%	100	70	56

На наступному етапі дослідження було визначено усереднене значення температури нагрівання підстильної поверхні подвір'я упродовж світлового дня відповідно до формули А. М. Шкловера [17]. Слід зазначити, що низку чинників, які впливають на зростання теплового індексу, не було включено до розрахунку. В даному випадку вираз теплового балансу записується на таких умовах:

- не враховано розсіяну сонячну радіацію;
- відсутнє багаторазове віддзеркалення та поглинання між фасадами будівель і підстильною поверхнею подвір'я;
- обчислення проводяться для тонкого поверхневого шару, тому вважається, що тонкий шар має постійну температуру, що відповідає закінченню тимчасового інтервалу;
- вплив атмосфери не розглядається.

$$t_{cal} = t_{out} + \frac{R \times \alpha S, c}{\alpha_{out}}, \quad (3)$$

де t_{out} – температура зовнішнього повітря ($^{\circ}C$); R – пряма сонячна радіація, яка надходить на підстильну поверхню подвір'я за досліджуваній проміжок часу, Bm/m^2 ; $\alpha S, c$ – коефіцієнт поглинання сонячної радіації підстильною поверхнею подвір'я, який визначається згідно з п.11.3 ДСТУ 9190-2022 (табл. 10) [18]; α_{out} – коефіцієнт теплообміну поверхні, який обчислюється за емпіричною формулою [19, 20]:

$$\alpha_{out} = 1,16 \times (5 + 10 \times \sqrt{v}), \quad (4)$$

де v – швидкість вітру, m/s .

Середня швидкість вітру в липні для Київської області за даними Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського становить 2,2 м/с [16]. Коефіцієнт теплообміну поверхні прийнято 0,45, що відповідає природному білому каменю згідно з табл. 10 в ДСТУ 9190:2022 [18].

Таблиця 3. Усереднене значення температури нагріву підстильної поверхні подвір'я для липня 2021 року

Table 3. The average value of the heating temperature of the underlying surface of the yard for July 2021

Г-подібна забудова (24 пов.)		Периметральна забудова (10–13 пов.)		Периметральна забудова з озелененням подвір'я (10–13 пов.)	
Середнє значення ПСР за день (Bm/m^2)	Температура поверхні ($t^{\circ}C$)	Середнє значення ПСР за день (Bm/m^2)	Температура поверхні ($t^{\circ}C$)	Середнє значення ПСР за день (Bm/m^2)	Температура поверхні ($t^{\circ}C$)
279	30,07	195	28,42	158	27,70

Внаслідок отриманих результатів, які наведені в табл. 2 і табл. 3, можна побачити залежність зміни усередненого показника нагрівання підстильної поверхні подвір'я від вибраної схеми забудови на одній і тій самій ділянці. Слід зазначити зниження температурного режиму прибудинкової території при розміщенні дерев з великою кроною в центральній її частині. Ефективність застосування схеми периметральної забудови щодо типової схеми варіанту 1 підтверджують дані, отримані під час підрахунку нагрівання поверхні за цією ж методикою незалежно по кожній годині впродовж світлового дня (рис. 3).

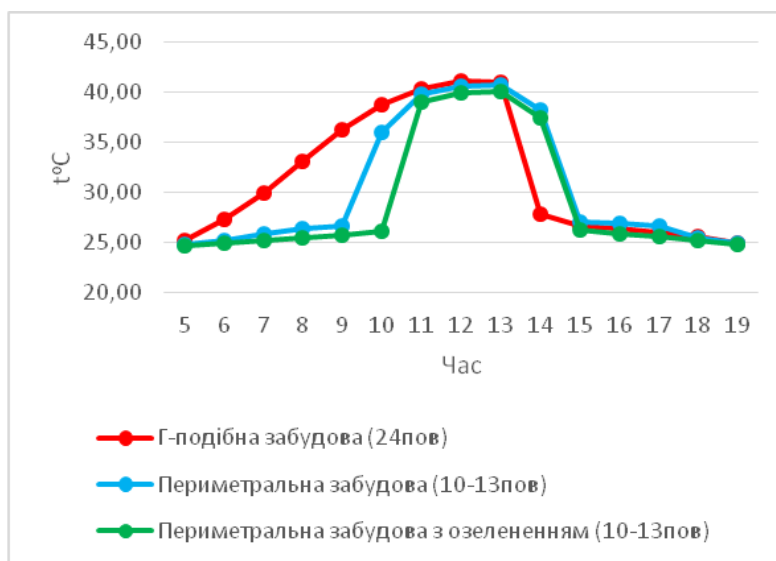


Рис 3. Температура підстильної поверхні погодинно упродовж світлового дня

Fig. 3. Temperature of the underlying surface hourly during daylight hours

З табл. 2 видно, що загальна кількість прямого сонячного випромінювання, яка приходить, упродовж світлового дня для варіанту периметральної схеми забудови за відсутності озеленення, на 30% менша, ніж у випадку з варіантом Г-подібної схеми у 24 поверхи. При висадці групи дерев у центр подвір'я периметральної забудови, загальна кількість прямої сонячної радіації, яка потрапляє на підстильну поверхню, зменшується ще на 14%.

Оскільки підстильна поверхня подвір'я більше схильна до припливу сонячної енергії, ніж фасади будівель, то, відповідно, вона більшою мірою бере участь у теплообміні і найбільше впливає на тепловий індекс прибудинкової території. Додаткове нагрівання темпера-

тури повітря прибудинкового простору відбувається під час теплообміну з кожною поверхнею фасадів будинків, які примикають до нього. Наявність на подвір'ї дерев з великою кроною крім функції затінення розсіює частину сонячної радіації, тим самим знижуючи ризик теплового стресу.

У цій статті розглянуто один із варіантів орієнтації композиції житлових кварталів щодо сторін світу. У наступних дослідженнях планується розрахувати кількість сонячної енергії, що приходить на підстильну поверхню подвір'я за умови зміни орієнтації кварталів. Це дасть можливість отримати найефективніше проектне рішення з погляду зниження температурного режиму прибудинкової території.

5. Висновки. Наразі міські агломерації України переживають приплив чисельності населення. Щоби забезпечити сталий розвиток міст і максимально продумати стратегії, пов'язані з розв'язанням проблем енергоспоживання й екологічної безпеки, слід переосмислити колишні методи ведення проектних робіт. Останнє особливо актуально під час освоєння нових земельних ділянок на межі міста, які вільні від наявної міської забудови. У зв'язку з відсутністю низки обмежень і можливості більш вільного підходу, під час розроблення генерального плану мікрорайонів проєктувальник має шанси закласти фундамент для створення більш якісного житлового середовища на основі методів зеленого будівництва.

Аналіз результатів, отриманих під час цього дослідження, доводять ефективність запропонованого авторами рішення. Самозатінення житлових структур і наявність на подвір'ї дерев із великою кроною істотно знижує кількість потрапляння сонячної енергії в піковий літній період, тим самим позитивно впливає на природне охолодження зовнішніх поверхонь кварталу. Це стосується не тільки території подвір'я, а й фасадів будівель, які теж приймають частину випромінювання і беруть участь у теплообміні.

Відсутність паркінгу під центральною частиною житлового кварталу та використання цього простору під посадку значної кількості зелених насаджень створить комфортний мікроклімат на рівні невеликих житлових утворень, знижуючи ризик виникнення теплового стресу населення.

Список використаних джерел:

1. Ali-Toudert F, Mayer H (2007) Effects of asymmetry, galleries, overhanging façades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. *Solar Energy*, 81:742–754. doi:[10.1016/j.solener.2006.10.007](https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.10.007) (дата звернення: 03.08.2024).
2. Gulyás Á, Unger J, Matzarakis A (2006) Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: modelling and measurements. *Building and Environment*, 41:1713–1722. doi:[10.1016/j.buildenv.2005.07.001](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.07.001) (дата звернення: 03.08.2024).
3. Lindberg, F., Grimmond, C.S.B. The influence of vegetation and building morphology on shadow patterns and mean radiant temperatures in urban areas: model development and evaluation. *Theor Appl Climatol* 105, 311–323 (2011). <https://doi.org/10.1007/s00704-010-0382-8> (дата звернення: 03.08.2024).
4. Зміна клімату в Україні та світі: причини, наслідки та рішення для протидії // Екодія: веб-сайт. URL: <https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ua-ta-svit.html> (дата звернення: 06.08.2024).
5. Святогоров І. О. (2024). Посилення теплового стресу для населення урбанізованих територій на фоні глобальних кліматичних змін. *Екологічна безпека та природокористування*, 49(1), 49–59. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.1.49-59> (дата звернення: 08.08.2024).
6. *Ecopolis: Architecture and Cities for a Changing Climate* / Dr. Paul F Downton. Co-published by Springer Science+Business Media B.V., Dordrecht, The Netherlands and CSIRO PUBLISHING, Collingwood, Australia, 2009. DOI 10.1007/978-1-4020-8496-6 (дата звернення: 08.08.2024).
7. Zhang, Y., Du, X. & Shi, Y. Effects of street canyon design on pedestrian thermal comfort in the hot-humid area of China. *Int J Biometeorol* 61, 1421–1432 (2017). <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1320-6> (дата звернення: 03.08.2024).
8. Othman, N.E., Zaki, S.A., Rijal, H.B. et al. Field study of pedestrians' comfort temperatures under outdoor and semi-outdoor conditions in Malaysian university campuses. *Int J Biometeorol* 65, 453–477 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00484-020-02035-3> (дата звернення: 03.08.2024).

9. Kedissa, C., Outtas, S., & Belarbi, R. (2016). The impact of height/width ratio on the microclimate and thermal comfort levels of urban courtyards. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 7(3–4), 174–183 <https://doi.org/10.1080/2093761X.2017.1302830> (дата звернення: 03.08.2024).
10. S Omar Elshiwihy, [H Nasarullah Chaudhry](#) (2019) Parametric Study on Determining Optimum Shading Techniques for Urban High-Rise Dwellings. *Urban Science* 3(3), 85. <https://doi.org/10.3390/urbansci3030085> (дата звернення: 03.08.2024).
11. Bourbia, F., & Fouzia, B. (2010). Impact of Street Design on Urban Microclimate for Semi Arid Climate (Constantine). *Renewable Energy*, 35, 343–347. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.07.017> (дата звернення: 09.08.2024).
12. Жовква О. І. Архітектурна екологія громадських будівель та споруд. Теорія та практика дизайну. Архітектура та будівництво. К.: НАУ, 2024. Вип. 1(31). С. 44–52. doi: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.31.5> (дата звернення: 09.08.2024).
13. Рибак О., Пацева. І. (2023) Екологічні основи аналізу впливу «зелених» дахів на міський клімат в урбоценозах. *Вісник Хмельницького національного університету*, Том 2, №5, 2023 (327). <https://www.doi.org/10.31891/2307-5732-2023-327-5-103-107> (дата звернення: 09.08.2024).
14. J. Teller. S. Azar (2001) Townscope II – A computer system to support solar access decision-making. *Solar Energy*, Volume 70, Issue 3, Pages 187–200. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(00\)00097-9](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00097-9)
15. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Прийнятий Мінрегіонбудом України 16.12.2010. – [Чинний від 2011-11-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – II, 123 с.
16. Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського: веб-сайт. URL: <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/uk/diialnist/klimatolohichna/klimatychni-dani-po-kyievu> (дата звернення: 16.08.2024).
17. Shklover A.M., Vasiliev B.F., Ushkov F.V. Basics of building heat engineering of residential and public buildings [Osnovy stroitel'noj teploekhniki zhilyh i obshchestvennyh zdaniy]. M: State. ed. Literature on construction and architecture. 1956. 350 p. (rus)
18. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. На заміну ДСТУ Б А.2.2-12:2015; чинний від 2023-03-01. Вид. офіц. Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2022. 199 с.
19. Ратушняк Г. С. Будівельна теплофізика : навчальний посібник / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 119 с.
20. Korkina, E.V.; Gorbarenko, E.V.; Voitovich, E.V.; Tyulenev, M.D.; Kozhukhova, N.I. Temperature Evaluation of a Building Facade with a Thin Plaster Layer under Various Degrees of Cloudiness. *Energies* 2023, 16, 5783. DOI:10.3390/en16155783

References:

1. Ali-Toudert F, Mayer H (2007) Effects of asymmetry, galleries, overhanging façades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. *Solar Energy*, 81:742–754. doi:[10.1016/j.solener.2006.10.007](https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.10.007)
2. Gulyás Á, Unger J, Matzarakis A (2006) Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: modelling and measurements. *Building and Environment*, 41:1713–1722. doi:[10.1016/j.buildenv.2005.07.001](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.07.001)
3. Lindberg, F., Grimmond, C.S.B. The influence of vegetation and building morphology on shadow patterns and mean radiant temperatures in urban areas: model development and evaluation. *Theor Appl Climatol* 105, 311–323 (2011). <https://doi.org/10.1007/s00704-010-0382-8>
4. Climate change in Ukraine and the world: causes, consequences and solutions for counteraction // Ecodia: URL: <https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ua-ta-svit.html>
5. Sviatohorov I. (2024). Increased heat stress for the population of urbanized areas against the background of global climate change. *Environmental safety and natural resources*, 49(1), 49–59. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.1.49-59>
6. Ecopolis: Architecture and Cities for a Changing Climate / Dr. Paul F Downton. Co-published by Springer Science+Business Media B.V., Dordrecht, The Netherlands and CSIRO PUBLISHING, Collingwood, Australia, 2009. DOI 10.1007/978-1-4020-8496-6
7. Zhang, Y., Du, X. & Shi, Y. Effects of street canyon design on pedestrian thermal comfort in the hot-humid area of China. *Int J Biometeorol* 61, 1421–1432 (2017). <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1320-6>

8. Othman, N.E., Zaki, S.A., Rijal, H.B. *et al.* Field study of pedestrians' comfort temperatures under outdoor and semi-outdoor conditions in Malaysian university campuses. *Int J Biometeorol* 65, 453–477 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00484-020-02035-3>
9. Kedissa, C., Outtas, S., & Belarbi, R. (2016). The impact of height/width ratio on the microclimate and thermal comfort levels of urban courtyards. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 7(3–4), 174–183 <https://doi.org/10.1080/2093761X.2017.1302830>
10. S Omar Elshiwihy, [H Nasarullah Chaudhry](#) (2019) Parametric Study on Determining Optimum Shading Techniques for Urban High-Rise Dwellings. *Urban Science* 3(3), 85. <https://doi.org/10.3390/urbansci3030085>
11. Bourbia, F., & Fouzia, B. (2010). Impact of Street Design on Urban Microclimate for Semi Arid Climate (Constantine). *Renewable Energy*, 35, 343–347. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.07.017>
12. Zhovkva O. (2024). Architectural ecology of civil buildings and structures. *Theory and practice of design. Architecture and construction*. 1(31). P. 44–52, doi: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.31.5>
13. Rybak O., Patseva I. Ecological basics of analysis of the influence of "green" roofs on urban climate in urbocenoses. *Herald of Khmelnytskyi national university*, Part 2, Issue 5, 2023 (327) <https://www.doi.org/10.31891/2307-5732-2023-327-5-103-107>
14. J. Teller. S. Azar (2001) Townscope II – A computer system to support solar access decision-making. *Solar Energy*, Volume 70, Issue 3, Pages 187–200. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(00\)00097-9](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00097-9)
15. DSTU-N B V.1.1–27: 2010. Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv, shkidlyvykh ekspluatatsiynykh vplyviv, vid pozhezhi. Budivelna klimatolohiia [Protection from dangerous geological processes, harmful operational influences, fire. Construction Climatology.]. Kyiv: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].
16. Boris Sresnevsky Central geophysical observatory. URL: <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/uk/diialnist/klimatolohichna/klimatychni-dani-po-kyievu>
17. Shklover A.M., Vasiliev B.F., Ushkov F.V. Basics of building heat engineering of residential and public buildings [Osnovy stroitel'noj teplotekhniki zhilyh i obshchestvennyh zdaniy]. M: State. ed. Literature on construction and architecture. 1956. 350 p. (rus)
18. DSTU 9190:2022. Enerhetychna efektyvnist budivel. Metod rozrakhunku enerhospozhyvannia pid chas opalennia, okholodzhennia, ventyliatsii, osvittlennia ta hariachoho vodopostachannia [Energy Efficiency of Buildings. Calculation Method of Energy Consumption for Heating, Cooling, Ventilation, Lighting, and Hot Water Supply]. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNC". 199 p. [in Ukrainian].
19. Ratushniak G.S. Building thermal physics: study guide / G.S. Ratushniak, G.S. Popova - Vinnytsia: VNTU, 2004. 119 p.
20. Korkina, E.V.; Gorbarenko, E.V.; Voitovich, E.V.; Tyulenev, M.D.; Kozhukhova, N.I. Temperature Evaluation of a Building Facade with a Thin Plaster Layer under Various Degrees of Cloudiness. *Energies* 2023, 16, 5783. DOI:10.3390/en16155783