

Київський національний університет будівництва і архітектури

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕГРАЦІЇ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У ВИСОТНІ БІОКЛІМАТИЧНІ БУДІВЛІ

У статті розглядається геометричне моделювання інтеграції сонячної енергії у висотні біокліматичні будівлі. Для моделювання змінних параметрів сонячного опромінення застосовано геометричну модель добового конуса сонячних променів. Зони ефективного опромінення на поверхнях висотних біокліматичних будівель визначаються при геометричному моделюванні на них зон постійного, перемінного затінення та постійного освітлення при заданих параметрах часу, географічного та просторового розташування поверхні.

Ключові слова: відновлювальна сонячна енергія; сонячна радіація; висотні біокліматичні будівлі

Постановка проблеми. Особливістю висотних будинків є їх високе енергоспоживання у порівнянні з будинками меншої поверховості, що можна компенсувати за рахунок інтеграції сонячної енергії [1]. Інтеграція сонячної енергії у висотну забудову дає можливість зменшити енергетичне навантаження. Актуальною задачею є розробка засобів, здатних обґрунтувати прийняття рішень щодо доцільності інтеграції геліосистем при енергетично ефективному проектуванні висотних будівель.

Аналіз досліджень. Можливості енергозбереження на основі геометричних досліджень умов сонячного опромінення, природного освітлення відображені у кандидатських, докторських дисертаціях та основних публікаціях, виконаних на кафедрі архітектурних конструкцій КНУБА, пов'язаних з розділом «Світлотехніка» архітектурно - будівельної фізики [2]. Окремим напрямком виділяються дослідження стосовно сонячного опромінення у зв'язку із задачами використання сонячної енергії. У [3,4] розглянуті питання геометричного моделювання в отриманні просторових моделей надходження сонячної радіації на площини та поверхні, з урахуванням азимута, кута нахилу, географічної широти, проміжку часу в годинах, добах на основі добового конуса сонячних променів. У роботах [5,6] розглядаються задачі визначення граней чи зон поверхні оболонки для проектування сумішених з конструкціями будівель геліоприймачів.

Основна частина. Використання сонячної енергії у сучасних висотних будівлях приводить до постановки задачі визначення ефективності розміщення геліоприймальних пристроїв на їх поверхнях.

Отже, цільовим об'єктом дослідження є висотні будівлі та їх елементи, де планується розмістити геліоприймачі для отримання енергії Сонця. Питання оптимізації розміщення геліоприймачів на поверхні висотної будівлі має визначатися комплексно з урахуванням різних факторів впливу. В основі проектування біокліматичних висотних будівель лежить принцип їх максимальної адаптації до оточуючого природного середовища, з урахуванням багатьох аспектів клімату, їх добових та сезонних змін, що розглядається на трьох рівнях: макроклімат; мезоклімат, мікроклімат [7].

Моделювання процесів інтеграції геліосистем у будівлю на геометричній основі включає моделювання руху Сонця, параметрів поверхонь самої будівлі та елементів геліосистем, що надає можливість обґрунтованого та ефективного вибору для вирішення різних задач, що виникають у процесі проектування.

При геометричному моделюванні інтеграції геліосистем у висотну біокліматичну будівлю на макрорівні, відбувається первинний аналіз щодо потенціалу сонячного опромінення відповідно до географічного розташування об'єкта будівництва на планеті. Різноманітним регіонам планети характерна різна тривалість та інтенсивність сонячної радіації. На рис. 1 представлена геометрична модель зміни тривалості сонячного опромінення для заданого дня року (22.06) при зміні розташування об'єкта будівництва на планеті.

В основі лежить застосування геометричної моделі добового конуса сонячних променів Φ , що була запропонована проф. О.Л. Підгорним [3]. Дотична площина до поверхні земної кулі визначає положення площини

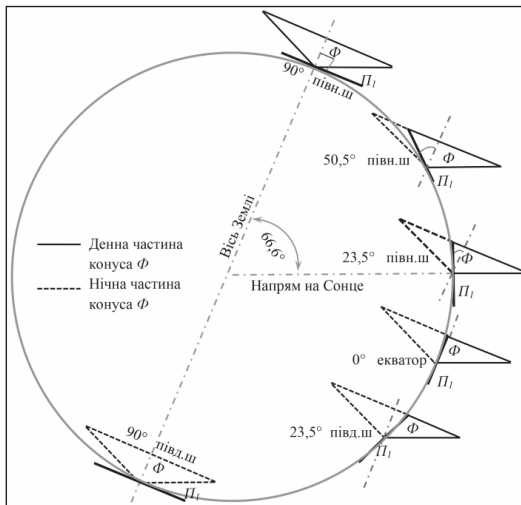


Рис.1 Зміна денної та нічної частини добового конуса Φ 22.06 на різних географічних широтах

горизонту Π_1 на заданій широті, а також розділ добового конуса Φ на денну та нічну частину, якщо його вершина знаходиться у площині горизонту. Кут між віссю конуса Φ і площиною горизонту Π_1 є рівним широті δ місцевості [2,3]. На рис. 1 видно, що при переміщенні вершини конуса Φ по поверхні земної кулі, денна частина конуса Φ , а відповідно і тривалість сонячного опромінення змінюється у зв'язку зі зміною δ від свого максимального

значення (24 години) з північного полярного кола (90^0 півн. ш.) до північного полюса (90^0 півд. ш.) до мінімального (нуль годин) і пройде через відмітку рівних дня і ночі на екваторі 0^0 .

При геометричному моделюванні геліосистем на мезо та мікрорівнях відбувається аналіз щодо потенціалу сонячного опромінення висотної будівлі відповідно до його форми, положення та тінеутворюючого впливу оточення. Ціллю геометричного моделювання є визначення зон ефективного сонячного опромінення на поверхні висотної будівлі. Зони ефективного сонячного опромінення на поверхнях висотних будівель визначаються геометричним моделюванням зон утворення власних та падаючих тіней з урахуванням динаміки сонячного світла.

Зони постійного, перемінного освітлення, постійного затінення на поверхні висотної будівлі визначають місця раціонального розташування геліосистем. Так зони постійного освітлення є найкращими для розташування в них фотоелектричних панелей, на ефективність роботи яких впливає відсутність затінення. Області постійного та змінного затінення, в яких переміщуються контури власної тіні на поверхні висотної будівлі визначаються за допомогою змінних годинних твірних добового конуса сонячних променів для заданих параметрів дня року та широти місцевості (рис. 2). Контур власної тіні на поверхні Δ визначиться, як лінія

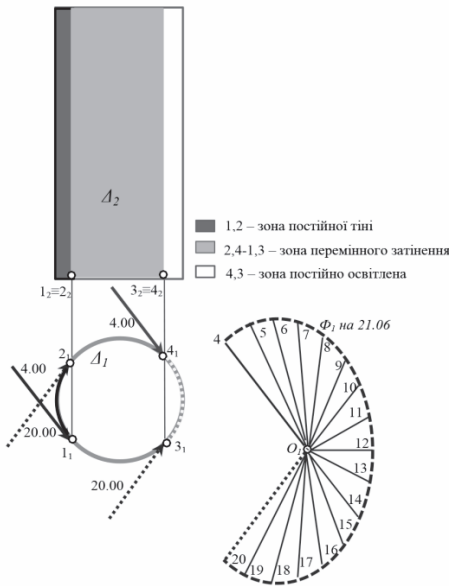


Рис. 2 Визначення зон руху власної тіні на циліндричній поверхні для 21.06 на широті $50,5^0$ півн. ш.

дотику до неї циліндричної обгортної поверхні променів для заданої години дня. Для поверхонь 2-го порядку це коло і еліпс (сфера, еліпсоїд, однопорожнинний гіперboloїд), гіпербола (одно- і двопорожнинні гіперboloїди), парабола (параboloїд обернення, еліптичний і гіперболічний параболоїди), дві прямі (конічні і циліндричні поверхні).

Межа між зонами перемінного та постійного затінення є лінією світлового розділу як обвідна всіх освітлених частин. Межа між зонами постійного освітлення і перемінного затінення є межею тіньового розділу як обвідна всіх контурів власних тіней. Зону постійного

освітлення слід виділити як зону найбільш ефективного розташування геліоприймачів.

Розмір зон перемінного затінення та постійного освітлення може зменшуватись з урахуванням зон падаючих тіней.

При змінному сонячному освітленні падаюча тінь від точки характеризується лінією ходу. Зміна лінії ходу падаючих тіней на поверхні залежить від взаємного положення добового конуса сонячних променів Φ та поверхні висотної будівлі. Відповідно з чим змінюється характер їх перетину (повний перетин, частковий, з однією чи кількома спільними дотичними площинами) та набувають змін параметри лінії ходу тіні. Для різних випадків перетину вона може бути - плоскою, просторовою, з подвійними точками чи без них, розпадатись на окремі криві в тому числі плоскі.

Геометрично визначення траєкторії руху падаючої тіні на заданій поверхні є, по-перше, задачею на побудову лінії перетину двох поверхонь – поверхні носія падаючої тіні та добового конуса сонячних променів з вершиною на тінеутворюючем об'єкті. По-друге, задачею на виділення з лінії перетину частини, що відноситься до реальної лінії ходу падаючої тіні. На рис. 3 лінії ходу падаючої тіні на 22.06 та 22.12 визначають зону руху падаючої тіні від т. G на циліндричній поверхні Δ для $50,5^0$ півн. широти. Лінії світлового розділу, що уявляють собою лінії дотику до поверхні Δ огортаючої поверхні з вершиною в точці G тінеутворення та визначають годинні твірні добового конуса сонячних променів, обмежують зону тінеутворення (для 22.06 – з 8.00 – 16.00; для 22.12 з 10.00 до 14.00). Лінія перетину добового конуса Φ з горизонтальною площиною, що проходить через точку тінеутворення G , визначає границі денної зони тінеутворення. Слід відзначити, що зміна параметрів форми і положення поверхні Δ на Δ' (рис.3) при відповідній зміні відстані до точки тінеутворення G відносно поверхні Δ' впливає на зміну часу та тривалості тінеутворення (для 22.06 – з 10.00 – 14.00; для 22.12 з 11.00 до 13.00).

Використання геометричної моделі добового конуса сонячних

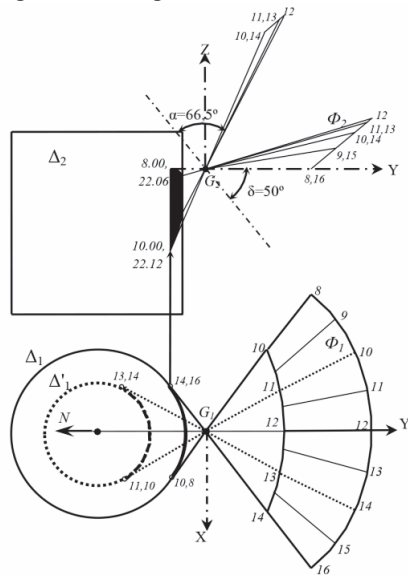


Рис. 3. Визначення зони руху падаючої тіні на циліндричній поверхні Δ у динаміці протягом року на широті $50,5^0$ півн. ш.

променів дає можливість визначати на поверхні висотної будівлі зони постійного освітлення, перемінного та постійного затінення для визначення місця розташування на ній геліоприймальних пристроїв. Крім того, надає можливість визначення годинних параметрів зон освітлення поверхні висотної будівлі прямим сонячним світлом. Відповідно, визначати координати Сонця (A_{so} , H_{so}) в зонах освітлення та розраховувати оптимальні кути нахилу геліоприймальних пристроїв для отримання енергії Сонця.

Література

1. Zhigilina A., Ponomarenko A. (2018) Energy efficiency of high-rise buidings. E3S Web of Conferences 33.02003, doi: : <http://doi.org/10.1051/e3sconf/20183302003>.
2. Підгорний О.Л. Можливості енергозбереження на основі геометричних досліджень умов сонячного опромінення, природного та штучного освітлення // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Київ, 2007. – Вип. 78. – С. 5-10.
3. Підгорний О.Л. Геометричне моделювання надходження сонячної радіації на різні поверхні// Прикладна геометрія та інженерна графіка. Київ, 1993. – Вип. 54. – С. 10-12.
4. Моделювання на ПК умов змінного прямого сонячного опромінення / Методичні вказівки до практичних занять та виконання розрахунково-графічних робіт з розділу «Архітектурна світлотехніка» / уклад. О.Л. Підгорний, О.В. Кривенко. Київ: КНУБА, 2007, 52с.
5. Мартинов В.Л. Моделювання надходження сонячної радіації на гранні поверхні архітектурних об'єктів. Дис. канд. техн. наук: 05.01.01. Київ: КИСИ, 1993. – 118с.
6. Запривода В.І. Геометричне моделювання надходження сонячної радіації на поверхні просторових покриттів архітектурних об'єктів. Дис. канд. техн. наук: 05.01.01. Київ: КНУБА, 2002. – 137с.
7. Кривенко О.В. Біокліматична архітектура як явище в екологічній архітектурі// Енергоефективність в будівництві та архітектурі. Київ: КНУБА, 2013. Вип. 4, С.155-160

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ВЫСОТНЫХ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ ЗДАНИЯХ

Кривенко О.В.

*Киевский национальный университет
строительства и архитектуры*

Особенностью высотных зданий является их высокое энергопотребление в сравнении со зданиями меньшей этажности. Использование солнечной энергии позволяет уменьшить энергетическую нагрузку. Актуальной задачей является

разработка средств, способных обосновать принятие решений о целесообразности интеграции гелиосистем при энергетически эффективном проектировании высотных зданий.

В статье рассматриваются способы геометрического моделирования при определении эффективного солнечного облучения на поверхностях высотных биоклиматических зданий. В основе проектирования биоклиматических высотных зданий лежит принцип их максимальной адаптации к окружающей природной среде, который рассматривается на трех уровнях: макроклимат, мезоклимат, микроклимат.

При геометрическом моделировании интеграции гелиосистем в высотное биоклиматическое здание на макроуровне, происходит первичный анализ относительно потенциала солнечного облучения в соответствии с географическим расположением объекта строительства на планете. Применение геометрической модели суточного конуса солнечных лучей Φ , которая была предложена проф. А.Л. Подгорным, позволяет проводить анализ изменения продолжительности солнечного облучения для заданного дня года при изменении географического расположения объекта строительства на планете.

При геометрическом моделировании интеграции гелиосистем на мезо и микроуровнях происходит анализ относительно потенциала солнечного облучения высотного здания в соответствии с его формой, положением и затенением. В статье предложено зоны эффективного солнечного облучения на поверхностях высотных зданий определять геометрическим моделированием зон образования собственных и падающих теней с учетом динамики солнечного света. Зоны постоянного, переменного освещения, постоянного затенения на поверхности высотного здания определяют места рационального расположения гелиосистем.

Ключевые слова: возобновляемая солнечная энергия; солнечная радиация; высотные биоклиматические здания.

GEOMETRIC MODELING OF INTEGRATION OF SOLAR ENERGY IN HIGH-RISE BIO-CLIMATE BUILDINGS

Krivenko O.

Kiev National University of Construction and Architecture

A feature of high-rise buildings is their high energy consumption compared to buildings of lower height. The use of solar energy can reduce the energy load. An urgent task is to develop tools that can justify decision-making on the feasibility of integrating solar systems in the energy-efficient design of high-rise buildings.

The article discusses the methods of geometric modeling in determining the effective solar radiation on the surfaces of high-rise bioclimatic buildings. The design of bioclimatic high-rise buildings is based on the principle of their maximum adaptation to the natural environment, which is considered at three levels: macroclimate, mesoclimate and microclimate.

In geometric modeling of the integration of solar systems into a high-rise bioclimatic building at the macro level, a primary analysis is carried out regarding the potential of solar radiation in accordance with the geographical location of the

high-rise buildings on the planet. Application of the geometric model of the diurnal cone of solar rays Φ , which was proposed by prof. A. Podgorny allows you to analyze changes in the duration of solar exposure for a given day of the year when changing the geographical location of the construction site on the planet.

Geometric modeling of heliosystems at the meso and micro levels analyzes the potential for solar radiation of a high-rise building in accordance with its shape, position and shading. In the article, it is proposed that zones of effective solar radiation on the surfaces of tall buildings be determined by geometric modeling of the zones of formation of intrinsic and incident shadows, taking into account the dynamics of sunlight. Zones of constant, variable lighting, constant shading on the surface of a high-rise building determines the location of the rational arrangement of solar systems.

Keywords: renewable solar energy; solar radiation; high-rise bioclimatic buildings.