

СТРУКТУРІЗАЦІЯ ЕНЕРГОЗАХОДІВ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ ГЕОМЕТРІЇ ЗЕЛЕНИХ БУДІВЕЛЬ

Мартинов В.Л., д.т.н., професор,

arx.martynov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0822-1970

Мартинюк О.Л., аспірант кафедри архітектурних конструкцій КНУБА

martynuk@ukr.net

Поляк Ю.Ю., аспірант кафедри архітектурних конструкцій КНУБА

y_polyk@gmail.com

Стаднійчук Д.М., аспірант кафедри архітектурних конструкцій КНУБА

111222@ukr.net

*Київський національний університет будівництва
і архітектури (м. Київ, Україна)*

***Анотація.** У сучасних умовах зростаючої кліматичної кризи, дефіциту ресурсів та необхідності скорочення вуглецевих викидів, проєктування зелених будівель набуває ключового значення. Такі об'єкти інтегрують інноваційні технології, відновлювальну енергетику та екологічні матеріали, що не лише зменшує навантаження на довкілля, а й забезпечує економічні вигоди для власників. Відповідно до жорстких екостандартів і потреби в стійких рішеннях, зелені будівлі стають основою сталого розвитку та конкурентної переваги у будівництві.*

Процес проєктування та модернізації зелених будівель потребує системного підходу до вибору заходів підвищення енергоефективності. Для цього запропоновано структурований комплекс рішень, спрямованих на зниження енергоспоживання, зокрема: оптимізацію геометрії будівлі (форми, орієнтації, теплозахисних характеристик тощо), раціоналізацію параметрів інженерних систем для інтеграції відновлювальної енергетики.

На основі досліджень визначено вагові коефіцієнти впливу кожного заходу на енергоспоживання, а також розроблено аналітичні моделі для оцінки їх ефективності. Це дозволяє проєктувальникам та енергоаудиторам оперативно прогнозувати зміни енергоспоживання при впровадженні конкретних рішень; отримувати обґрунтовані показники ефективності ще на етапі проєктування або реконструкції.

Запропонований підхід спрощує прийняття рішень щодо енергооптимізації, забезпечуючи точність розрахунків та адаптацію до сучасних вимог стійкого будівництва.

Ключові слова. *Зелені будівлі, енергоефективні будівлі, оптимальні параметри, геліосистеми, оптимізація геометричних параметрів, геометричне моделювання, архітектурне проектування.*

Актуальність. Сьогодні проектування зелених будівель набуває особливої ваги як в Україні, так і в усьому світі. Це зумовлено низкою глобальних чинників, а саме кліматичними змінами, стрімким зростанням населення, обмеженістю природних ресурсів, необхідністю зниження викидів парникових газів, вимогами до скорочення енергоспоживання будівель.

Енергоефективні рішення в зеленій архітектурі

Сучасні зелені будівлі інтегрують енергоефективні інноваційні підходи, такі як: використання сонячних панелей, системи рециркуляції води, «розумні» системи управління освітленням та вентиляцією, оптимізація геометричних та теплотехнічних параметрів будівель (рис. 1).

Ці рішення дозволяють істотно знизити витрати на енергоносії та сприяють стабільному екологічно орієнтованому розвитку.

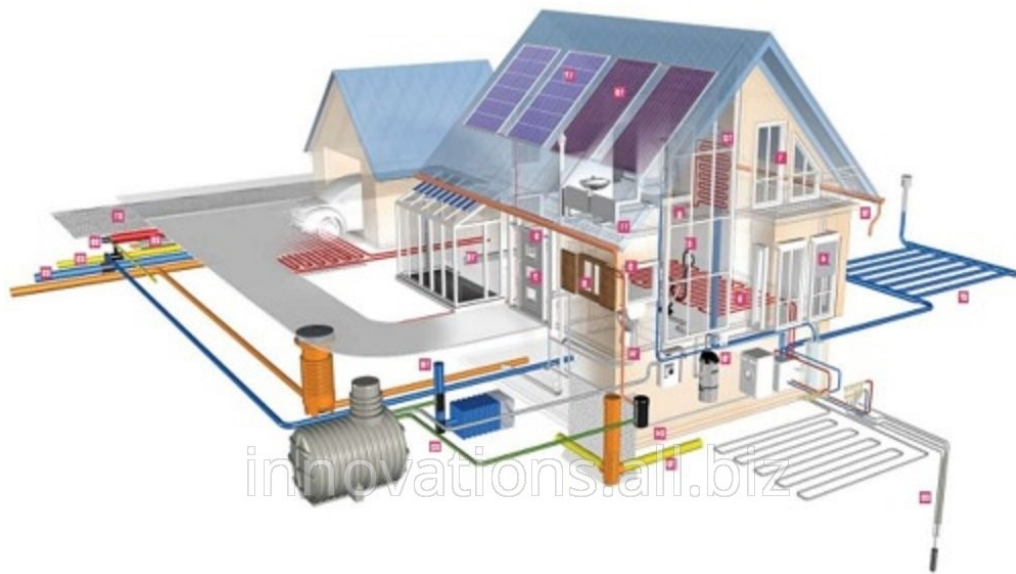


Рис. 1. Енергоефективні зелені будівлі з використанням фотоелектричних модулів та теплових насосів для енергозабезпечення

Для досягнення оптимального рівня енергоефективності зелених будівель необхідно розробити комплексну систему заходів та визначити коефіцієнти їх впливу на споживання енергії.

Такий підхід має ключове значення як для нового будівництва, так і для термомодернізації існуючих об'єктів.

Основні етапи реалізації цього підходу включають визначення переліку енергоефективних заходів, розрахунок вагових коефіцієнтів

впливу кожного заходу, розробку аналітичної моделі для оцінки сумарного ефекту.

Створення такої системи аналітичних розрахунків дозволить точніше прогнозувати енергоспоживання будівель, оптимізувати вибір заходів підвищення енергоефективності, досягати запланованих показників енергозбереження, обґрунтовувати інвестиції в енергоефективні рішення

Реалізація цього підходу забезпечить системне управління енергоефективністю будівель на всіх етапах їх життєвого циклу.

Аналіз попередніх досліджень. У напрямку використання геліосистем, підвищення енергоефективності будівель, визначення оптимальних геометричних параметрів будівель було проведено наступні дослідження.

У роботі [1] питання оптимізації параметрів утеплювача розглянуто в загальному вигляді без урахування гранної форми будівлі. У дослідженні [2] досліджувалося залежність оптимальної форми тіла від характеристик теплового поля, у якому воно знаходиться. Таке тіло названо квазікулею. Питання оптимального розподілу утеплювача по теплоізоляційній оболонці не розглядалося. У працях [3, 4, 5] розглядалося питання визначення оптимальної та раціональної орієнтації світлопрозорих конструкцій з урахуванням теплового балансу конструкцій. У роботах [6, 7] розглядалися питання оптимізації геометричної форми будівлі та розміру світлопрозорих будівель. У роботі [8] досліджувалося питання оптимізації форми енергоефективних будівель, оптимізації орієнтації та площі вікон, оптимізації теплоізоляційної оболонки будівель. Але питання вагових коефіцієнтів та впливу заходів на енергоспоживання зелених будівель не розглядалося. У дослідженні [9] розглядалися питання щодо використання сонячної енергії для енергозабезпечення будівель. У дослідженні [10] розглядалися питання оптимізації процесу проектування висотних будівель з інтегрованими геліосистемами, але питання вагових коефіцієнтів і впливу їх на енергоефективність не розглядалися.

Разом з тим, у наведених дослідженнях питання систематизації впливу факторів на енергоспоживання зелених будівель та визначення їх вагових коефіцієнтів для розрахунку не розглядалося.

Мета дослідження. Провести дослідження та розробити структуру застосування заходів та вагові коефіцієнти їх впливу на енергоспоживання зелених будівель, а також аналітичні залежності впливу заходів на енергоспоживання будівель.

Хід дослідження. Проведено аналіз основних показників енергоспоживання будівель (рис. 2) використовуючи енергетичні сертифікати. Згідно енергетичного сертифікату будівель енергоспоживання будівлі виглядає наступним чином.

Переважну більшість енергетичних витрат, як правило, становлять наступні показники.

1. Енергоспоживання систем опалення $Q_{оп}$ (трансмісійні витрати $Q_{т}$ через огорожувальні конструкції та витрати $Q_{в}$ на вентиляцію та нагрів повітря).

2. Енергоспоживання $Q_{гв}$ систем горячого водопостачання.

3. Енергоспоживання $Q_{осв}$ систем освітлення.

4. Енергоспоживання $Q_{ох}$ систем охолодження (кондиціювання).

5. Енергоспоживання систем вентиляції $Q_{вент}$.



Рис. 2. Сертифікат житлової будівлі.
Діаграма річного енергоспоживання будівлі

Проведено дослідження, та для зменшення енергоспоживання зелених будівель запропоновано комплекс засобів (рис. 3), що приведуть до зменшення енергоспоживання будівель.

Кожний засіб характеризується ваговим коефіцієнтом $K_{х.х.}$, зменшення енергоспоживання. Також визначено геометричні параметри будівлі та інженерних систем, оптимізація яких призведе до мінімізації енергоспоживання будівель.

Наприклад ваговий коефіцієнт «Оптимізації пропорцій будівлі» $K_{1.1.3}$ [1, 0.66] може змінюватися від 1 до 0.66. Змінними параметрами є геометричні параметри форми (довжина a , ширина b , висота h , радіус r) та інше.

Заходи для зменшення енергоспоживання за рахунок оптимізації геометричних параметрів будівель на малюнку виділено кольором.

Після проведення заходів зі зменшення енергоспоживання будівель проєктувальник може визначити змінені показники $\Delta Q_{оп}$ енергоспоживання за групами та будівлі уцілому.

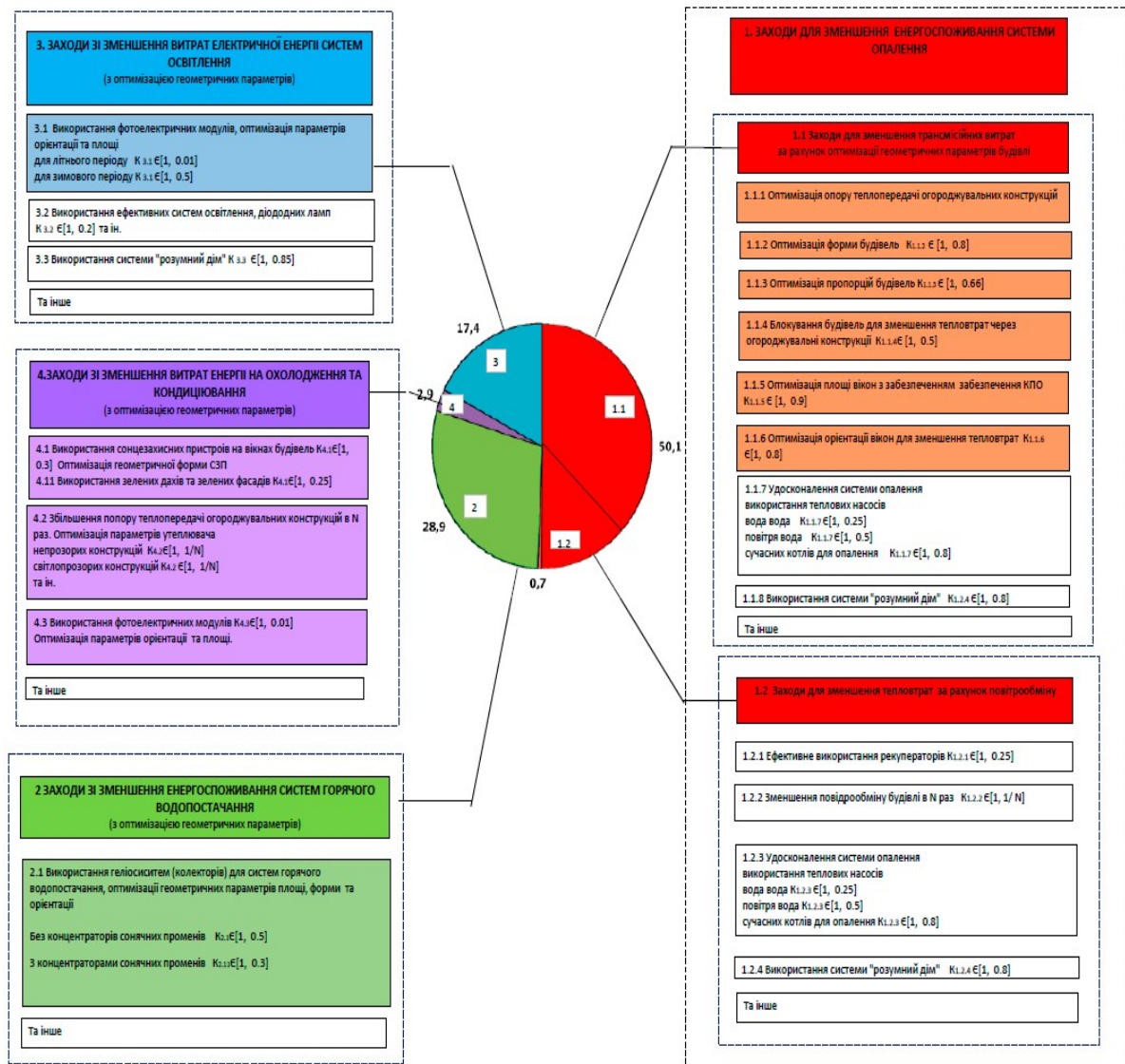


Рис. 3. Структура заходів для зменшення енергоспоживання зелених будівель з ваговими коефіцієнтами $K_{x,x}$ впливу на енергоспоживання

Аналітичний розрахунок визначення енергоспоживання

Основні показників енергоспоживання будівель (рис. 2) після застосування заходів з енергозбереження розраховуються аналітично.

1. Енергоспоживання систем опалення $\Delta Q_{оп}$.

1. 1. Трансмісійні витрати ΔQ_T через огорожувальні конструкції

$$\Delta Q_T = Q_T \cdot K_{1.1.1} \cdot K_{1.1.2} \cdot K_{1.1.3} \cdot K_{1.1.4} \cdot K_{1.1.5} \cdot K_{1.1.6} \cdot K_{1.1.7} \cdot K_{1.1.8} \quad (1)$$

1. 2. Енергоспоживання за рахунок енерговитрат ΔQ_B на підігрів повітря, що надходить

$$\Delta Q_B = Q_B \cdot K_{1.2.1} \cdot K_{1.2.2} \cdot K_{1.2.3} \cdot K_{1.2.4} \quad (2)$$

2. Енергоспоживання $\Delta Q_{\text{ГВ}}$ систем горячого водопостачання

$$\Delta Q_{\text{ГВ}} = Q_{\text{ГВ}} \cdot K_{2.1}. \quad (3)$$

3. Енергоспоживання $DQ_{\text{осв}}$ систем освітлення

$$\Delta Q_{\text{осв}} = Q_{\text{осв}} \cdot K_{3.1} \cdot K_{3.2} \cdot K_{3.3}. \quad (4)$$

4. Енергоспоживання $DQ_{\text{ох}}$ систем охолодження (кондиціювання)

$$\Delta Q_{\text{ох}} = Q_{\text{ох}} \cdot K_{4.1} \cdot K_{4.2} \cdot K_{4.3}. \quad (5)$$

Загалом енергоспоживання $DQ_{\text{оп}}$ після використання заходів з енергозбереження визначається

$$\Delta Q_{\text{оп}} = \Delta Q_{\text{т}} + \Delta Q_{\text{в}} + \Delta Q_{\text{ГВ}} + \Delta Q_{\text{ох}} + Q_{\text{вент}}. \quad (6)$$

Таким чином проєктувальник може визначити межі допустимого зменшення енергоспоживання будівель і вибрати раціональне вирішення.

Висновки. Проведено комплексне дослідження, в рамках якого запропоновано структуру заходів, спрямованих на підвищення енергоефективності зелених будівель та зменшення їх енергоспоживання. Визначено вагові коефіцієнти $K_{x,x}$, що відображають вплив кожного з запроваджених заходів, а також розроблено аналітичні залежності для розрахунку зниження рівня енергоспоживання $\Delta Q_{\text{оп}}$ будівель.

Окрему увагу приділено заходам, пов'язаним із оптимізацією геометричних параметрів будівель та інженерних систем, що дозволяє досягти суттєвого підвищення ефективності експлуатації.

Запропонована структура та аналітичний інструментарій можуть бути використані проєктувальниками та енергоаудиторами як під час термомодернізації існуючих будівель, так і при новому будівництві. Це дозволить обґрунтовано визначати оптимальні рішення для досягнення значного зниження енергоспоживання та створення екологічно стійких об'єктів.

Бібліографічний список

1. *Сергейчук О.В.* Оптимізація розподілу утеплювача по поверхні будівлі при заданому класі його ефективності /О. В. Сергейчук // Матеріали VI Міжнародної Кримської науково-практичної конференції «Геометричне та комп'ютерне моделювання: енергозбереження, екологія, дизайн». – Сімферополь, 2009. С. 44–49.

2. *Сергейчук О.В.* Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків : Автореферат дис. ... доктора техн. наук : 05.01.01 / Сергейчук Олег Васильович. Київ, 2008. 341 с.

3. *Мартинов В.Л.* Визначення допустимої зони розташування світлопрозорих конструкцій на фасадах енергоекономічних будівель / В. Л. Мартинов // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. Вип. 1/2011 (66), ч. 1. С. 104–108.

4. *Мартинов В.Л.* Раціональна орієнтація віконних прорізів енергоефективних будівель [Текст] / В. Л. Мартинов // *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. Київ. КНУБА, 2013. Вип. 4. С. 185–189.

5. *Мартинов В.Л.* Оптимальне розташування вікон в огорожувальних конструкціях енергоефективних будівель для п'яти кліматичних районів України / В. Л. Мартинов // *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. Наук. техн. зб. Київ. КНУБА, 2014. Вип. 6. С. 192–198.

6. *Sergeychuk O., Martynov V., Virchenko G., Usenko I.* Optimization of forms and size of windows for energy conservation *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (3.2) (2018) 399–403 <https://DOI: 10.14419/ijet.v7i4.8.27278>

7. *Sergeychuk O., Martynov V., Usenko I.* The definition of the optimal energyefficient form of the building *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (3.2) (2018) 667–671. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14611

8. *Мартинов В.Л.* Моделювання оптимальних геометричних параметрів енергоефективних будівель гранної форми : автореф. дис. докт. техн. наук : 05.01.01 / Київський національний університет будівництва і архітектури. Київ, 2015. 39 с.

9. *Константиновский Ю.А., Заваров А.И., Рабинович М.Д., Ферт А.Р.* Использование солнечной энергии для тепло-снабжения зданий. Київ. Будівельник, 1985. 104 с.

10. *Кривенко О.В., Сингаєнко О.І.* Оптимізація процесу проектування висотних будівель з інтегрованими геліосистемами. О.В. Кривенко, О.І. Сингаєнко. Містобудування та територіальне планування. М міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць. Київ. КНУБА, 2022. Вип. 81. С. 208–218.