

## Геометричне моделювання оболонок світлопрозорих огорожувальних конструкцій

Андрій Широков, аспірант, ORCID: 0009-0008-0602-7083 <sup>1</sup>,

Сергій Кожедуб, к.т.н., ORCID: 0000-0001-6315-8161 <sup>1</sup>,

Андрій Посікера, аспірант, ORCID: 0009-0003-3989-2704 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Київський національний університет будівництва та архітектури, просп. Повітряних Сил, 31, Україна

### АНОТАЦІЯ

У доповіді представлено геометричне моделювання оболонок світлопрозорих огорожувальних конструкцій, що спрямоване на підвищення енергоефективності будівель. Розглянуто різні параметри геометрії та орієнтації, які впливають на тепловий баланс будівлі та дозволяють зменшити тепловтрати. Запропонований підхід може застосовуватися при проектуванні енергоефективних будівель у різних кліматичних умовах.

*Ключові слова:* Геометричне моделювання, світлопрозорі конструкції, енергоефективність, тепловий баланс, оптимізація параметрів.

### 1. ВСТУП

Сучасні вимоги до енергозбереження в будівництві спонукають дослідників і проєктувальників розробляти інноваційні рішення, спрямовані на зниження тепловтрат будівель. Зростаючі витрати на енергоресурси та зменшення їх доступності підвищують актуальність цієї проблеми. Одним із ключових завдань є вдосконалення світлопрозорих огорожувальних конструкцій, які використовуються для освітлення приміщень, але, водночас, є джерелом значних тепловтрат, що особливо відчувається у холодний період. Завдяки розвитку комп'ютерних технологій і методів геометричного моделювання стало можливим врахувати вплив різних параметрів конструкцій на тепловий баланс будівлі.

Світлопрозорі огорожувальні конструкції (СОК) відіграють важливу роль у формуванні енергоефективного середовища будівель, оскільки вони можуть як сприяти проникненню сонячної енергії, так і спричиняти її втрати. Параметри, такі як орієнтація, кут нахилу, опір теплопередачі та площа світлопрозорих елементів, значно впливають на загальний енергетичний баланс. Різні кліматичні умови також висувають специфічні вимоги до проєктування та розташування СОК для забезпечення оптимальних теплотехнічних характеристик. На даний час дослідники активно працюють над створенням методів оптимізації геометричних параметрів СОК для різних кліматичних умов, що дозволяє знизити енергоспоживання і підвищити комфортні умови у будівлях.

### 2. МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою даної роботи є проведення аналізу існуючих досліджень у галузі геометричного моделювання світлопрозорих огорожувальних конструкцій, а також оцінка перспектив і напрямів майбутніх досліджень для покращення енергоефективності будівель. Дослідження спрямоване на виявлення найбільш ефективних підходів до оптимізації параметрів світлопрозорих конструкцій, зокрема, орієнтації, опору теплопередачі та геометричних характеристик, що дозволить сформулювати рекомендації для

подальшого розвитку методів проєктування енергоефективних будівель у різних кліматичних умовах.

### 3. АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У сфері енергоефективного будівництва та геометричного моделювання світлопрозорих огорожувальних конструкцій проведено значну кількість досліджень, які розглядають різні аспекти оптимізації теплотехнічних характеристик будівельних елементів. Ці дослідження закладають теоретичну і практичну основу для розробки методів, спрямованих на зниження тепловтрат і забезпечення енергозбереження. Нижче наведено огляд ключових досліджень у цій галузі.

У статті Мартинова В.Л. [1] представлено розроблений спосіб визначення оптимального розташування вікон в огорожувальних конструкціях енергоефективних будівель, орієнтований на п'ять кліматичних районів України. Автор описує графічні моделі теплового балансу, які враховують фактори теплових втрат і надходження сонячної енергії, залежно від орієнтації світлопрозорих конструкцій і опору теплопередачі. Мартинов зазначає, що раціональне розташування вікон може зменшити тепловтрати до 15%, що є суттєвим внеском у підвищення енергоефективності будівель. Дане дослідження є важливим кроком у напрямку раціональної організації світлопрозорих огорожувальних конструкцій, що забезпечує зменшення теплового балансу будівлі у зимовий період.

Злоба В.В. [2] звертає увагу на виклики, пов'язані з розрахунком опору теплопередачі для світлопрозорих конструкцій, розташованих під нахилом. У дослідженні проведено порівняльний аналіз методик розрахунку за українськими та європейськими стандартами. Автор обґрунтовує необхідність експериментальних теплових випробувань для різних орієнтацій у просторі, оскільки традиційні методи розрахунків базуються переважно на вертикальних або горизонтальних положеннях. Це дозволить підвищити точність розрахунків теплових втрат для складних форм світлопрозорих конструкцій, що набувають популярності в сучасній архітектурі. Робота Злоби є основою для вдосконалення існуючих стандартів, що забезпечить енергозбереження за рахунок коректних розрахунків опору теплопередачі.

У дослідженні Підгорного О.Л., Плоского В.О. і Сергейчука О.В. [3] розглядаються геометричні методи моделювання енергоефективних будівель, особливо в контексті інформаційного і нормативного забезпечення процесів проектування. Автори вказують на важливість врахування кліматичних умов і сонячної радіації при розробці моделей світлопрозорих конструкцій. Дослідження акцентує увагу на недосконалих проектних рішеннях і низькому рівні теплоізоляції, що зумовлюють підвищене енергоспоживання будівель. Геометричне моделювання, описане в роботі, дозволяє оптимізувати параметри теплоізоляційної оболонки будівель і підвищити їх енергоефективність через раціональне планування світлопрозорих конструкцій і правильне розташування сонцезахисних елементів.

У статті Мартинова В.Л. і Вірченка Г.А. [4] розглянуто математичну модель для визначення раціональної орієнтації вікон в енергоефективних будівлях. Автори використовують графічні моделі для оцінки впливу азимутальної орієнтації на тепловий баланс, що дає змогу визначити оптимальне розташування вікон у стінах будівлі. Застосування цих моделей дозволяє зменшити енерговитрати на 10% та сприяє забезпеченню високого рівня теплотехнічних характеристик у будівлях кампусів та інших споруд. Модель орієнтована на кліматичні особливості та може бути адаптована для різних регіонів, що підвищує універсальність її застосування у проектуванні енергоефективних будівель.

В іншому дослідженні Мартинова В.Л. [5] розглянуто способи оптимізації параметрів форми та розташування світлопрозорих конструкцій для підвищення енергоефективності гранних будівель. У дослідженні представлено математичну модель, що враховує пропорції будівлі, опір теплопередачі прозорих і непрозорих огорожувальних конструкцій та площу світлопрозорих елементів. Дана модель дозволяє оцінити ефективність енергозбереження за опалювальний період. Автор вказує, що геометрична форма та правильна орієнтація світлопрозорих елементів можуть мінімізувати тепловий баланс огорожувальних конструкцій, сприяючи зменшенню енерговитрат.

#### 4. МЕТОДОЛОГІЯ МАЙБУТНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Майбутні дослідження з геометричного моделювання оболонок світлопрозорих огорожувальних конструкцій будуть зосереджені на комплексному вивченні впливу геометричних параметрів на тепловий баланс будівлі. Розробка математичних моделей дозволить оцінити, як такі характеристики, як форма, орієнтація, площа та кут нахилу світлопрозорих конструкцій, впливають на рівень теплових втрат та надходження сонячної енергії. Це не лише забезпечить зниження витрат енергії на опалення, але й дозволить ефективніше використовувати природне освітлення, що може додатково зменшити енергоспоживання.

Ключовим аспектом методології є врахування кліматичних параметрів, зокрема сезонних змін у зовнішньому середовищі, таких як температура повітря, інтенсивність сонячного випромінювання та напрямку вітру. Інтеграція цих факторів у моделі дозволить адаптувати розроблені рішення для різних кліматичних умов, створюючи універсальні рекомендації, які можуть бути використані для проектування енергоефективних будівель у різних регіонах. Таким чином, можна буде забезпечити

оптимальні параметри для світлопрозорих конструкцій, які враховують специфіку місцевих кліматичних умов.

Наукова новизна дослідження полягає у впровадженні багатофакторного аналізу параметрів світлопрозорих оболонок. Моделі, що поєднують варіації у прозорості, опорі теплопередачі та площі світлопрозорих елементів, дозволять створювати оптимальні конфігурації конструкцій з максимальним зниженням енергоспоживання. Такий підхід передбачає адаптивне проектування, яке забезпечить гнучкість у модифікації параметрів залежно від умов та вимог конкретного проекту.

#### 5. ВИСНОВКИ

Розробка геометричних моделей світлопрозорих огорожувальних конструкцій є ключовим напрямом для підвищення енергоефективності сучасних будівель. Врахування впливу геометричних параметрів, сезонних кліматичних змін та інтеграція багатофакторного аналізу дозволяють створити універсальні рішення для зниження енергоспоживання та оптимального використання природного світла. Використання тривимірного моделювання теплових процесів забезпечує можливість адаптивного проектування для складних архітектурних форм, підвищуючи екологічність та економічність будівель.

Такий підхід закладає основу для подальших досліджень і впровадження інноваційних технологій у сфері енергоефективного будівництва, що відповідає сучасним вимогам до стійкості та раціонального використання енергоресурсів.

#### Список літератури

- [1] Мартинов В.Л. Оптиміальне розташування вікон в огорожувальних конструкціях енергоефективних будівель для п'яти кліматичних районів України. Енергоефективність в будівництві та архітектурі, Київ: КНУБА, вип. 6, 2014, с. 192-197.
- [2] Злоба В.В. Проблеми розрахунку опору теплопередачі нахилених світлопрозорих конструкцій. Енергоефективність в будівництві та архітектурі, Київ: КНУБА, вип. 6, 2014, с. 101-106.
- [3] Підгорний О.Л., Плоский В.О., Сергейчук О.В. Актуальні проблеми геометричного моделювання в задачах енергозбереження у будівництві. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, Київ: КНУБА, вип. 14, 2010, с. 23-26.
- [4] Мартинов В.Л., Вірченко Г.А. Визначення раціональної орієнтації вікон енергоефективних будівель кампусів. Прикладні питання математичного моделювання, Херсон: ХНТУ, вип. 1, 2018. с. 143-149.
- [5] Мартинов В.Л. Оптимізація геометричних параметрів форми, світлових прорізів і утеплювача енергоефективних будівель. Будівельні конструкції, Київ: Держ. НДІ буд. Конструкцій, вип. 77, 2013, с. 317-322.

*Робота виконана під керівництвом проф. В.І. Скочка*