

ГЕОМЕТРИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДБИТОГО СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ІНСОЛЯЦІЇ В АРХІТЕКТУРІ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Розглянуто геометричні основи можливостей використання відбитого сонячного опромінення для інсоляції в архітектурі на базі його моделей у вигляді добового конуса відбитих сонячних променів, лінії ходу точок інсоляції та конвертів відбитої інсоляції.

Постановка проблеми. Ефективне відбите сонячне випромінювання в забудові створюється освітленими огороженнями будівель та споруд, які мають високий коефіцієнт відбиття або їх дзеркальним заскленням.

Геометричні закономірності розповсюдження потоків одноразово та багаторазово відбитих сонячних променів стосовно задач геліотехніки, інсоляції та геліоосвітлення розглядалися в ряді робіт [1-4].

На можливість використання відбиття від дзеркальних засклень фасадів було звернено увагу в статті [5] Вітвицької О.В., в якій було наведено як приклад використання автором при проектуванні відбиття від дзеркальних огорожень балконів. В статті [6] була підтримана така пропозиція та розпочато геометричний аналіз можливостей використання відбитої інсоляції на основі раніше викладених досліджень по моделюванню потоків відбитих сонячних променів.

Цей аналіз визначив потребу більш детального розвитку геометричних основ використання відбитої інсоляції.

Аналіз останніх досліджень. До поставленої проблеми в першу чергу відносяться дослідження по моделюванню потоків сонячних променів при відбитті від площини та по управлінню цими потоками, тому що архітектурні об'єкти мають переважно гранні форми, утворені вертикальними та похилими площинами [2, 3].

Основна властивість відбиттів площинами полягає в тому, що зберігається паралельність променів, змінність напряму яких моделюється напрямним добовим конусом відбитих променів. Він є похідним від напрямного добового конуса прямих сонячних променів і отримується одним або кількома його дзеркальними відображеннями відносно площин відбиття. Це дозволяє враховувати в обох випадках зміни, залежні від широти місцевості, дати року та часу доби, виконувати побудови та аналітичні описи залежностей змінних величин на основі зв'язків між конусами, а також і між результатами їх застосування. Серед результатів слід звернути увагу на лінії ходу слідів прямих та відбитих сонячних променів, конверти тіней та інсоляції [2,7], які відображають вплив фактора часу.

Постановка завдання статті. Розглянути геометричні основи можливостей використання відбитого сонячного випромінювання для інсоляції

в архітектурі та його моделювання на базі добового конуса відбитих сонячних променів, побудови лінії сходу точок інсоляції та конвертів відбитої інсоляції.

Основна частина. Напрямні добові конуси прямих та відбитих сонячних променів мають наступні властивості та зв'язки стосовно поставлених задач.

Добовий конус Φ прямих сонячних променів має вісь постійного напрямку, паралельного осі Землі, створює кут $\varphi=66,55^\circ$ з площиною орбіти Землі. Протягом року змінюється кут α між твірною конуса та віссю. Якщо допустити, що протягом доби Земля знаходиться в одній точці орбіти, то добовий конус стане конусом обертання, а його кут α визначається за формулою [1,2]:

$$\cos\alpha = \cos\varphi \cdot \cos\gamma = 0,39,79 \cos\gamma \quad (1)$$

де γ - кут повороту Землі по орбіті, відрахований від 22 червня. За умови допущення, що рух Землі по орбіті відбувається рівномірно по коловій орбіті, цей кут на N -у добу після 22 червня дорівнює:

$$\gamma_N = 360 \cdot \frac{N}{365}$$

Кут α в дні сонцестояння дорівнює φ та $180-\varphi$, в дні рівнодення $\alpha=90^\circ$.

Площина рівнодення поділяє всю множину добових конусів на конуси літнього та зимового півріччя. В нормуванні та розрахунку інсоляції прийнято розглядати денну частину конусів літнього півріччя, яка для північної півкулі знаходиться між 22 березня та 21 вересня.

Поділ конуса на денну та нічну частини залежить від широти δ . Його можна отримати при проведенні через вершину площини горизонту, паралельної дотичній площині до земної кулі в обраній точці. Ця площина з віссю утворює кут δ . У зв'язку з цим поділ на одній широті в будь-якій точці однаковий.

Для задач інсоляції є важливим визначення азимутів та годинних кутів точок сходу і заходу Сонця для будь-яких широт δ та кутів α конусів літнього півріччя [1, 8].

Нехай для заданої широти і дати року отримано за формулою (1) кут α добового конуса прямих сонячних променів. Визначити азимут та час сходу та заходу Сонця.

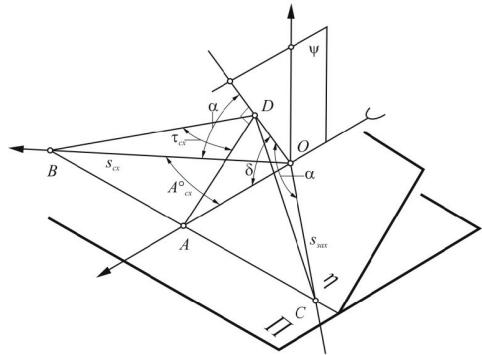


Рис. 1

Вершина O конуса обрана в площині Π горизонту, вісь i конуса знаходиться в полуденній площині ψ і утворює з площиною Π кут δ (рис.1). Твірні $S_{сх}$ і $S_{зах}$ конуса, що належать Π_i задають напрями на схід і захід Сонця, будується як симетричні площині ψ так, щоб їх кут з віссю дорівнював α . Якщо добовий конус обмежити площиною $\eta \perp i$, що проходить через точку D

осі конуса, то отримуються трикутники із заданими величинами $\delta (< AOD)$, $\alpha (< DOB = < DOC)$.

Кут AOB рівний азимуту сходу. Симетричний йому кут AOC дорівнює $360^\circ - A^\circ_{зах}$. Виходячи з побудов отримуються наступні залежності.

З трикутників AOD і BOD $AO = \frac{OD}{\cos\delta}$ та $BO = \frac{OD}{\cos\alpha}$. Тоді з трикутника AOB отримується значення:

$$\cos A^\circ_{cx} = \frac{\cos\alpha}{\cos\delta} \quad (2)$$

Враховуючи, що з трикутника AOD $AD = OD \cdot \operatorname{tg}\delta$, а з трикутника BOD $BD = OD \cdot \operatorname{tg}\alpha$, з трикутника ADB отримується значення косинуса годинного кута сходу Сонця

$$\cos \tau^\circ_{cx} = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\delta} \quad (3)$$

Спільний розгляд (2) і (3) дає лінійну залежність між косинусами годинного кута і азимутами сходу Сонця.

$$\cos \tau^\circ_{cx} = \frac{\operatorname{tg}\delta}{\operatorname{tg}\alpha} = \frac{\sin\delta \cdot \cos\alpha}{\cos\delta \cdot \sin\alpha} = \frac{\sin\delta}{\sin\alpha} \cdot \cos A^\circ_{cx}, \text{ або}$$

$$\cos \tau^\circ_{cx} = k A^\circ_{cx} \quad (4)$$

де $k = \frac{\sin\delta}{\sin\alpha}$ – постійний коефіцієнт для заданих широт і часу. Годинний кут τ°_{cx} можна перевести в часові показники n годин і m хвилин, виходячи з того, що за годину Земля обертається навколо осі на 15° , а за хвилину на $0,25^\circ$. Тоді (4) можна переписати:

$$\cos(n 15^\circ + m 0,25^\circ) = k \cos A^\circ_{cx} \quad (4')$$

Висота сонцестояння H° змінюється від 0° в точках сходу і заходу Сонця до H°_{max} опівдні. H°_{max} залежить від широти δ та кута φ або α між віссю та твірною добового конуса прямих сонячних променів. Для літнього півріччя вона рівна в день літнього сонцестояння $180^\circ - (\varphi + \delta)$, в довільний день $180^\circ - (\alpha + \delta)$, в день рівнодення $90^\circ - \delta$ (рис.2)

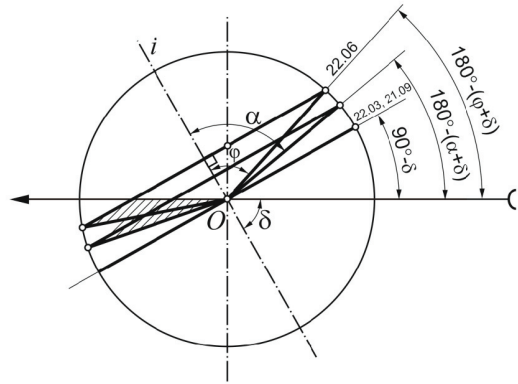


Рис. 2

Добовий конус Φ' відбитих сонячних променів знаходиться відносно добового кута Φ прямих сонячних променів або в дзеркальній симетрії відносно площини ω відбиття або в осьовій симетрії відносно нормалі n цієї площини [3].

Площина відбиття для відбитих променів являється умовною площиною горизонту і дає уявну лінію горизонту на сонячній карті, а також визначає уявну денну частину на добовому конусі відбитих променів. Ця денна частина в

добового конуса відбитих променів і опромінюваної площини. Їхній взаємний перетин дає еліпс, коло, параболу або гіперболу.

На рис. 4 показана побудова лінії a_φ ходу точки інсоляції від точки A південного фасаду ω будинку на горизонтальну площину $\psi \equiv \Pi$. Ця лінія в наведеному прикладі є віткою гіперболи як результату перетину денної частини добового конуса Φ' відбитих променів з площиною Π . Її асимптоти мають азимуту сходу та заходу Сонця.

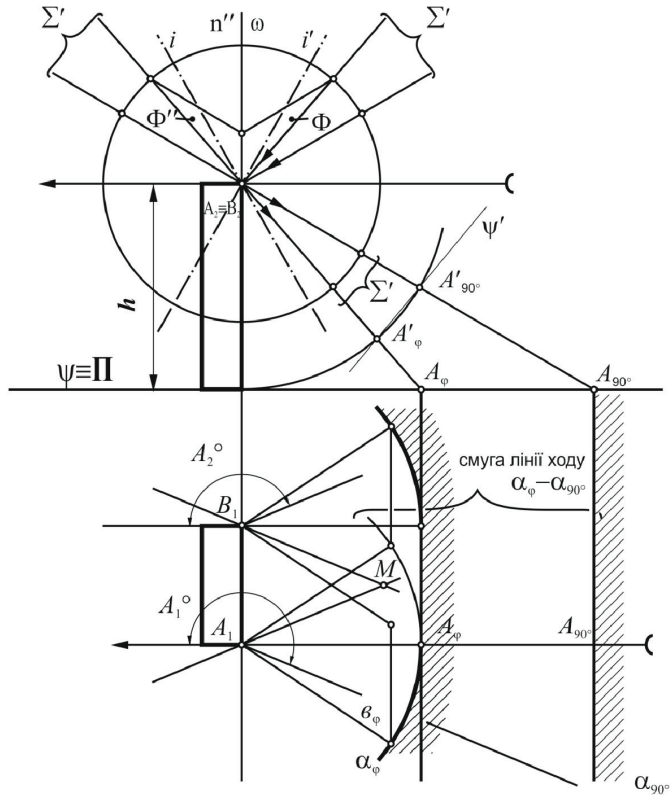


Рис.4

В день рівнодення лінія ходу точки інсоляції є пряма a_{90° ($\alpha=90^\circ$). Проміжні лінії ходу точок інсоляції при інших значеннях α ($66,5 < \alpha < 90^\circ$) між a_φ і a_{90° представляють собою для літнього півріччя сім'ю віток гіпербол.

На основі цих ліній може бути побудовані добові конверти інсоляції.

На рис. 4 показані такі конверти для днів літнього сонцестояння та рівнодення.

На основі отриманих конвертів можна визначити час відбитої інсоляції в забудові. Так точка M інсолюється в проміжок часу між годинами, які

відповідають азимутам A_1° та A_2° , падаючих променів, відповідних відбитим променям AM і BM . Якщо точка знаходиться між граничними лініями a_φ і a_{90° смуги інсоляції, то її інсоляція починається з дня що відповідає лінії a_α , яка проходить через цю точку.

При секторі Σ'' конусів відбитих променів в літнє півріччя більш ефективно опромінювалася би площина ψ' , яка віддалена від точки A на ту ж віддаль h_0 , але має меншу ширину смуги інсоляції ($A'_\varphi A'_{90^\circ} < A_\varphi A_{90^\circ}$). На такій же основі можна і при інших положеннях ω обирати площину ψ' ефективного опромінення.

Аналогічні побудови виконуються при довільних положеннях відбивальної ω та опромінюваної ψ площин, на основі алгоритмів, що реалізують залежності отримуваних величин від значень δ , α та φ .

Слід звернути увагу на те, що для обраної доби лінії ходу точки інсоляції подібні тому, що є лініями перерізів одного добового конуса відбитих променів паралельними площинами. Тому можна для обраної віддалі h_0 від вершини конуса до отриманої площини ψ побудувати шаблон лінії ходу, а для інших значено h_i виконувати процедуру масштабування з коефіцієнтом $\frac{h_i}{h_0}$. Якщо потрібно користуватись горизонтальною проекцією лінії в площині ψ , то можна спиратися на властивості спорідненої відповідності.

Це дозволяє за одним шаблоном вирішувати задачі в забудові при різних висотах будинків і віддаль до опромінюваних площин.

Реальні умови прямого і відбитого сонячного опромінення для заданої широти δ дозволяють вести розрахунки в конкретних проектних ситуаціях.

Розглянемо приклад визначення розмірів, які забезпечують повне використання відбитого сонячного світла в літню половину року, при південному фасаді одного будинку з дзеркальним засткленням і північному фасаді будинку, що інсолюється. Нехай висота сонцестояння опівдні в день рівнодення дорівнює H_1° , в дні літнього сонцестояння H_2° , віддаль між будинками рівна l (рис.5).

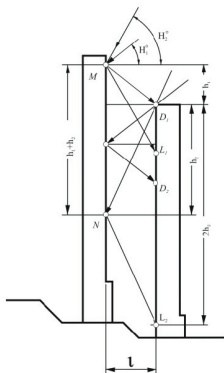


Рис. 5

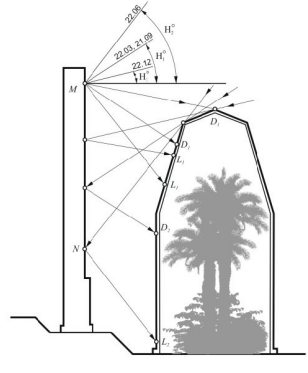


Рис.6

Для того, щоб в рівнодення почалось опромінення, верхня точка М зашклення повинна бути вище від точки D_1 опромінення на величину $h_1 = l \cdot \operatorname{tg} H_1^\circ$. Промінь в день літнього сонцестояння, що проходить через точку D_1 , дасть нижчу точку N зашклення на віддалі від D_1 по висоті рівну $h_2 = l \cdot \operatorname{tg} H_2^\circ$. Звідси висота зашклення $MN = l \cdot (\operatorname{tg} H_1^\circ + \operatorname{tg} H_2^\circ)$, а висота опромінення $D_1 L_2 = 2 \cdot l \cdot \operatorname{tg} H_2^\circ$. При цьому смуга інсоляції променями, що проходять через верх зашклення обмежується горизонтальною прямою, що проходить через D_1 , та гіперболою, що проходить через L_1 . Смуга інсоляції променями, що проходять через верхнє горизонтальне ребро фасаду, що інсолюється, обмежується горизонтальною прямою, яка проходить через D_2 та гіперболою, що проходить через L_2 .

Для $\delta = 50^\circ$ при $l = 30$ м $h_1 = 25,17$ м, $h_2 = 60,17$ м. При більших значеннях l або зменшенні висотних показників відбиті потоки використовуються неповно.

Час відбитої інсоляції, яка надходить в приміщення через віконні прорізи визначається по дугах смуги лінії ходу точок інсоляції літнього півріччя в межах фігури світлопрорізу.

На рис. 6 показана можливість використання відбитої інсоляції в якості додаткової для приміщення оранжереї. Для реалізації парникового ефекту і отримання тепла передбачено використання сонячного опромінення і в зимове півріччя.

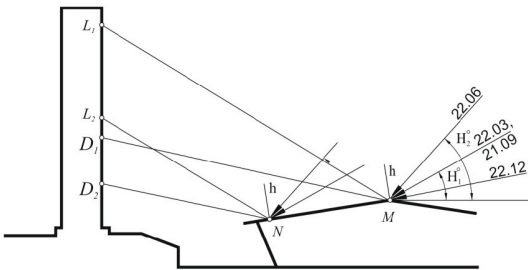


Рис. 7

На рис. 7 показана можливість отримання додаткової інсоляції світлопрорізів південного фасаду ψ за рахунок відбиття від зашкленої нахиленої площини ω покриття будівлі. Час такої інсоляції також можна визначити по дугах смуги лінії ходу точок інсоляції в межах фігури світлопрорізу.

Висновок. Геометрія прямого і відбитого сонячного опромінення дає можливість використовувати відбиту інсоляцію. Доцільність і ефективність цього повинна бути оцінена дослідженням енергетичної характеристики відбитих потоків та їх спектру з урахуванням реальних умов проектування.

Література

1. Подгорный А. Л. К вопросу автоматизации инсоляционных расчётов. // Прикл. геом. и инж. графика.-К.: 1981 Вып.31.-С.12-15
2. Підгорний О. Л., Щенетова І. М., Сергейчук О. В., Зайцев О. М., Процюк В. П., Світлопрозорі огороження будинків. Навчальний посібник. К.: Видавець Домашевська О.А. 2005.-282с.

3. Підгорний О. Л. Моделирование прямого та відбитого сонячного світла стосовно задач геліотехніки та геліоосвітлення. // Энергозбереження в будівництві та архітектурі. –К.: 2011. Вип.2.-С.5-8

4. ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010 Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення. –К.: Міжрегіонбуд України. 2010.

5. Витвицкая Е. В. Зеркальные остекления фасадов зданий для обеспечения инсоляции в застройке. //Технічна естетика і дизайн. К.: 2011. Вип.9.-с.45-50

6. Підгорний О. Л. Геометричний аналіз можливостей використання відбитої інсоляції в архітектурі. // Энергозбереження в будівництві та архітектурі. –К.: 2012. Вип.3.-С.3-8

7. Підгорний О. Л. Добовий конус відбитих сонячних променів. // Прикл. геом. та інж. графіка –К.: 2004. Вип.74.-С.9-13.

8. Підгорний О. Л. Про реальні умови сонячного освітлення архітектурних об'єктів і тінеутворення. // Прикл. геом. та інж. графіка –К.: 2000. Вип.67.-С.16-20.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРАЖЕННОГО СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ИНСОЛЯЦИИ В АРХИТЕКТУРЕ

А. Л. Подгорный

Изложены геометрические основы возможностей использования отраженного солнечного излучения для инсоляции в архитектуре на базе его моделей в виде суточного конуса отраженных солнечных лучей, линий хода точек инсоляции и конвертов отраженной инсоляции.

GEOMETRIC BASICS OF REFLECTED SOLAR RADIATION FOR INSOLATION IN ARCHITECTURE

O. L. Pidgorny

Contains geometric basics of solar radiation for reflected insolation in the architecture based on the models in the form of a cone of daily sunlight reflected lines of dots insolation and envelopes reflected insolation.