

УДК 624

ПРО ОБЧИСЛЕННЯ ІНСОЛЯЦІЇ ПРИМІЩЕНЬ

Патрашку Є. В.¹, Колесник С. М.¹

¹*Одеська державна академія будівництва та архітектури*

Анотація: Сонячне випромінювання має значний як позитивний, так і негативний вплив на всі процеси життєдіяльності людини. Будівництво і експлуатація споруд як житлових, так і промислових вимагає аналізу впливу сонця. Серед напрямів наукових досліджень, пов'язаних з сонячною радіацією, особливо актуальними є: сонячна енергетика, вплив сонця на огорожувальні конструкції споруд, досягнення сонячного комфорту в житлових та виробничих спорудах, забезпечення санітарно-гігієнічних норм.

Під інсоляцією розуміють величину притоку сонячної радіації, яку обчислюють в калоріях на одиницю площі горизонтальної поверхні за одиницю часу. Методи розрахунку інсоляції можна поділити на два типи: геометричні та енергетичні. Рівень інсоляції житлових приміщень регулюється державними будівельними нормами. Згідно з діючими нормами тривалість інсоляції житлових приміщень повинна становити не менше 2,5 годин в період з 22 березня по 22 вересня. В цих нормах визначені і рекомендовані методи обчислення. Вони, в основному, геометричні. Енергетичні методи обчислення інсоляції більш динамічні і зазнають змін, тому що вони враховують властивості матеріалів. А будівельні матеріали постійно модернізуються і мають різні реакції на сонячну радіацію. З іншого боку, енергетичні методи обчислення інсоляції є більш точними і враховують більше факторів, безпосередньо пов'язаних з конкретною спорудою чи приміщенням. Тому порівняльний аналіз інсоляції приміщень, обчислений різними методами є актуальною науковою проблемою. Розвиток комп'ютерних методів дослідження відкриває широкі можливості для моделювання стану інсоляції житлового приміщення на етапі проектування.

В роботі розроблено об'єктно-орієнтований метод обчислення інсоляції для житлових та виробничих приміщень. Це дає змогу побудувати просторову картину опромінення приміщення та продемонструвати вплив на цей процес зміни вхідних параметрів.

Ключові слова: сонячна радіація, інсоляція приміщень, проектування будівель.

ON CALCULATING THE INSOLATION OF INDOOR SPACES

E. Patrashku¹, S. Kolesnyk¹

¹*Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture*

Abstract: Solar radiation has a significant both positive and negative impact on all processes of human life. The construction and operation of both residential and industrial buildings requires an analysis of the sun's influence. Among the areas of scientific research related to solar radiation, the following are particularly relevant: solar energy, the impact of the sun on building envelopes, achieving solar comfort in residential and industrial buildings, and ensuring sanitary and hygienic standards.

Insolation is defined as the amount of solar radiation inflow calculated in calories per unit area of a horizontal surface per unit time. Methods for calculating insolation can be divided into two types: geometric and energy-based. The insolation level of residential premises is regulated by state construction legislation. According to the current standards, the duration of insolation of residential premises should be at least 2,5 hours between 22 March and 22 September. These standards define and recommend calculation methods. They are mainly geometric. Energy-based methods for calculating insolation are more dynamic and subject to change, as they take into account the properties of materials. And building materials are constantly being modernized and have different reactions to solar radiation. On the other hand, energy-based methods of calculating insolation are more accurate and take into account more factors directly related to a particular building or room. Therefore, a



comparative analysis of indoor insolation calculated by different methods is an urgent scientific problem. The development of computer research methods opens up wide opportunities for modelling the insolation state of a dwelling at the design stage.

In this paper, an object-oriented method for calculating insolation for residential and industrial premises is developed. This makes it possible to build a spatial picture of the room's irradiation and demonstrate the impact of changes in input parameters on this process.

Keywords: solar radiation, indoor insolation, building design.

1 ВСТУП

Енергоефективність, здорове оточуюче середовище і відновлювальні джерела енергії – це мета розвитку людства. Ці цілі набувають все більшу актуальність в подальшому розвитку міського планування та будівництва. В Європі вже сьогодні в містах проживає до 75% населення і тому міста грають визначальну роль в сталому розвитку людства.

Міста ростуть, і по мірі активізації урбанізації спостерігається ущільнення, а також розширення за рахунок не міських земель. Міське планування повинно враховувати збільшення притоку людей. Прогнозується, що до 2050 року міські жителі складуть дві третини світового населення. Необхідність збереження сільського господарських угідь для вирішення проблем з продуктами харчування приводить до ущільнення існуючих забудов. Разом з тим, тенденція до ущільнення забудов негативно впливає на можливість доступу до сонячної енергії в містах, зменшуючи кількість сонячного та денного світла в жилих та виробничих приміщеннях.

Доступ до сонячних променів є важливим аспектом міської забудови. Але з точки зору міського планування це лише одна з багатьох складних проблем проектування, що включають транспорт, безпеку, шум, забруднення оточуючого середовища і багато іншого. Таким чином, планування доступу до сонячного світла вимагає простих методів для їх застосування на початкових стадіях проектування. Геометричні обмеження міського плану суттєво впливають як ззовні на споруди, так і на внутрішній стан приміщень. Можливість доступу до сонячної радіації визначається антропогенними обмеженнями та не може бути зміненим до кінця строку служби будівлі або до її реконструкції.

Вплив сонячної радіації на будівлі та їх мешканців можна зобразити в вигляді схеми (Рис.1).

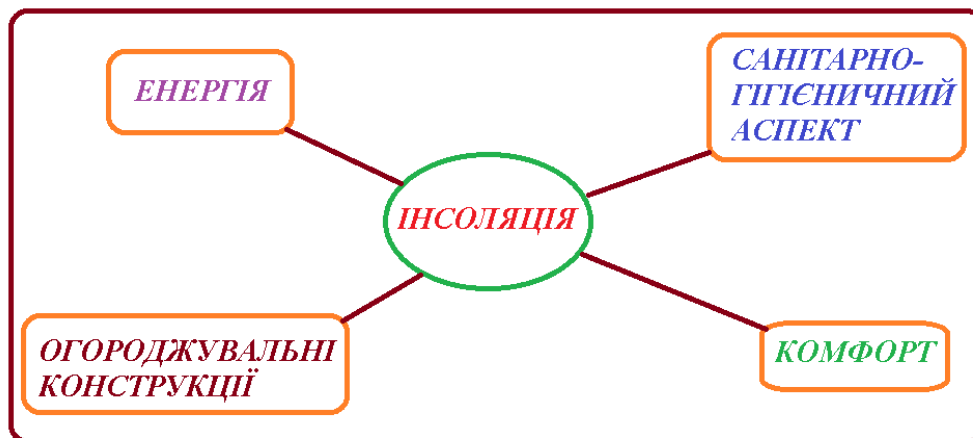


Рис.1 Аспекти впливу інсоляції

Випромінювання сонця є цінним джерелом енергії, але має і негативний вплив на огорожувальні конструкції. В Європейському Союзі відсутня законодавча база для вимірів та нормування сонячного опромінення в міських планах. Хоча існує законодавча вимога до кількості денного світла, зокрема, стандарт EN 17037 [9]. Відносно сонячного світла в Європі немає жорсткого законодавства і в різних країнах застосовуються різні підходи. Європейська рекомендація пропонує мінімальний рівень сонячного опромінювання, що досягає поверхні вікна на певний час в певну базову дату.

В цій роботі ми досліджуємо методи інсоляції приміщень з санітарно-гігієнічною метою.

2 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Державні будівельні та санітарні норми України наведені в стандартах [1-3].

Відповідні норми Європейського Союзу для денного освітлення житлових приміщень містяться [9].

В роботах [5, 6, 8] описані геометричні методи оцінки інсоляції приміщень та споруд.

Дослідження [7, 10, 11] враховують вплив на інсоляцію додаткових факторів, зокрема, вплив тіні та інших конструкцій.

Огляд літератури за темою інсоляції житлових приміщень можна знайти в роботах [8, 10].

3 ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Інсоляція приміщень забезпечує в них сприятливі санітарно-гігієнічні умови, так як викликає загибель хвороботворних бактерій, шкідливих мікроорганізмів. Також вона позитивно впливає на психофізіологічний стан людини.

В основу перших радянських норм по інсоляції були покладені мікробіологічні дослідження. Таким чином, в 1963 році була введена перша радянська норма інсоляції. Вона вимагала неперервну інсоляцію на протязі трьох годин. За період з 1963 року зникла вимога неперервності інсоляції та був зменшений мінімальний час. На сьогодні він складає не менше двох з половиною годин, тобто не менше 150 хвилин.

З 1 січня 2011 року в Україні діє стандарт, який регламентує розрахунки інсоляції приміщень та споруд. В розробці будівельних норм прийняли участь 27 спеціалістів з 10 наукових організацій України. В тому числі і фахівці з Одеської державної академії будівництва та архітектури. Колектив розробників складався з 19 докторів та кандидатів технічних, архітектурних, медичних та біологічних наук. Від Одеської державної академії будівництва та архітектури в роботі приймали участь кандидати технічних наук, доценти Є.В. Вітвицька та М.Т. Глікман.

До розробки будівельних норм спонукала необхідність впорядкування методів розрахунку інсоляції будівель та приміщень, що застосовуються при проектних роботах.

Гостро постало питання відсутності законодавчо закріплених правил розрахунку та питання їх місця в проектуванні. Практика вимагала розрахунків ще на етапі до проектної підготовки, при чому, як з точки зору санітарно-гігієнічних норм, так і енергозбереження. Була розроблена загальна методика дослідження, яку можна зобразити схемою (Рис. 2).

Застосування стандартизованого підходу до обчислення тривалості інсоляції є першим кроком в напрямку вдосконалення проектних робіт. Наступним кроком має стати розробка норм по розрахунку сонцезахисних методів.

Але розрахунок лише тривалості інсоляції не відповідає сучасним вимогам і можливостям. Зокрема, можливості моделювання впливу сонячної радіації на санітарно-гігієнічний та комфортний стан приміщення за допомогою програмного забезпечення.

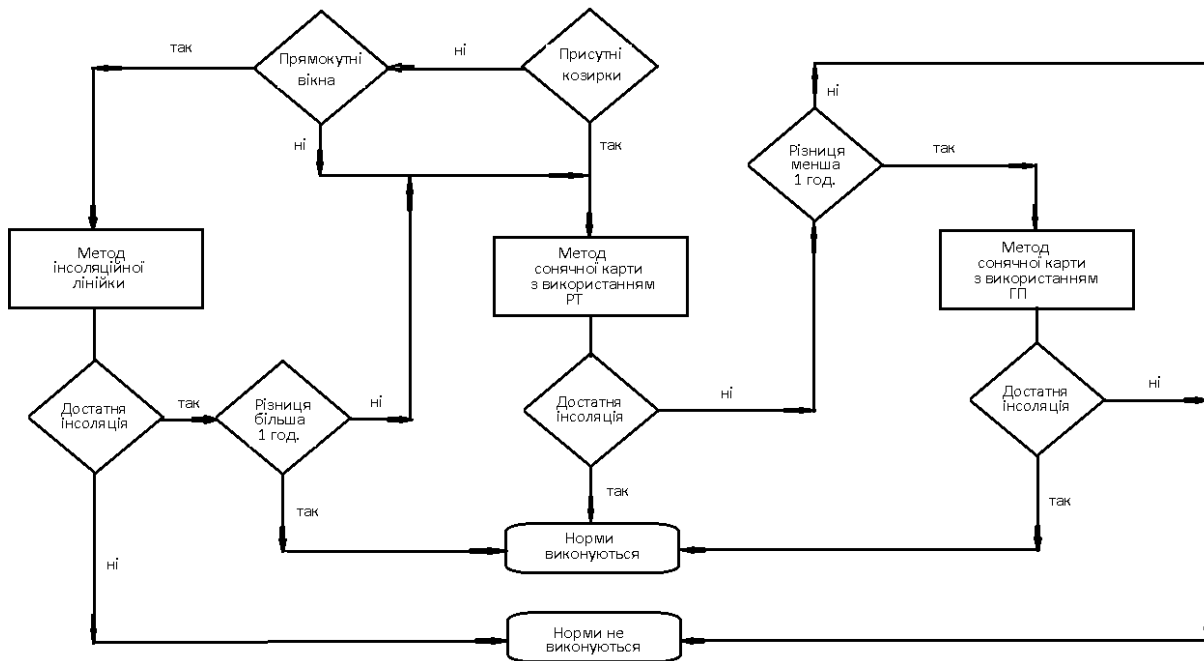


Рис.2 Рекомендований алгоритм використання різних методів розрахунку тривалості інсоляції приміщень при аналізі виконання санітарних норм

Нагальною є необхідність переходу до нормування кількісних показників інсоляції як з точки зору санітарно-гігієнічного впливу, так і з точки зору оптимізації теплового впливу. Саме тому, тема вивчення методів обчислення інсоляції і їх модифікація для потреб побудови якісних кількісних моделей є актуальною.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Встановлено розрахункові параметри, що будуть покладені в основу енергетичного методу розрахунку інсоляції шляхом врахування інтенсивності та дози біологічно активного діапазону УФ радіації (В+С). Метод ґрунтується на визначенні такої дози УФ сонячної радіації, що пройшла через вікно в приміщення будівлі, за якої гинуть хвороботворні бактерії та шкідливі мікроорганізми, чим забезпечується нормований рівень бактерицидної ефективності (санації), як у повітрі житлових приміщень, так і на його поверхнях [5, 8].

З погляду енергії УФ опромінення, що надходить у приміщення, стає очевидною необхідність врахування прозорості шибок, площі світлоотвору (чим більша його площа, то більше енергії проникає в приміщення) та розміру приміщення (чим більший розмір приміщення, то меншою буде питома енергія, що припадає на одиницю об'єму повітря приміщення та одиницю його поверхонь). Ці параметри не враховують чинні норми з розрахунку інсоляції приміщень.

З урахуванням вищевикладеного, набув розвитку енергетичний метод з розрахунку інсоляції житлових приміщень.

Для розрахунків використовуються наступні вихідні дані.

1. Актинометричні дані щодо інтенсивності УФ сонячної радіації (діапазону < 320 нм), прямої J_{np} на нормальну до променів поверхню і розсіяної $J_{роз}$, що попадає на горизонтальну поверхню, розрахованої за годинами доби.

2. Орієнтація світлоотвору за сторонами горизонту (азимут нормалі до площини вікна A_n).

3. Координати сонця (h_0 і A_0) на період інсоляції.

4. Параметри світлоотвору («у світлі»), ширина b і висота h , м.

5. Конструкція світлопрозорої частини вікон і типи скла.

6. База даних про коефіцієнти прозорості сучасного скла у діапазоні (В+С) УФ радіації за різних кутів падіння сонячного променя.

7. Параметри приміщення, глибина L , ширина B і висота H , м.

Послідовність розрахунку:

1. Визначення кута θ (кута падіння сонячного променя на скло).

Кут θ визначається за формулами сферичної тригонометрії

$$\cos\theta = \sin\delta \cdot \sin\varphi + \cos\gamma \cdot \cos\delta \cdot \cos\varphi,$$

де

φ - географічна широта місцевості, град;

δ - нахил сонця, град;

γ - часовий кут, град.

Можна використовувати спрощений метод визначення кута θ з застосуванням схеми, поданої на рис. 3, якщо допускається невелика похибка.

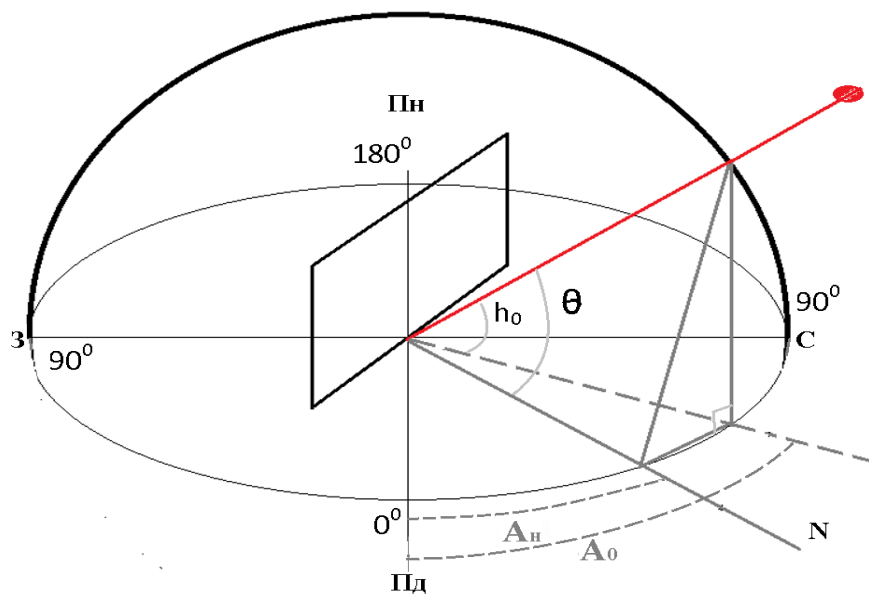


Рис. 3. Схема визначення кута θ (N - нормаль до площини вікна)

З рис. 3 видно, що на поверхні півсфери, розташованої над колом горизонту, розташовується прямокутний трикутник. Катетами прямокутного трикутника є висота стояння сонця в дану годину доби h_0 і різниця азимутів проекції сонячного променя на горизонтальну площину A_0 та азимута нормалі до площини вікна A_n . Гіпотенуза цього прямокутного трикутника і дорівнюватиме куту θ . У зв'язку з цим кут θ визначиться за відомою теоремою Піфагора

$$\theta = \sqrt{h_0^2 + (A_0 - A_n)^2}.$$

Залежно від орієнтації вікна (A_n) і часу доби (розташування сонця на небосхилі, A_0) величина катета прямокутного трикутника може визначатися як різниця $(A_0 - A_n)$, або як різниця $(A_n - A_0)$.

1. Визначення сумарної інтенсивності $J_{\text{сум}}$ УФ радіації, що приходить до фасаду будівлі з урахуванням орієнтації світлоотвору:

$$J_{\text{сум}} = J_{\text{пр}} + 0,5J_{\text{роз}} = J \cos\theta + 0,5J_{\text{роз}} \left[\frac{\text{мВт}}{\text{м}^2} \right].$$

2. Визначення сумарної інтенсивності УФ радіації, що пройшла через віконну конструкцію в приміщення $J_{прим}$, з урахуванням поглинання УФ радіації у світлопрозорій конструкції.

$$J_{прим} = J_{сум} k_{ен} \left[\frac{МВт}{м^2} \right],$$

де $k_{ен}$ – коефіцієнт прозорості склопакета за кута θ .

3. Повна кількість УФ енергії, що пройшла через площу вікна (Q)

$$Q = J_{прим} S,$$

4. Доза УФ радіації в повітрі приміщення (Δ_n)

$$\Delta_n = 3,6Q \frac{\tau}{V} \left[\frac{Дж}{м^3} \right]$$

де

V - об'єм приміщення,

τ - тривалість опромінення, години.

5. Доза УФ радіації по поверхнях приміщення ($\Delta_{прх}$)

$$\Delta_{прх} = 3,6Q \frac{\tau}{F} \left[\frac{Дж}{м^2} \right]$$

де F – площа всіх поверхонь приміщення за вирахуванням площі вікна, $м^2$; 3,6 – коефіцієнт переведення розмірності $МВт \cdot год$ у розмірність $Дж$.

5 ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розглянемо приклад розрахунку інсоляції житлового приміщення. Нехай потрібно оцінити ефективність інсоляції житлового приміщення східної орієнтації в місті М (46⁰ пн. ш.) під час опромінення впродовж 2 годин (з 7⁰⁰ до 9⁰⁰), 22 березня.

Вихідні дані для розрахунку:

1. Параметри приміщення (ширина $B = 3,0$ м; глибина $L = 4,2$ м; висота $H = 2,8$ м).
2. Параметри світлоотвору (ширина $l = 1,9$ м; висота $h = 1,65$ м).
3. Конструкція вікна – однокамерний склопакет.
4. Тип скла – силікатне скло Лисичанського заводу.

Послідовність розрахунку:

1. За містобудівними параметрами забудови визначається азимут нормалі до площини вікна, $A_n = 90^\circ$ від напрямку на південь.

2. За часом опромінення визначають координати сонця середини періоду опромінення (на 8⁰⁰), $h_0 = 16,2^\circ$, $A_0 = 64,4^\circ$ (від напрямку на південь).

3. За параметрами A_n , h_0 і A_0 визначається кут між напрямком сонячного променя і нормою до площини вікна (θ) з використанням формул сферичної тригонометрії.

4. За актинометричними таблицями [4] визначається інтенсивність прямої УФ радіації діапазону < 320 нм на нормальну до променів поверхню і розсіяної радіації того самого діапазону на горизонтальну поверхню, як це подано в [4] для березня місяця для широти 46⁰. У нашому випадку на середину періоду опромінення (на 8⁰⁰): пряма $J = 5,3$ мВт/м² і розсіяна на вертикальну поверхню $0,5 \cdot J_{роз} = 27$ мВт/м².

Інтенсивність прямої УФ радіації на вертикальній поверхні коригується кутом θ :

$$J_{пр} = J_{\perp} \cos \theta = 5,3 \cos 30,3 = 5,3 \cdot 0,863 = 4,6 \text{ мВт/м}^2$$

Інтенсивність сумарної УФ радіації перед фасадом східної орієнтації становитиме:

$$J_{\text{сум}} = J_{\text{пр}} + 0,5J_{\text{роз}} = 4,6 + 27 = 31,6 \frac{\text{мВт}}{\text{м}^2}.$$

5. Коефіцієнт прозорості склопакета при $\theta = 30,3^\circ$ (див. [4]):

$$k_{\text{пр}} = k_1 + k_2 = 0,52 \cdot 0,52 = 0,27.$$

6. Інтенсивність УФ радіації в приміщенні після проходження через склопакет:

$$J_{\text{прим}} = J_{\text{сум}} k_{\text{ск}} = 31,6 \cdot 0,27 = 8,5 \text{ мВт} / \text{м}^2.$$

7. Повна кількість УФ енергії (Q), що пройшла через площу вікна ($S = h \cdot l, \text{м}^2$) у приміщення:

$$Q = J_{\text{ном}} S = 8,5 \cdot (1,69 \cdot 1,9) = 26,64 \text{ мВт}.$$

8. Доза УФ радіації під час двогодинного опромінення ($\tau = 2$ години), отримана повітрям приміщення (об'єм приміщення $V = LBH$ [м^3])

$$\Delta_{\text{п}} = 3,6 \frac{Q\tau}{V} = \frac{3,6 \cdot 26,64 \cdot 2}{4,2 \cdot 3,0 \cdot 2,8} = 5,43 \text{ Дж} / \text{м}^3.$$

9. Доза УФ радіації під час двогодинного опромінення ($\tau = 2$ години), отримана поверхнями приміщення [$F = (2LB + 2LH + 2BH) - S$]:

$$\Delta_{\text{прх}} = 3,6 \frac{Q\tau}{F} = \frac{3,6 \cdot 26,64 \cdot 2}{(2 \cdot 4,2 \cdot 3,0 + 2 \cdot 4,2 \cdot 2,8 + 2 \cdot 3,0 \cdot 2,8) - 3,13} = 3,07 \text{ Дж} / \text{м}^2$$

Зіставлення отриманих доз УФ радіації з нормативними дозами для повітря приміщень ($39 \text{ Дж} / \text{м}^3$) та його поверхонь ($15 \text{ Дж} / \text{м}^2$) показує, що в цьому випадку рівень бактерицидної ефективності не забезпечено не для повітря приміщення $\Delta_{\text{п}} = 5,43 < 39 \text{ Дж} / \text{м}^3$, не для його поверхонь $\Delta_{\text{прх}} = 3,07 < 15 \text{ Дж} / \text{м}^2$. Збільшення тривалості інсоляції до 3 годин (з 7^{00} до 10^{00}) також не дає необхідного рівня бактерицидної ефективності $\Delta_{\text{п}} = 14,7 < 39 \text{ Дж} / \text{м}^3$, $\Delta_{\text{прх}} = 8,3 < 15 \text{ Дж} / \text{м}^2$, бо висока інтенсивність УФ-радіації в 10^{00} різко знижується завдяки збільшенню кута θ , а отже, і зниженню $J_{\text{пр}}$ через пониження $\cos \theta$, а також зниженню $J_{\text{прим}}$ через пониження $k_{\text{ск}}$ при збільшенні θ .

Таким чином, східну орієнтацію світлоотворів не можна вважати оптимальною.

Орієнтація світлоотворів на південно-східний напрямок краща. Якщо світловий отвір того самого приміщення орієнтувати на південний схід, $A_{\text{н}} = 45^\circ$, то рівень бактерицидної ефективності інсоляції залежатиме від часу доби, в який відбувається опромінення, і тривалості опромінення.

За двогодинного опромінення з 9^{00} до 11^{00} у повітрі приміщення доза УФ радіації залишається нижчою за норму $\Delta_{\text{п}} = 29 < 39 \text{ Дж} / \text{м}^3$, а поверхні приміщення отримують необхідну дозу опромінення $\Delta_{\text{прх}} = 16,5 < 15 \text{ Дж} / \text{м}^2$. За тригодинного опромінення з 9^{00} до 12^{00} повітря і поверхні приміщення отримують необхідну дозу опромінення ($\Delta_{\text{п}} = 44,2 > 39 \text{ Дж} / \text{м}^3$, $\Delta_{\text{прх}} = 25 > 15 \text{ Дж} / \text{м}^2$).

Рівень бактерицидної ефективності розглянутого приміщення за двогодинного опромінення буде забезпечено тільки за орієнтації світлоотвору на південь

($\Delta_{\Pi} = 42,1 > 39 \text{ Дж} / \text{м}^3$, $\Delta_{\text{прх}} = 23,8 > 15 \text{ Дж} / \text{м}^2$), південний схід або південний захід за малих азимутів нормалі до площини вікна ($\Delta_{\Pi} = 39,9 > 39 \text{ Дж} / \text{м}^3$, $\Delta_{\text{прх}} = 22,6 > 15 \text{ Дж} / \text{м}^2$). Пояснення цьому впливає з табл. 4, з якої видно, що в перші години, після сходу сонця, а також і перед заходом сонця, інтенсивність прямої радіації дорівнює нулю аж до 9-ї години ранку, а розсіяної – до 8-ї години. Цей факт підтверджує проблеми санування приміщень у ранні години доби за східної орієнтації світлоотвору і за великих азимутів нормалі до площини вікна для південно-східного напрямку.

6 ВИСНОВКИ

Сучасні потреби до більш щільної забудови міських територій вимагають нових методик розрахунку інсоляції житлових приміщень. Застосовувати їх потрібно як на етапі проектування будівель, так і при реконструкції. Новий етап розвитку будівельної індустрії вимагає об'єктно орієнтованих кількісних методів оцінювання інсоляції з урахуванням як мінімальних показників для забезпечення санітарно-гігієнічних вимог, так і верхніх, граничних значень для забезпечення енергоефективності та житлового комфорту. Енергетичний підхід є однією із можливостей досягнення потрібного результату.

7 ЕТИЧНІ ДЕКЛАРАЦІЇ

Автори статті не мають відповідних фінансових чи нефінансових інтересів, які слід розкривати.

Література

1. Будинки і споруди. Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення. ДСТУ Н Б В.2.2-27:2010. (Дата введення 2011.01.01). Мінрегіонбуд України. К.: Укрархбудінформ, 2010. 81 с.
2. Санітарні норми та правила забезпечення інсоляції житлових та громадських будівель та територій житлової забудови. СН 2605-82. (Введено в дію з 2 липня 1982 р.). М.: Мінздрав СРСР. (Державні санітарні норми України), 1982. 3 с.
3. Житлові будинки. Основні положення. ДБН В.2.2.-15-2005. (Дата введення 2006.01.01). Держбуд України, К.: Укрархбудінформ, (Державні будівельні норми України), 2005. 50 с.
4. Посібник з будівельної кліматології. М.: БІ, 1977. 328 с.
5. Вітвицька О.В. Аналіз методів інсоляційних побудов. Одеса: ОДАБА, Теорія архітектури. Реставрація пам'яток, 2007, С.512-520.
6. Глікман М.Т., Арсірій А.Н., Клімчук Д.А. Принципи формування та оцінки світлопрозорих конструкцій в умовах реконструкції та модернізації будівель. Одеса: ОДАБА, Збірник СБКМД, 2006. №10. С.28-33.
7. Глікман М.Т., Гілодо А.Ю., Арсірій А.Н. Можливості вдосконалення систем природного освітлення при реконструкції та модернізації будівель. Світло люкс, 2005. №5. С. 26-28.
8. Chatzipoulka, C., & Nikolopoulou, M. Urban geometry, SVF and insolation of open spaces: London and Paris. Building Research and Information, 46(8), 2018. P. 881–898. <https://doi.org/10.1080/09613218.2018.1463015>
9. SSI, CEN. SS-EN 17037:2018+A1:2021 Daylight in buildings. European Committee for Standardization (CEN). 2021.
10. Kristiansen T., Jamil F., Nameed I.A., Hamdy M. Predicting annual illuminance and operative temperature in residential buildings using artificial neural networks, Build. Environ. 217. 2022, 109031, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109031>.

11. Wang J., Wang Z., de Dear R., Luo M., Ghahramani A., Lin B. The uncertainty of subjective thermal comfort measurement, *Energy Build.* 181. P. 38–49, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.09.041>.

References

1. Будинки і споруди. Настанова з розрахунку інсоліації об'єктів тсвил'ного призначення. (2010). DSTU N B V.2.2-27:2010. [Data vvedeniya 2011-01-01] / Minregionbud Ukrainy. K.: Ukrarhbuildinform. (Derzhavny standart Ukrainy). [in Ukraine].
2. Sanitarnyye normy i pravila obespecheniya insolyatsiyey zhilyh i obshchestvennyh zdaniy i territoriy zhiloy zastroyki. (1982). SN 2605-82. [Vvedeny v dejstviye so 2 iyulya 1982 g.] M.: Minzdrav SSSR. (Derzhavnye sanitarnyye normy Ukrainy). [in Ukraine].
3. Zhytlovi budynky. Osnovni polozhennya. (2005). DBN V.2.2.-15-2005. [Data vvedeniya 2006-01-01] / Derzhbud Ukrainy. K. : Ukrarhbuildinform. (Derzhavni budivelni normy Ukrainy).
4. Posibnyk z budivelni klimatologii. (1977). M.: BI.
5. Vitvytska O.V. (2007). Analiz metodiv insolyatsiinykh pobudov. Odesa: ODABA. *Teoriia arkhitektury. Restavratsiia pamiatnykiv*. [in Ukraine].
6. Hlikman M.T., Arsirii A.N., Klimchuk D.A. (2006). Pryntsypy formuvannia svitloprozorykh konstruksii v umovakh rekonstruksii ta modernizatsii budivel. Odesa: ODABA, Zbirnyk SBKMD, 10. [in Ukraine].
7. Hlikman M.T., Glikman M.T., Arsirii A.N. (2005). Mozhlyvosti vdoskonalennia system pryrodnoho osvittlenia pry rekonstruksii ta modernizatsii budivel. *Svitlo liuks.* (5). 26-28. [in Ukraine].
8. Chatzipoulka, C., Nikolopoulou, M. (2018). Urban geometry, SVF and insolation of open spaces: London and Paris. *Building Research and Information*, 46(8). 881–898. <https://doi.org/10.1080/09613218.2018.1463015>.
9. SSI, CEN. (2021). SS-EN 17037:2018+A1:2021 Daylight in buildings. European Committee for Standardization (CEN).
10. Kristiansen T., Jamil F., Hameed I.A., Hamdy M. (2022). Predicting annual illuminance and operative temperature in residential buildings using artificial neural networks, *Build. Environ.* 217. 109031, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109031>.
11. Wang J., Wang Z., de Dear R., Luo M., Ghahramani A., Lin B. The uncertainty of subjective thermal comfort measurement, *Energy Build.* (181). 38–49, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.09.041>.

Патрашку Євген Вікторович

Одеська державна академія архітектури та будівництва,
аспірант
вул. Дідріхсона, 4 Одеса, Україна 65029
patrashku07@gmail.com,
ORCID: 009-0008-4802-2889

Колесник Сергій Миколайович

Одеська державна академія архітектури та будівництва,
аспірант,
вул. Дідріхсона, 4 Одеса, Україна 65029
serhiicool@gmail.com,
ORCID: 0009-0009-5669-362

Для посилань:

Патрашку Є. В., Колесник С. М. Про обчислення інсоліації приміщень. *Механіка та математичні методи*, 2024.Т. VI. № 2. с. 175–184.

For references:

E. Patrashku, S. Kolesnyk. (2024). On calculating the insolation of indoor spaces . *Mechanics and mathematical methods*. VI (2). 175–184.