

МІНІСТЕРСТВО КУЛЬТУРИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ОБРАЗОТВОРЧОГО МИСТЕЦТВА
І АРХІТЕКТУРИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

КУЦЕВИЧ БОГДАН ВАДИМОВИЧ

Прим. №1 _____

УДК 725.1:005.912:620.92](477)(043)

ДИСЕРТАЦІЯ
**«ПРИНЦИПИ ПРОЄКТУВАННЯ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ОФІСНИХ БУДІВЕЛЬ
В КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ УКРАЇНИ»**

Спеціальність 191 – Архітектура та містобудування
Галузь знань 19 – Архітектура та будівництво

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



Куцевич Б.В.

Науковий керівник: Трошкіна Олена Анатоліївна
кандидат архітектури, доцент

Київ 2026

АНОТАЦІЯ

Куцевич Б. В. **Принципи проєктування енергоефективних офісних будівель в кліматичних умовах України** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 191 – Архітектура та містобудування. – Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, Київ, 2026.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено зв'язок роботи з науковими програмами, сформульовано мету, задачі і методи дослідження, визначено результати дослідження, їх наукову новизну та практичну цінність впровадження результатів в практику проєктування ЕОБ.

Перший розділ **«Стан дослідження питання та досвід будівництва ЕОБ»** присвячено теоретичним основам, вивченню етапів становлення та розвитку цієї сфери. У розділі визначено основні тенденції проєктування та реалізації ЕОБ, проаналізовано існуючий теоретичний і практичний досвід, проведено порівняльний аналіз реалізованих ЕОБ.

У підрозділі 1.1 **«Сучасні напрямки формування ЕОБ»** встановлено основні напрямки формування ЕОБ: архітектура сталого розвитку, проєктування в рамках міжнародної добровільної екологічної сертифікації / міської та національної екологічної сертифікації, проєктування замкненого циклу, здорові ОБ, біофільний дизайн, інтегроване проєктування, різноформатне планування ОП.

У підрозділі 1.2 **«Узагальнення міжнародного та вітчизняного досвіду проєктування, будівництва та експлуатації ЕОБ»** проаналізовано світову та українську практику створення і функціонування ЕОБ. Визначено шість етапів розвитку ОБ: 1885 – 1915 рр., (Чиказька школа); 1916 – 1939 рр., (Стиль Ар-Деко); 1951 – 1979 рр., (Інтернаціональний стиль, «сонячна архітектура», метаболізм); 1979 – 2000 рр., (Постмодернізм); 1997 – 2012 рр., (Плюралізм: Хай-Тек, деконструктивізм, неомодернізм, біоніка, зелена архітектура); 2012 - 2030 рр., (Сталий розвиток). Надані архітектурно-технічні характеристики цих

етапів. Проаналізовано і критично оцінено більше 50 ОБ.

У підрозділі 1.3 «**Аналіз наукової літератури з питань ЕОБ**» виявлено напрямки попередніх досліджень, що розглядають: теоретичні основи сталої архітектури; пасивні (архітектурні) та активні (інженерні) стратегії проєктування для скорочення енергопотреб; методи оптимізації архітектурних рішень для досягнення ЕЕ; питання природнього та електроосвітлення ОБ; методи видобутку енергії із відновлювальних джерел інтегрованих до ОБ; вдалі міжнародні та вітчизняних приклади ЕОБ.

З'ясовано, що для мінімізації енергоспоживання ОБ необхідно використовувати не лише індивідуальні пасивні стратегії, а й їхню оптимальну комбінацію в поєднанні з активними системами.

Виявлено, що до пасивних стратегій ЕОБ в кліматичних умовах України для скорочення енергопотреб, відносяться: вибір форми та орієнтації; захист зовнішньої оболонки; пасивне опалення; пасивне охолодження; захист від перегріву; збільшення природнього освітлення.

Встановлено, що до активних стратегій ЕОБ в кліматичних умовах України для скорочення їхніх енергопотреб та виробництва енергії, відносяться: використання ЕЕ інженерних технологій; виробництво енергії на місці з відновлювальних джерел.

Згідно з підрозділом 1.4 «**Методика проведення дослідження**», аналіз поділяється на три етапи, де відображено хід дослідження та послідовність наукового пошуку. Емпіричні, теоретичні, спеціальні методи та метод комплексного функціонально-структурного аналізу дозволили поетапно розглянути різні аспекти дослідження.

У другому розділі «**Особливості проєктування ЕОБ**» виявлені фактори, які впливають на створення ЕОБ, розроблена їх класифікація за ознаками, надані особливості їхнього проєктування в залежності від виду будівництва та досліджено вплив ЕЕ на образність ОБ.

У підрозділі 2.1 «**Фактори, які впливають на формування ЕОБ**» виявлені фактори, які впливають на ЕС ОБ: соціально-економічні; містобудівні;

природно-кліматичні; екологічні; архітектурно-типологічні; конструктивно-технічні; естетичні.

Визначено складові цих факторів, для соціально-економічних це: законодавчі та нормативні документи; підготовленість співробітників; соціокультурні особливості; розвиток науки у сфері ЕЕ; економічні особливості. Для містобудівних: місцезнаходження будівлі в структурі міста; вітрові навантаження внаслідок оточуючої забудови; шум та загазованість; відблиски від оточуючої забудови; затінення ОБ від оточуючої забудови. Для природно-кліматичних: макро- та мікро- кліматичні. Для екологічних: атмосферні; відтворювальні; біорізноманітні. Для архітектурно-типологічних: функціональне призначення; композиційні рішення; об'ємно-просторові рішення (ОПР); фасадні рішення та інші архітектурні рішення. Для конструктивно-технологічних: сучасні ЕЕ інженерні системи; система управління будівлями; адаптивне освітлення; енергогенеруючі системи з відновлюваних джерел. Для естетичних: зміна стильових та естетичних цінностей; часткове наслідування природних форм; гармонійне співіснування будівлі з оточуючим середовищем; використання сталих будівельних матеріалів і методів будівництва.

У підрозділі 2.2 **«Класифікація ЕОБ за ознаками»** запропоновано класифікацію ЕОБ за ознаками: розміщення у структурі міста; архітектурно-планувальних рішень; ОПР; функціонального призначення; поверховості; конструктивних рішень; застосування конструктивних будівельних матеріалів; застосуванням інженерного та ін. обладнання; класу ЕЕ; енергоспоживанням; рівнем викидів в атмосферу; комерційності.

У підрозділі 2.3 **«Особливості проєктування ЕОБ в залежності від виду будівництва»** виявлено особливості їх проєктування в залежності від виду будівництва: нове будівництво; в умовах реконструкції; в умовах реставрації.

Сформульовані три різні підходи до нового будівництва, реконструкції / енергореновації в залежності від місцезнаходження будівель та їх пам'ятко охоронного статусу: нові та існуючі будівлі, що знаходяться поза історичних

ареалів міст; нові та існуючі будівлі, що знаходяться в історичних ареалах міст; пам'ятки архітектури.

Надані переліки пасивних та активних стратегій і методів термомодернізації і реставрації для цих трьох видів будівництва. При реновації чи реконструкції існуючих будівель, що не є пам'ятками і не знаходяться в історичних ареалах використовуються наступні методи: збереження та реставрація автентичних частин існуючої будівлі; термомодернізація існуючих частин будівлі; розширення існуючої будівлі та ін.

При реновації чи реконструкції існуючих будівель, що не є пам'ятками але знаходяться в історичних ареалах міст має бути збережено висотність, масштабність, пластичне вирішення форм, характер, оздоблювальні матеріали та ін. Підґрунтям визначення меж історичних ареалів слугує історико-архітектурний опорний план. Будівельні роботи з реновації і в історичних ареалах мають бути узгоджені з органами охорони пам'яток.

При реставрації пам'яток: збереження та реставрація автентичних частин; збереження матеріальної складової пам'ятки; утеплення фасадів та покрівель.

У підрозділі 2.4 **«Вплив енергоефективності на образність ОБ»** проаналізовано вплив ЕЕ на образність ОБ, виявлено, що образність ЕОБ має такі особливості: ОПР є результатом енергомодельовання / природного освітлення / природної вентиляції; інтеграція будівлі в оточуюче природне середовище; втілення цінностей архітектури сталого розвитку.

Виявлено, що образність ЕОБ складається з таких складових: ЗС; «зелені» покрівлі та стіни, інтеграція зелених насаджень; природні (сталі) оздоблювальні та будівельні матеріали; інноваційні оздоблювальні та будівельні матеріали; подвійні фасади; інтеграція до фасадів та покрівель енергогенеруючих систем з відновлювальних джерел.

У третьому розділі **«Засади удосконалення проєктування ЕОБ»** надані пропозиції із застосування параметричного методу багатоцільової оптимізації для визначення ЕС та денного освітлення ЕОБ, сформовані принципи та прийоми проєктування ЕОБ, запропоновані рекомендації з проєктування ЕОБ

в кліматичних умовах України.

У підрозділі 3.1 «**Параметричний метод багатоцільової оптимізації для визначення ЕС та денного освітлення ЕОБ**» запропоновано обґрунтований, ефективний та академічно вивірений метод оптимізації денного освітлення та ЕС в ОП ОБ з метою досягнення оптимальних значень КПО, ІВД та мінімального ЕС за допомогою параметричного моделювання та багатоцільової оптимізацією. Цей метод, дозволив виявити оптимальні значення КС, ВШВ та глибини ЗС для ОБ у двох кліматичних зонах України.

Виявлено, що кліматичні умови (середньомісячна температура повітря, тривалість сонячного сьйва, місячна сонячна радіація на вертикальній та горизонтальній площині, траєкторія руху сонця, річна роза вітрів, хмарність та ін.) впливають на ЕЕ ОБ і мають бути враховані в архітектурному проектуванні, а на ранній стадії слід проводити енергомоделювання / природнього освітлення.

Порівняно оптимізовані фасадні рішення ОБ для двох кліматичних зон України (на прикладі Києва та Одеси), виявлено відмінності, які потребують застосування диференційованого підходу до ЕЕ архітектурного проектування ОБ у різних кліматичних зонах України.

Порівняння оптимальних фасадних рішень ЕОБ для Києва та Одеси визначило відмінності у КС та глибині ЗС, які слід враховувати при проектуванні фасадів. Кліматично обґрунтована оптимізація фасадів визначила, що будівлі в Одесі потребують меншого КС та більшого ЗС, ніж у Києві. Це пояснюється м'якшими кліматичними умовами Одеси (вищими зимовими температурами та вищим рівнем сонячної радіації).

На основі експерименту виявлено спільні риси та розбіжності в оптимізованих фасадних рішеннях ОБ для Києва та Одеси, сформованими на основі оптимальних значень КПО, ІВД і мінімального ЕС. При тому, оптимальне значення КС в Одесі на 5-10% менше, ніж у Києві; в той же час, оптимальна глибина ЗС в Одесі на 10-20% більшою, ніж у Києві.

У підрозділі 3.2 «**Принципи та прийоми проектування ЕОБ**» визначені принципи проектування ЕОБ:

- формування на основі кліматичних умов;
- інтеграції пасивних та активних стратегій;
- застосування оптимізації проєктних рішень;
- застосування фасадної та планувальної адаптивності;
- впровадження партисипації співробітників.

Запропоновано прийоми проєктування ЕОБ:

- макро- та мікро- кліматичний аналіз ділянки; виявлення можливих пасивних та активних стратегій проєктування для подальшого застосування.

- вибір загальної форми ЕОБ для зменшення КК; вибір ширини корпусу для можливості природного освітлення; максимізація «високого» південного сонячного опромінення; мінімізація «низького» східного та західного сонячного опромінення.

- застосування підвищеної теплоізоляції огорожувальних конструкцій; покращення вузлів огорожувальних конструкцій без термічних мостів; досягнення низької повітропроникності; застосування ПФ.

- вибір орієнтації застаклених фасадів за сторонами світу; вибір типів скління фасадів; вибір КС та пропорцій скління фасадів; отримання пасивного опалення за рахунок сонячної радіації; використання конструкцій будівлі з високою теплоємністю; застосування ПФ.

- застосування: природної та гібридної вентиляції, озеленення для охолодження за рахунок випаровування, атріумів та «сонячних витяжок».

- застосування ЗС; вибір типів скління фасадів; скорочення теплонадходжень завдяки застосуванню горизонтального та вертикального озеленення; озеленення прилеглої до ЕОБ території; самозатінення скління за рахунок ОПР.

- застосування: високого відсотку природного освітлення, «світлових полиць», зенітних ліхтарів та світлових тунелів; вибір типів скління фасадів; вибір КС та пропорцій скління фасадів;.

- застосування активних інженерних стратегій.

У підрозділі 3.3 «Рекомендації з проєктування ЕОБ в кліматичних

умовах України» запропоновано рекомендації з проєктування ЕОБ: удосконалення методики архітектурного проєктування, оптимізація ОНР, оптимізація фасадних рішень, впровадження рішень з природної вентиляції, впровадження ЕЕ інженерних технологій, оптимізація інтеграції до ОБ енергогенеруючих систем, оцінка ефективності (evaluation) реалізованих ЕОБ.

Надані відмінності в рекомендаціях з проєктування ЕОБ в залежності від кліматичних зон України та запропонована послідовність проєктування ЕОБ.

Ключеві слова: архітектура сталого розвитку, архітектурно-планувальна організація, об'ємно-просторові рішення, енергозбереження, енергетична ефективність будівлі, енергоефективні офісні будівлі, стратегії пасивного та активного проєктування, багатоцільова оптимізація проєктних рішень, параметричне моделювання, сонцезахисні пристрої, природне освітлення, енергоефективні інженерні системи, урбаністичні простори, екологічний підхід.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Публікації, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті в наукових фахових виданнях України

1. Kutsevych, V. (2024). Multi-objective daylight optimization of the office building in climatic conditions of Ukraine. *Українська Академія Мистецтва*, 36, 35–44, DOI: <https://doi.org/10.32782/2411-3034-2024-36-4>
2. Куцевич, Б. (2024). Засади енегоефективності при реновації існуючих офісних будівель та реставрації пам'яток. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*, 69, 282–292, DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.69.282-292>
3. Куцевич, Б. (2023). Закордонний досвід проектування та будівництва енергоефективних офісних будівель наприкінці ХХ – початку ХХІ сторіччя. *Теорія та практика дизайну*, 28, 39–44, DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.28.4>
4. Куцевич, Б. (2023). Досвід проектування та будівництва енергоефективних офісних будівель в Україні (друга половина ХХ ст. – перші десятиліття ХХІ ст.). *Українська Академія Мистецтва*, 33, 70–78, DOI: <https://doi.org/10.32782/2411-3034-2023-33-8>
5. Kutsevych, V. (2018). A critique of the delivery of holistic sustainability. *Проблеми розвитку міського середовища*, 2, 61–71.
6. Kutsevych, V. (2018). Energy-efficient passive design approach for office ground-scrappers in a temperate climate. *Проблеми розвитку міського середовища*, 1, 79–94.

Статті в фахових наукових періодичних виданнях інших держав

1. Kutsevych, V., Taniguchi, K. (2025). Multi-objective daylight and energy-use optimization of the office building in climatic conditions of Ukraine. *Energy Efficiency First*, 2, 1-18, DOI <https://doi.org/10.1016/j.eef.2025.100007>.

Наукові праці, які засвідчують апробацію результатів дисертації

Матеріали конференцій і тез

1. Куцевич Б. В. Вплив планувальної структури офісної будівлі на її енергоефективність. *IV Міжнародна науково-практична конференції «Інновації в архітектурі, дизайні та мистецтві: до 150-річчя Олександра Вербицького»*. Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, Київ, 21-23 травня 2025 р. С.123-125.
2. Куцевич Б. В. Багатоцільова оптимізація природного освітлення офісних приміщень. *III Міжнародна науково-практична конференції «Інновації в архітектурі, дизайні та мистецтві: до 100-чя факультету архітектури НАОМА»*. Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, Київ, 23-24 травня 2024 р. С. 91-93.
3. Куцевич Б. В. Досягнення енергоефективності при реконструкції та реставрації існуючих історичних офісних будівель культурної спадщини. *Проблеми ревіталізації та гуманізації предметно-просторового середовища повоєнної України*. Львівський національний університет природокористування, Львів, 25-26 квітня 2024 р. С.193-195.
4. Куцевич Б. В. Вплив енергоефективності на образ офісних будівель. *II Міжнародна науково-практична конференції «Інновації в архітектурі, дизайні та мистецтві»*. Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, Київ, 25-26 травня 2023 р. С. 88-90.
5. Куцевич Б. В. Досвід проектування та будівництва енергоефективних офісних будівель в Україні останніх десятиліть. *Проблеми відновлення соціальної інфраструктури та просторового розвитку територій повоєнної України*. Львівський національний університет природокористування, Дубляни, 27-28 жовтня 2022 р. С. 128-131.
6. Куцевич Б. В., Трошкіна О. А. Вплив природно-кліматичних і екологічних факторів на проектування, будівництво та експлуатацію енергоефективних офісних будівель в Україні. *Архітектура та екологія*. Національний авіаційний університет, Київ, 9-11 листопада 2022 р. С. 32.

7. Куцевич Б. В. Сучасні напрямки формування енергоефективних офісних будівель. *Міжнародна науково-практична конференція «Інновації в архітектурі та дизайні»*. Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, Київ, 25-26 травня 2022 р. С. 130.

ABSTRACT

Kutsevych B. V. Design principles of energy-efficient office buildings in the climatic conditions of Ukraine – Qualification scientific work on the rights of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 191 – Architecture and Urban Planning. – National Academy of Fine Arts and Architecture, Kyiv, 2025.

The introduction justifies the relevance of the topic, defines the connection of the work with scientific programs, formulates the aim, objectives and methods of the research, outlines the results of the study, their scientific novelty, practical value and the implementation of the results into the design practice of EOB.

The 1st chapter “The state of research and experience of EOB construction”, is devoted to the analysis of the establishment, development, design and realization of EOB. It defines their main design trends, reviews and analyzes existing theoretical and practical experience, conducts the analysis of the case studies.

Subsection 1.1 "Modern trends in the formation of EOB", defines their main design directions: sustainable architecture, design based on international voluntary / national, city environmental certification, circular design, healthy OB, biophilic design, integrated design, and multi-format office planning.

Subsection 1.2 "Generalization of international and domestic experience of design, construction and operation of EOB", conducts the analysis of the international and Ukrainian design practice, construction and operation. Six stages of OB development were identified: The Chicago School; Art Deco Style; The International Style, "Solar Architecture"; Postmodernism; Pluralism: High-Tech, Deconstructivism, Neo-Modernism, Bionics, Green Architecture; Sustainable Development.

The architectural and technical characteristics of these stages are provided, 50 more case studies are analyzed and critically evaluated.

Subsection 1.3 "Analysis of scientific literature on EE of OB", identifies the following directions of previous research: theoretical foundations of sustainable

architecture; passive and active design strategies for energy demand reduction; methods for optimizing architectural solutions to achieve EE; natural and electric lighting in conjunction with EE; energy generating methods from renewable sources integrated into OB; successful international and domestic case studies.

The research states that while the individual passive strategies reduce EC, their optimal combination – integrated with active design strategies – is essential for achieving maximum savings.

It identifies that the passive design strategies of EOB in Ukraine's climatic conditions for EC reduction include: form and orientation selection; external envelope protection; passive heating; passive cooling; protection against overheating; maximizing natural lighting.

Furthermore, the active design strategies of EC reduction and on-site energy production include: use of EE engineering technologies: BMS, adaptive lighting, HVAC / DHW with heat exchangers; elevators with energy recovery; EE office equipment; automatic solar shading systems; radiant cooling and heating integrated into ceilings / slabs, passive chilled beams, etc. On-site energy production from renewable sources: PV systems, PV glass, solar thermal collectors, wind generators, geothermal heat pumps, Trombe walls, energy storage systems, etc.

In subsection 1.4 "Research methodology", the work is carried out in three stages, reflecting the course of the research and the sequence of the scientific inquiry. The empirical, theoretical, special methods, and the method of complex functional-structural analysis allowed for a stage-by-stage examination of specific research aspects.

The 2nd chapter, "Specifics of EOB design", defines the factors that influence their formation, develops the classification based by characteristics, provides the design specifics depending on the construction type, and investigates the influence of EE on the aesthetics of OB.

Subsection 2.1, "Factors influencing the formation of EOB", identifies the factors that affect OB's EE: socio-economic; urban planning; natural and climatic; ecological; architectural and typological; structural and technical; aesthetic.

As for the socio-economic factor, the components are following: legislative and regulatory documents; employee awareness; sociocultural specifics; development of science in the field of EE; economics specifics.

Urban planning factors include: OB location within the city; wind loads resulting from surrounding development; noise and air pollution; glare from surrounding development; shading of OB by surrounding development.

Natural and climatic factors include: macro-and micro-climatic components.

Ecological factors – atmospheric, renewable, and biodiversity components.

Architectural and typological factors – functional; compositional; volumetric and spatial; façade and other architectural solutions components.

Structural and technological factors – modern EE engineering systems; energy-generating systems from renewable sources components.

Aesthetic factors – change in stylistic and aesthetic values; partial imitation of natural forms; harmonious coexistence of OB with the surrounding environment; use of sustainable building materials and construction methods components.

Subsection 2.2, "Classification of EOB by characteristics," proposes their classification based on the following features: location within the city; architectural and planning / volumetric and spatial / structural solutions; function; number of floors; structural building materials; engineering and other equipment; EE class; EC; level of atmospheric emissions; commerciality.

Subsection 2.3, "Features of EOB design depending on the construction type" identifies design specifics based on the construction type: new construction; in the context of renovation or restoration.

Three different approaches are formulated based on the OB location and heritage protection status: new and existing OB located outside the historical areas of cities; new and existing OB located within the historical urban areas; listed buildings.

Lists of passive and active strategies, methods of thermal modernization and restoration are provided. In renovation or remodeling of existing OB which are not listed neither located in historical areas, the following methods are used:

preservation and restoration of authentic parts; thermal modernization of the existing parts; extension, etc.

In renovation or remodeling of existing OB which are not listed but located in the historical urban areas, the height, scale, plastic design of forms, character, finishing materials, and other features are to be preserved. The historical and architectural reference plan serves as the basis for defining the boundaries of historical areas. Construction works for renovation, even in historical areas, must be coordinated with preservation protection authorities.

For the restoration of listed OB: preservation and restoration of authentic parts; preservation of the material component of listed OB; insulation of facades (internal) and roofs.

Subsection 2.4, "The Impact of EE on the imagery of OB", analyses the influence of EE on OB imagery. It identifies key EOB features: the spatial-volumetric design of OB is the result of energy / daylighting / natural ventilation modelling; integration of the OB into the surrounding natural environment; embodiment of the values of sustainable architecture.

It was determined that EOB imagery comprises: external solar shading; green roofs / walls and plantings; natural (sustainable) finishing / innovative finishing and building materials; double skin facades; integration of energy-generating systems from renewable sources.

The 3rd chapter, "Principles of the design improvement of EOB", provides proposals for the application of the parametric method of MOO for determining the EC and daylighting, formulates EOB design principles and techniques, and offers design recommendations and design sequence in the climatic conditions of Ukraine".

Subsection 3.1, "Parametric method of MOO for determining EC and daylighting of EOB", proposes a substantiated, effective, and academically verified method for daylighting and EC optimization of OP.

To achieve optimal DF, DGP, and minimal EC, the study employs parametric modelling and MOO within Ukraine's two climatic zones (Kyiv and Odesa). The method allows to determine the optimal values of WWR, LHR, and shading depth

of OB. It finds out that climatic conditions (average monthly air temperature, sunshine duration, monthly solar radiation, sun path diagram, annual wind rose, cloudiness, etc.) affect the EE of OB and has to be taken into account at early stages of architectural design.

Optimized facade solutions were compared, differences were found that necessitate the application of a differentiated approach to EOB architectural design across Ukraine's two climatic zones. The comparison determines the differences in the WWR and solar shading depth. Climate based facade optimization defines that OB in Odesa requires lower WWR, and larger solar shading device than those in Kyiv, due to Odesa's milder climatic conditions (higher winter temperatures and a higher level of solar radiation). The differences show the necessity for climate-specific design.

Subsection 3.2, "Design principles and techniques of EOB", defines their design principles, which include:

- formation based on climatic conditions;
- integration of passive and active design strategies;
- application of design optimization;
- application of facade and planning adaptability;
- implementation of employee participation.

The following design techniques for EOB are proposed:

- conducting macro- and micro-climatic analysis of the site; identification of potential passive and active design strategies for subsequent application;

- *form and orientation selection strategy*. Selection of the overall EOB's shape to reduce the compactness ratio; choosing the building width to enable natural lighting; maximizing "high-angle" southern solar exposure; minimizing "low-angle" eastern and western solar exposure;

- *external envelope protection strategy*. Application of enhanced thermal insulation; joints improvement to eliminate thermal bridges; low air permeability achievement; double skin facade application;

- *passive heating (in winter) strategy*. Orientation of glazing selection

according to cardinal directions; facade glazing types selection; WWR and glazing proportions selection; achieving passive heating through solar radiation; use of structures with high thermal mass; double skin facade application;

- *passive cooling (in summer) strategy*. Application of natural and hybrid ventilation; use of landscaping / greening for cooling through evaporation; application of atriums and "solar chimneys";

- *protection against overheating (in summer) strategy*. Application of solar shading; facade glazing types selection; reduction of heat gains through the use of horizontal and vertical landscaping / greening; achieving self-shading of glazing through architectural and planning solutions;

- *maximizing daylighting strategy*. Achieving a high percentage of daylighting; facade glazing types selection; WWR and glazing proportions selection; application of "light shelves", skylights and light tunnels;

- *Active (engineering) strategies*.

Subsection 3.3, "Design recommendations for EOB in the climatic conditions of Ukraine", proposes recommendations its design, including: improvement of architectural design methodology; optimization of architectural-planning and facade solutions; implementation of natural ventilation solutions; implementation of EE engineering technologies; optimization of the integration of energy-generating systems into the OB; evaluation of the effectiveness of realized EOB.

Furthermore, differences in design recommendations for EOB based on the Ukraine's climatic zones, as well as the design sequence for EOB are provided.

Key words: sustainable architecture, architectural and planning organization, volumetric and spatial solutions, energy saving, building's energy-efficiency, energy-efficient office buildings, passive and active design strategies, multi-objective design optimization, parametric modeling, solar shading devices, daylighting, energy-efficient engineering systems, urban space, ecological approach.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	20
ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК.....	21
ВСТУП.....	23
РОЗДІЛ 1. СТАН ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАННЯ ТА ДОСВІД БУДІВНИЦТВА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ОФІСНИХ БУДІВЕЛЬ.....	32
1.1. Сучасні напрямки формування енергоефективних офісних будівель.....	32
1.2. Узагальнення міжнародного та вітчизняного досвіду проектування, будівництва та експлуатації енергоефективних офісних будівель.....	43
1.3. Аналіз наукової літератури з питань енергоефективності офісних будівель.....	84
1.4. Методика проведення дослідження.....	107
ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ	114
РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ОФІСНИХ БУДІВЕЛЬ.....	116
2.1. Фактори, які впливають на формування енергоефективних офісних будівель.....	116
2.2. Класифікація енергоефективних офісних будівель за ознаками.....	149
2.3. Особливості проектування енергоефективних офісних будівель в залежності від виду будівництва.....	166
2.4. Вплив енергоефективності на образність офісних будівель.....	177
ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ	182
РОЗДІЛ 3. ЗАСАДИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЄКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ОФІСНИХ БУДІВЕЛЬ	186
3.1. Параметричний метод багатоцільової оптимізації для визначення ЕС та денного освітлення ЕОБ.....	186

3.2. Принципи та прийоми проектування ЕОБ.....	212
3.3. Рекомендації з проектування ЕОБ в кліматичних умовах України.....	223
ВИСНОВКИ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ	237
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	241
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	246
ДОДАТКИ.....	275
Додаток А. Список опублікованих праць за темою дисертації.....	275
Додаток Б. Акти впровадження.....	278
Додаток В. Додаткові матеріали, які засвідчують апробацію положень дисертації.....	286
Додаток Г. Рекомендований перелік приміщень ЕОБ.....	289
Додаток Д. Джерела ілюстрацій.....	290

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- БД** - біофільний дизайн
- ВШВ** – відношення ширини до висоти вікна
- ЕЕ** – енергоефективність, енергоефективний
- ЕЗ** – енергозбереження
- ЕОБ** – енергоефективна офісна будівля
- ЕС** – енергоспоживання
- ЗС** – зовнішній сонцезахист
- ІВД** – імовірності відблисків при денному освітленні
- КК** – коефіцієнт компактності
- КС** – коефіцієнт скління
- КПО** - коефіцієнт природнього освітлення
- НД** – нормативні документи
- ОБ** – офісна будівля
- ОП** – офісне приміщення
- ОПР** - об'ємно-просторові рішення
- ОВіК** – опалення, вентиляція і кондиціонування
- ПЗ** – програмне забезпечення
- ПФ** – подвійний фасад
- САПР** - система автоматизованого проектування
- СЛВ** – сходово ліфтові вузли
- ЕОВ** – Energy-Efficient Office Buildings
- ЕС** – Energy Consumption
- ЕЕ** – Energy Efficiency
- ОБ** – Office Buildings
- МОО** – Multi-Objective Optimization
- DFD** – Daylight Factor
- DGP** – Daylight Glare Probability
- WWR** – Window-to-Wall Ratio
- LHR** – Window Length-to-Height Ratio

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

ЕЕ будівлі – властивість будівлі, її конструктивних елементів та інженерного обладнання забезпечувати протягом очікуваного життєвого циклу будівлі побутові потреби людини та оптимальні мікрокліматичні умови для її перебування та/або проживання у приміщеннях такої будівлі при нормативно допустимому (оптимальному) рівні витрат енергетичних ресурсів на опалення, освітлення, вентиляцію, кондиціонування повітря, гаряче постачання з урахуванням місцевих кліматичних умов (Мінрегіон України, 2022).

Рання стадія проєктування (early design stage) – це стадія проєктування (також може називатися – Передпроектні пропозиції), яка іде попереду офіційної стадії Ескізний проєкт, на якій робиться аналіз ділянки проєктування, визначаються планувальні обмеження забудови, розробляються варіанти розміщення будівлі на ділянці проєктування, та варіанти форми будівлі, а також проводиться енергомодельювання (energy modeling) варіантів будівлі та модельювання природного освітлення для пошуку оптимальних рішень з точки зору ЕЕ.

Енергомодельювання будівлі (energy modeling) – це метод модельювання ЕС будівлі за допомогою ПЗ для імітації використання енергії будівлею протягом року експлуатації. Ця практика може використовуватися для пошуку оптимальних об'ємно-просторових та архітектурно-планувальних рішень будівель на ранній стадії проєктування, а також для вдосконалення об'ємно-просторових та архітектурно-планувальних рішень існуючих будівель.

Пасивний дизайн (passive building design) – це проєктування, яке використовує переваги клімату для підтримки комфортного температурного діапазону в будівлі. Пасивний дизайн зменшує потреби будівлі в енергії що використовується для опалення, охолодження та освітлення. Пасивні будівлі ефективно використовують сонячну енергію, внутрішні джерела тепла та рекуперацію, що зменшує навантаження на системи опалення в холодну пору року. В свою чергу, у теплу пору року, для підтримки комфорту застосовуються методи пасивного охолодження, такі як стратегічне затінення (Passive House

Institute, 2024).

Пасивний сонячний дизайн (passive solar design) – відповідає за використання енергії сонця для обігріву та охолодження приміщень будівель під впливом сонячного опромінення. При потраплянні сонячного світла на будівлю, будівельні конструкції можуть віддзеркалювати, передавати або поглинати сонячне опромінення. Крім того, тепло, яке виробляється сонцем, викликає рух повітря, який можна передбачити в приміщеннях, що проєктуються. Ці основні реакції на сонячне тепло впливають на архітектурні рішення будівель, вибір матеріалів оздоблення, і можуть забезпечити пасивне нагрівання та охолодження в будівлі. На відміну від активних сонячних систем опалення, пасивні системи прості і не передбачають значного використання механічних та електричних пристроїв (Williams College, 2025).

ЗС (solar shading) – конструктивні засоби захисту будівель і споруд, які застосовуються при несприятливій дії інсоляції. Ці пристрої зазвичай поєднуються з архітектурно-планувальними засобами сонцезахисту: визначеною раціональною орієнтацією будівель (віконних отворів та ліхтарів) щодо сторін горизонту, малими архітектурними формами, світлої забарвленям огорожувальних конструкцій. Межі раціонального застосування різних видів ЗС визначаються в залежності від орієнтації фасаду і кліматичних умов місцевості (Гусев Н. та Клімов П., 1965).

КС – відношення площі світлопрозорих огорожувальних конструкцій до загальної площі фасадної частини будинку (Мінрегіон України, 2022).

Природне освітлення – освітлення приміщень світлом неба (прямим або відбитим), яке проходить крізь світлові прорізи в зовнішніх огорожувальних конструкціях (Мінрегіон України, 2018).

НЗЕБ Будівлі (NZEB) – це будівлі з дуже високою ЕЕ, де майже нульова або дуже незначна кількість необхідної енергії повинна надходити переважно з відновлюваних джерел енергії, вироблених на місці або поблизу (Міністерство розвитку громад та територій України, 2025).

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Згідно з даними Міжнародного Енергетичного Агентства (IEA), темпи та масштаби глобального переходу на чисту енергію не відповідають кліматичним цілям, які заявлені в Паризькому договорі від 2015 р, що може негативно вплинути на зміни клімату на планеті. Значну роль у загальносвітовому ЕС посідає будівельна галузь, яка відповідає за 30% ЕС та відповідає майже за 40% викидів CO₂. Прогрес на шляху до екологічних, сталих, ЕЕ будівель іде вперед, але вдосконалення все ще відстають від швидко зростаючої будівельної галузі та збільшення її енергопотреб. При цьому прогнозується, що в майбутньому попит на енергію для будівельної галузі буде тільки зростати, завдяки збільшенню розмірів міст в наслідок загального приросту населення та міграції людей з сільської місцевості (очікується, що вже у 2050 році 70% населення планети буде жити у містах).

ОБ при цьому складають значну частину будівельної галузі (приблизно 20-30% від загального обсягу будівництва в залежності від країни), та споживають велику кількість енергії, що в свою чергу робить питання ЕЕ дуже актуальним. Існує великий потенціал для зменшення майбутніх енергопотреб ОБ. Так, за різними сценаріями енергопотреби сектора можливо скоротити майже на 30% за рахунок архітектурних, інженерних та інших засобів.

Проведений аналіз існуючих ОБ виявив ряд складних архітектурно-містобудівних, інженерно-технічних та екологічних проблем до яких призводить нерозуміння та нехтування питаннями сталості та ЕЕ. До найбільш гострих питань, від яких залежить здоров'я співробітників і стан природного середовища, слід віднести: погіршення внутрішнього санітарно-гігієнічного та функціонального комфорту; зменшення продуктивності праці; збільшення забруднення оточуючого середовища; значне споживання не відновлювальних природних ресурсів та ін.

Актуальність дослідження відповідає сучасному вектору розвитку України у напрямку енергонезалежності та ЕЗ, енергетичному переході до

відновлюваних джерел енергії, охорони довкілля, дбайливому використанню природних ресурсів та збереження екологічної безпеки. Це підтверджується законами України: «Про енергетичну ефективність будівель» (Відомості Верховної Ради України, 2017), «Про енергетичну ефективність» (Відомості Верховної Ради України, 2022), «Про альтернативні джерела енергії» (Відомості Верховної Ради України, 2003), «Про охорону навколишнього природного середовища» (Відомості Верховної Ради України, 1991), та ін., а також Указом Президента України. «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» (Верховна Рада України, 2019).

Отже, існує проблема пошуку ефективних шляхів подолання можливих негативних наслідків подальшого проектування, будівництва та експлуатації не достатньо екологічних та ЕЕ ОБ, що потребує створення наукових засад з їх проектування а також удосконалення архітектурної освіти в цьому напрямку.

Необхідна розробка науково-обґрунтованих рекомендацій щодо впровадження ЕЕ стратегій проектування ОБ, які позитивно вплинуть на показники санітарно-гігієнічного комфорту та здоров'я співробітників, покращення екологічної ситуації оточуючого середовища, зменшення енергопотреб ОБ, збереження не відновлювальних природних ресурсів та зменшення викидів CO₂ в атмосферу. Усі ці фактори обумовили актуальність даної дисертаційної роботи.

Проблеми ЕЗ в архітектурі України розглядалися дослідниками: Гусев та Клімов, 1965; Каплинский, 2005; Казаков, 2009; Кащенко, 2004; Кісельова та Новосельчук 2009; Ковальський, 2004; Ковальський та Чижмак, 2009; Процюк, 2004; Репін, 2003; Сергейчук, 2004; Сергейчук, 2010; Шевелев та Гершкович, 2004; Шевелев та Волга, 2004; Шпара, 2004; Шулдан, 2007; та ін.

Також вітчизняні науковці досліджували питання проектування ЕЕ ОБ у наукових дослідженнях та публікаціях: Бахтін, 2023; Бурова, 2014; Данько, 2019; Дворецкий, 2013; Діб, 2019; Дрєвич, 2024; Казаков, 2012; Кащенко та Кордияка, 2024; Кузнєцова, 2020; Куцевич, Брідня, Рогожнікова, 2016; Мартинов, 2013; Мартинов, 2015; Мартинюк, Поляк, Мартинов, 2025; Новік,

Гнатюк, Візір, 2022; Олійник, 2023; Роздорожнюк, 2024; Сергейчук, 2012; Трошкіна, 2005; Чижмак, 2012; Черненко, Давидов, 2025; Уреньов та Бахтін, 2020; Устінова, 2016; Фаренюк та Головатюк-Унгуряну, 2020; Хаєф, 2014; Хорхот та Хорхот, 2012; та ін.

Закордонні дослідження, що присвячені проєктуванню ЕОБ та впровадженню окремих сталих та прийомів сталого розвитку та екологічності, висвітлені у роботах: Al-Kodmany та Ali, 2013; Allwood, 2014; Bothwell, 2011; Catalina, Virgone, Iordache, 2011; Chen, Yang, Lu, 2015; Clair, 2010; Denzer, 2013; Derecker та ін., 2001; Echenagucia та ін., 2015; Elotefya та ін., 2015; Frampton, 2011; Goncalves та Umakossh, 2010; Goncalves та Bode, 2011; Geletka, Sedlakova, 2012; Gonzalo та Rainer, 2014; Guzowski, 2010; Ionescu та ін., 2015; Jankovic та Goia, 2021; Haase та Amato, 2006; Kellert, та Calabrese, 2015; Negendahl та Nielsen, 2015; Neufert та Neufert, 2012; Okeil, 2010; Oldfield, Trabucco, Wood, 2009; Premrov, Leskovar, Mihalic, 2015; Saxon, 1983; Stevanovic, 2013; Yeang, 2008; Watson, 2013; та ін. Зазначені роботи стали науково-методичною основою для даного дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження проводилося у відповідності до наступних державних програм та законодавчих актів: Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» (Відомості Верховної Ради України, 2017), Закон України «Про енергетичну ефективність» (Відомості Верховної Ради України, 2022), Закон України «Про альтернативні джерела енергії» (Відомості Верховної Ради України, 2003), Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» (Відомості Верховної Ради України, 1991), Указ Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» (Верховна Рада України, 2019), Наказ «Про затвердження Методики визначення економічно доцільного рівня енергетичної ефективності будівель» (Міністерство регіонального розвитку, буд-ва та житлово-комунального господарства України, 2018), Наказ «Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель» (Міністерство регіонального розвитку,

буд-ва та житлово-комунального господарства України, 2018), Наказ «Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель» (Міністерство розвитку громад та територій України, 2020), Наказ про «Вимоги до будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії та ін.» (Міністерство розвитку громад та територій України, 2025).

Дослідження базується з науковими програмами, планами, темами: Науково-дослідної роботи (НДР) кафедри теорії, історії архітектури та синтезу мистецтв Національної академії образотворчого мистецтва і архітектури «Архітектура України: історія, сучасні тенденції та збереження об'єктів історико-культурної спадщини» – Державний реєстраційний номер: 0124U001904 від 18-02-2024.

Мета дослідження: визначити сучасні принципи та прийоми формування енергоефективних офісних будівель в кліматичних умовах України

Завдання дослідження:

- встановити основні напрямки формування ОБ;
- встановити основні історичні етапи формування ЕОБ;
- провести аналіз практики міжнародного і вітчизняного досвіду проектування, будівництва та експлуатації ОБ та узагальнити теоретичні роботи, пов'язані з проблемами проектування ЕОБ;
- визначити найбільш ефективні ЕЕ архітектурні стратегії пасивного проектування та активні інженерні стратегії для скорочення енергопотреб будівель і визначити ступінь їх впливу;
- виявити вплив факторів на формування ЕОБ та розробити класифікацію ЕОБ за ознаками;
- виявити особливості проектування ЕОБ в залежності від виду будівництва та визначити вплив ЕЕ на образність ЕОБ;
- розробити параметричний метод багатоцільової оптимізації ЕС та денного освітлення ЕОБ;
- визначити науково обґрунтовані принципи та прийоми архітектурного формування ЕОБ та надати рекомендації з проектування ЕОБ в кліматичних

умовах України

Об’єкт дослідження: енергоефективні офісні будівлі.

Предмет дослідження: принципи проектування енергоефективних офісних будівель в кліматичних умовах України.

Межі дослідження: часові – від кінця ХІХ ст. до перших десятиліть ХХІ ст., від початку будівництва висотних ОБ у США, 1885 р. до сьогодення, 2026 р. Територіальні – ОБ, міжнародний та вітчизняний досвід у північній півкулі Землі.

Методи дослідження: Робота виконана із застосуванням загальнонаукових – емпіричних, теоретичних та спеціальних методів на трьох етапах дослідження.

На першому етапі було використано метод систематизації та аналізу при зборі матеріалів дослідження. Завдяки емпіричним та теоретичним методам було проведено збір матеріалів. Гіпотетичний та системний підхід дозволив обрати методiku дослідження.

На другому етапі дослідження були задіяні методи емпіричного та теоретичного аналізу та спеціальні методи: метод абстрагування і системного аналізу дав змогу виявленню фактори, що впливають на проектування ЕОБ; метод аналізу та синтезу сприяв визначенню класифікація ЕОБ за ознаками; методи типологічного аналізу дав змогу виявити типологічні особливостей ЕОБ; методом дедукції, було визначено вплив ЕЕ на об’ємно-планувальну організацію та образ ЕОБ; систематизація отриманих даних дозволила виявити особливості застосування природного освітлення, ЗС, природної вентиляції в ЕОБ; метод порівняльного аналізу дав можливість знайти відмінності у проектуванні ЕОБ у різноманітних кліматичних умовах; метод структурного аналізу, сприяв виявленню особливості проектуванні ЕОБ у кліматичних умовах України; метод синтезу, задіяний при узагальненні набутої інформації, був використаний для подальшої перевірки гіпотез та пропозицій автора.

На третьому етапі дослідження поряд із перерахованими вище методами, були задіяні спеціальні методи: метод моделювання за допомогою

САПР – Rhino, параметричного моделювання засобами мови візуального програмування – Grasshopper, плагінів – Ladybug Tools, Honeybee та багатоцільовою оптимізацією дав можливість перевірити експериментально відомості, що були отримані із літературних джерел; метод дедукції дав можливість на основі виявлених особливостей, визначити науково обґрунтовані принципи та прийоми архітектурного формування ЕОБ; метод структурного аналізу було використано для розробки рекомендацій з проєктування ЕОБ в кліматичних умовах України за критеріями ЕЕ.

Емпіричні, теоретичні, спеціальні методи та метод комплексного функціонально-структурного аналізу дозволили поетапно розглянути конкретні аспекти дослідження. Метод узагальнення дозволив сформулювати загальні висновки по роботі.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розвитку та доповненні теоретичних положень з проєктування ЕОБ, розробленні науково обґрунтованого методу багатоцільової оптимізації фасадних рішень ЕОБ з точки зору ЕЕ в кліматичних умовах України.

Вперше:

- визначено науково обґрунтовані принципи та прийоми архітектурного формування ЕОБ;
- визначено найбільш ефективні архітектурні стратегії пасивного проєктування та активні інженерні стратегії для скорочення енергопотреб ОБ і визначено ступінь їх впливу;
- розроблено параметричний метод багатоцільової оптимізації фасадних рішень ЕОБ з точки зору ЕЕ;
- надані рекомендації з проєктування ЕОБ в кліматичних умовах України;
- запропонована послідовність проєктування ЕОБ.

Удосконалено:

- сутність та визначення поняття «Енергоефективна офісна будівля» (ЕОБ), запропоновано ввести термін до нормативно-законодавчої бази та в

науковий обіг;

- перелік факторів, що впливають на формування ЕОБ;
- класифікацію ЕОБ за ознаками;
- прийоми проєктування ЕОБ в залежності від виду будівництва;

Доповнено:

- аналіз теоретичних робіт, пов'язаних з проблемами проєктування ЕОБ;
- аналіз практики міжнародного та вітчизняного досвіду проєктування, будівництва та експлуатації ЕОБ;
- основні напрямків формування ОБ, що був попередньо досліджено авторами: Wines, 2019; Watson, 2013; Allwood, 2014; McDonough і Braungart, 2002; International WELL Building Institute, 2025; International Living Future Institute, 2025; National Institute of Building Sciences, 2025; Kellert, Calabrese, 2015; та ін.
- історичні етапи розвитку ЕЕ будівель, що був попередньо досліджено авторами: Ionescu та ін., 2015; Oldfield, Trabucco і Wood, 2009; Denzer, 2013; Олійник, 2023; та ін.
- аналіз впливу ЕЕ на образність ЕОБ що був попередньо досліджено авторами: Lee, 2011; Sauerbruch і Hutton, 2011; Frampton, 2011; Bothwell, 2011; Кнааск та ін., 2008; Олійник, 2023; та ін.

Отримало подальший розвиток:

- параметричний метод багатоцільової оптимізації архітектурних та інженерних рішень з точки зору мінімізації ЕС;

Практичне значення одержаних результатів:

- полягає у поглибленні та систематизації сучасних знань щодо формування ЕОБ. Результати дослідження можуть стати підґрунтям для практичної діяльності, при проєктуванні, будівництві та експлуатації ЕОБ, а також у навчальному процесі (курсовому та дипломному проєктуванні), під час розроблення навчально-методичної літератури.

Результати дисертаційної роботи знайшли практичне застосування в

проектах:

- офісних комплексів “Asob Tower” (2024 р.), “Al Falah District“ (2024 р.) та “Cordoba“ (2022 р.), Ер-Ріяд, Саудівська Аравія;

- торгово-офісних комплексів “Asob Plaza” (2024 р.), “Al Jamaz Plaza” (2022 р.) та “Al Sadhan”(2020 р.), Ер-Ріяд, Саудівська Аравія;

- торгово-розважальних та офісних комплексів “Othaim” (2021 р.) та “The Village” (2018 р.), Ер-Ріяд, Саудівська Аравія;

- інтер'єрів офісних комплексів №1 та №2 (2024 р.), “The Space” (2021 р.), “Samnan“ та “Rumoz“ (2018 р.), Ер-Ріяд, Саудівська Аравія. Проекти виконано спільно компанією Rumoz Consulting Engineers (Саудівська Аравія) та ФОП Куцевич Б. В (Україна).

Особистий внесок здобувача. Результати проведеного наукового дослідження отримані автором особисто, що засвідчується переважно одноосібними публікаціями. В статті, опублікованій у співавторстві з Taniguchi K. (Kutsevych та Taniguchi, 2025), здобувачем особисто досліджено та запропоновано науково обґрунтований метод оптимізації фасадних рішень ОБ з точки зору ЕЕ в кліматичних умовах України.

Апробація результатів дисертації.

Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на 7 науково-практичних конференціях:

1. IV Міжнародна науково-практична конференція «Інновації в архітектурі, дизайні та мистецтві: до 150-річчя Олександра Вербицького». Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, Київ, 21-23 травня 2025 р.

2. III Міжнародна науково-практична конференція «Інновації в архітектурі, дизайні та мистецтві: до 100-чя факультету архітектури НАОМА». Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, Київ, 23-24 травня 2024 р.

3. Проблеми ревіталізації та гуманізації предметно-просторового середовища повоєнної України. Львівський національний університет

природокористування, Львів, 25-26 квітня 2024 р.

4. II Міжнародна науково-практична конференція «Інновації в архітектурі, дизайні та мистецтві». Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, Київ, 25-26 травня 2023 р.

5. Проблеми відновлення соціальної інфраструктури та просторового розвитку територій повоєнної України. Львівський національний університет природокористування, Дубляни, 27-28 жовтня 2022 р.

6. Архітектура та екологія. Національний авіаційний університет, Київ, 9-11 листопада 2022 р.

7. Міжнародна науково-практична конференція «Інновації в архітектурі та дизайні». Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, Київ, 25-26 травня 2022 р.

Публікації. Наукові результати дисертації опубліковані в 7 публікаціях, з яких 6 надруковано в наукових фахових виданнях України, а 1 стаття в науковому періодичному виданні іншої держави, та в 7 тезах доповідей у збірниках наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із анотації, списку публікацій, переліку умовних скорочень, термінологічного словника, вступу, трьох розділів із висновками, загальних висновків, переліку використаних літературних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації 305 сторінок: основна частина – 245 сторінок, 61 рисуноків, перелік використаних джерел із 306 найменування, 5 додатки на 29 сторінках.

РОЗДІЛ 1

СТАН ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАННЯ ТА ДОСВІД БУДІВНИЦТВА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ОФІСНИХ БУДІВЕЛЬ

1.1. Сучасні напрямки формування ЕОБ.

Екологічний підхід до будівництва – головний світовий тренд останніх десятиліть. ЕЕ та екологічні «зелені» стандарти активно впроваджуються в усі сфери ОБ, причому ініціатива виходить не тільки від девелоперів, але орендарі також зацікавлені в офісі нової якості.

В наш час цінність сучасного офісного простору не тільки визначається коефіцієнтом корисної площі до загальної, але і екологічними якостями (Goncalves i Vode, 2011). Такі показники, як низьке ЕС, природне освітлення, природна вентиляція, якість повітря і взаємодія внутрішніх просторів з вулицею підвищує цінність ОП і робить їх більш привабливими для потенційних орендарів.

За визначенням автора, **ЕОБ** це – будівля з низькими енерговитратами, які відповідають чи перевершують вимоги національних чи міжнародних стандартів ЕЕ. При цьому оцінюватися мають не тільки енерговитрати, що прогнозуються проєктом, а ще й фактичні енерговитрати будівлі на протязі річного періоду експлуатації. При цьому, має бути гарантована: якість повітря, оптимальне природне освітлення, тепловий комфорт та здоров'я співробітників.

На основі досліджень: United Nations, 2015; Architecture 2030, 2017; Wines, 2019; Encyclopedia.com, 2025; Watson, 2013; Caves, 2005; Allwood, 2014; McDonough i Braungart, 2002; Neufert, Neufert, 2012; International WELL Building Institute, 2025; International Living Future Institute, 2025; National Institute of Building Sciences, 2025; Kellert i Calabrese, 2015; та ін. до сучасних напрямків формування ЕОБ відносяться (рис. 1):

- архітектура сталого розвитку (sustainable design);
- проєктування в рамках міжнародної добровільної екологічної

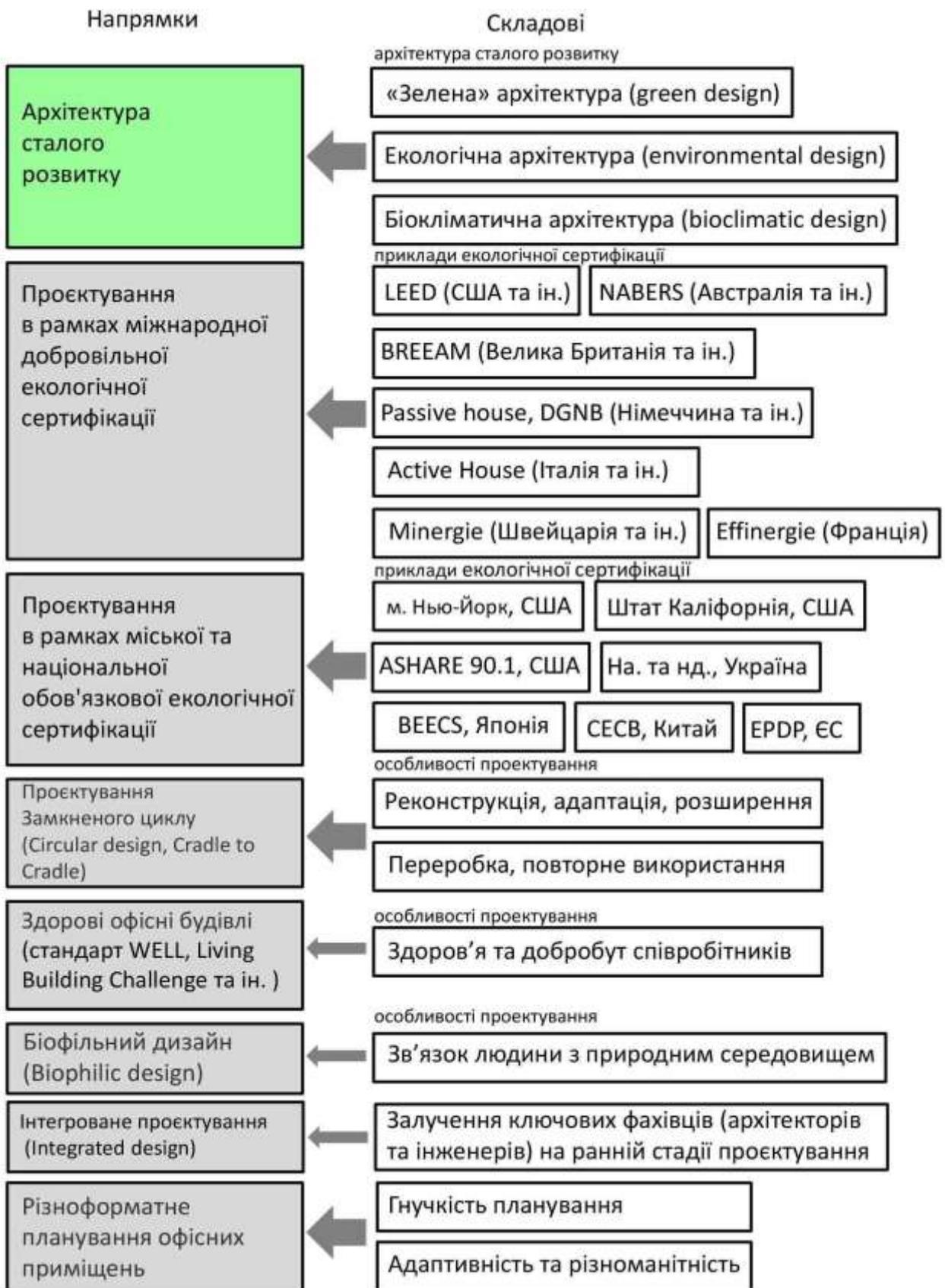


Рис 1. Формування ЕЕ офісних будівель.
Джерело: автор, 2025

сертифікації;

- проєктування в рамках міської та національної екологічної сертифікації;
- проєктування замкненого циклу (Circular design);
- здорові ОБ (стандарт WELL, Living Building Challenge та ін.);
- інтегроване проєктування (Integrated design);
- біофільний дизайн (Biophilic design);
- різноформатне планування ОП.

Архітектура сталого розвитку виникла на основі більш ранніх понять, котрі тепер входять до концепції сталої архітектури, такі як: зелена архітектура (green design); екологічна архітектура (environmental design); біокліматична архітектура (bioclimatic design) та ін. Стала архітектура ґрунтується на 5-ти головних принципах та 17-ти цілях сталого розвитку (United Nations, 2015), згідно яких, досягнення благополуччя планети за допомогою сталої архітектури є важливим, а основним завданням стає вуглецева нейтральність будівель. При цьому парникові викиди мінімізуються на всіх етапах, включаючи виробничі процеси, будівництво та експлуатацію, а також збалансовуються за допомогою кліматично позитивних ініціатив, щоб вуглецевий слід з часом дорівнював нулю. Такі ініціативи, як, (Architecture 2030, 2017), мають за мету зробити будівлі вуглецево нейтральними, що дозволить в найближче десятиліття рухати вперед розвиток сталих та безвуглецевих будівель, громад та міст. Ці ініціативи викликають високий рівень уваги серед політиків, громадських діячів, науковців, забудовників, девелоперів та власників ОБ в усьому світі.

Поняття «зеленої» архітектури (green design/architecture) - це філософія архітектури, яка виступає за сталі джерела енергії, ЕЗ, повторне використання та безпеку будівельних матеріалів та розміщення будівлі з урахуванням її впливу на навколишнє середовище (Wines, 2019).

Екологічний підхід в архітектурі (ecological architecture) – прагне реагувати на виснаження енергетичних ресурсів, шляхом використання ЕЗ, ефективної теплоізоляції, збору дощової води, видобутку енергії сонця та вітру,

а також максимально можливої переробки матеріалів (Encyclopedia.com, 2025). Екологічно відповідальна архітектура (environmentally responsible architecture) – розвивалася у відповідь на зростаюче занепокоєння екологічними та природоохоронними питаннями з 1960-х років 20 ст. Характеризувалася експериментами з будівлями, спорудженими з природних матеріалів, що були енергоефективними, використовували сонячні та вітрові джерела енергії, а також гармонійно вписувались в оточуюче середовище (Encyclopedia.com, 2025). Екологічний дизайн (environmental design) – це підхід до проектування, що є екологічно свідомим, сталим і здоровими як для людини, так і для навколишнього середовища (Encyclopedia.com, 2025). На основі екологічного дизайну створюються будівлі, що відповідають критеріям ЕЗ, зменшують забруднення природного середовища, покращують природне, соціально-культурне та фізичне середовище.

Біокліматичний дизайн – поєднання «біології» та «клімату» – це підхід до проектування будівель, що ґрунтується на місцевому макро і мікро кліматі. Використовуючи термін «біокліматичний», архітектурний дизайн пов'язується з фізіологічною та психологічною потребою у здоров'ї та комфорті людей. На основі біокліматичних підходів, створюються комфортні умови в будівлях, спираючись на: місцеві кліматичні умови; стратегії проектування, що включають природну вентиляцію, денне освітлення, пасивне опалення та охолодження та ін. (Watson, 2013).

Проектування в рамках міжнародної добровільної екологічної сертифікації. Ця тенденція підтримується сертифікацією будівель за екологічними стандартами, наприклад вже з 1990 р. почала працювати сертифікація BREEAM (Великобританія та ін. країни), LEED (США та ін.) з 1998 р., NABERS (Австралія, Нова Зеландія, Велика Британія) з 1998 р., Minergie (Швейцарія, Ліхтенштейн та ін.) з 1998р., Active House (Італія, Нідерланди та ін.), DGNB (Німеччина та ін.) з 2007 р. Сертифікація за екологічними стандартами є відносно новим трендом на ринку ОБ України. Наявність «зеленого сертифіката» передбачає забезпечення ОБ певним

переліком характеристик і послуг, що підвищують комфорт орендарів. Зазвичай системи сертифікації оцінюють такі параметри ОБ, як: ЕС, витрати води, вуглецева нейтральність, поводження з відходами, сталість будівельних матеріалів, якість внутрішнього повітря та денного освітлення, тепловий комфорт, рівень використання відновлювальної енергії. Стандарти BREEAM і LEED вже стають трендом для проєктування ОБ в Україні, екологічна сертифікація дає орендарям впевненість у якісних архітектурних і інженерних рішеннях, комфорті та здоров'ї співробітників та зменшення витрат на потреби обігріву, кондиціонування, штучного освітлення та ін. (Caves, 2005).

Проектування в рамках міської та національної екологічної сертифікації. Наприклад, згідно закону міста Нью-Йорк про кліматичну мобілізацію, від усіх громадських будівель вимагається скорочення викидів парникових газів на 40% до 2030 р. та на 80% до 2050 р. Цієї мети можна досягти шляхом поєднання заходів з ЕЕ та використання відновлюваної енергії на місці.

У штаті Каліфорнія, США місцеві стандарти ЕЕ для нових будівель вимагають, щоб усі нові ОБ мали нульове ЕС до 2030 р. Це означає, що всі нові ОБ повинні виробляти стільки енергії, скільки вони споживають протягом року.

Стандарти ЕЕ ОБ відрізняються в різних країнах. Деякі з найбільш помітних прикладів стандартів ЕЕ для ОБ у світі включають:

США – стандарт ASHRAE 90.1 є найпоширенішим енергетичним стандартом для ОБ, який встановлює мінімальні вимоги до ЕЕ для нового будівництва та капітального ремонту.

Європейський Союз – директива щодо ЕЕ будівель (EPBD) встановлює мінімальні вимоги до ЕЕ нових та існуючих будівель у ЄС. Згідно EPBD вимагаються нульові викиди для всіх нових громадських будівель з 2026 р. та всіх нових будівель з 2028 р.

Японія – стандарт ЕЕ будівель (BEECS) встановлює мінімальні вимоги до ЕЕ нових і існуючих будівель. BEECS вимагає нульового ЕС для всіх нових будівель до 2030 р. та для всіх існуючих будівель до 2050 р.

Китай – кодекс енергозбереження в будівлях (CECB) встановлює

мінімальні вимоги до ЕЕ для нових і існуючих будівель. СЕСВ вимагає нульового ЕС для всіх нових громадських будівель до 2025 р. та для всіх нових будівель до 2030 р.

Україна – питання ЕЕ регулюються такими законами та наказами: Закон України «Про енергетичну ефективність будівель»; Наказ Мін. регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України № 169 «Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель»; Наказ Мін. розвитку громад та територій України № 260 «Про затвердження мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель»; Наказ Мін. регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України № 170 «Про затвердження Методики визначення економічно доцільного рівня енергетичної ефективності будівель», Наказ Мін. розвитку громад та територій України № 168 «Вимоги до будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії та ін.».

А також такими нормативними актами: ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будинки та споруди. Основні положення» (Розділ 12. Енергоефективність та енергозбереження); ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»; ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»; ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення» та нормативними документами: ДСТУ 9190:2022 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання»; ДСТУ 9191:2022 «Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель»; ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 «Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження»; ДСТУ Б А.2.2-8:2010 «Розділ Енергоефективність у складі проектної документації об'єктів»; ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія»; ДСТУ EN 16247-2:2015 «Енергетичні аудити. Частина 2. Будівлі» та ін. (рис 2).

Основні нормативні акти та нормативні документи

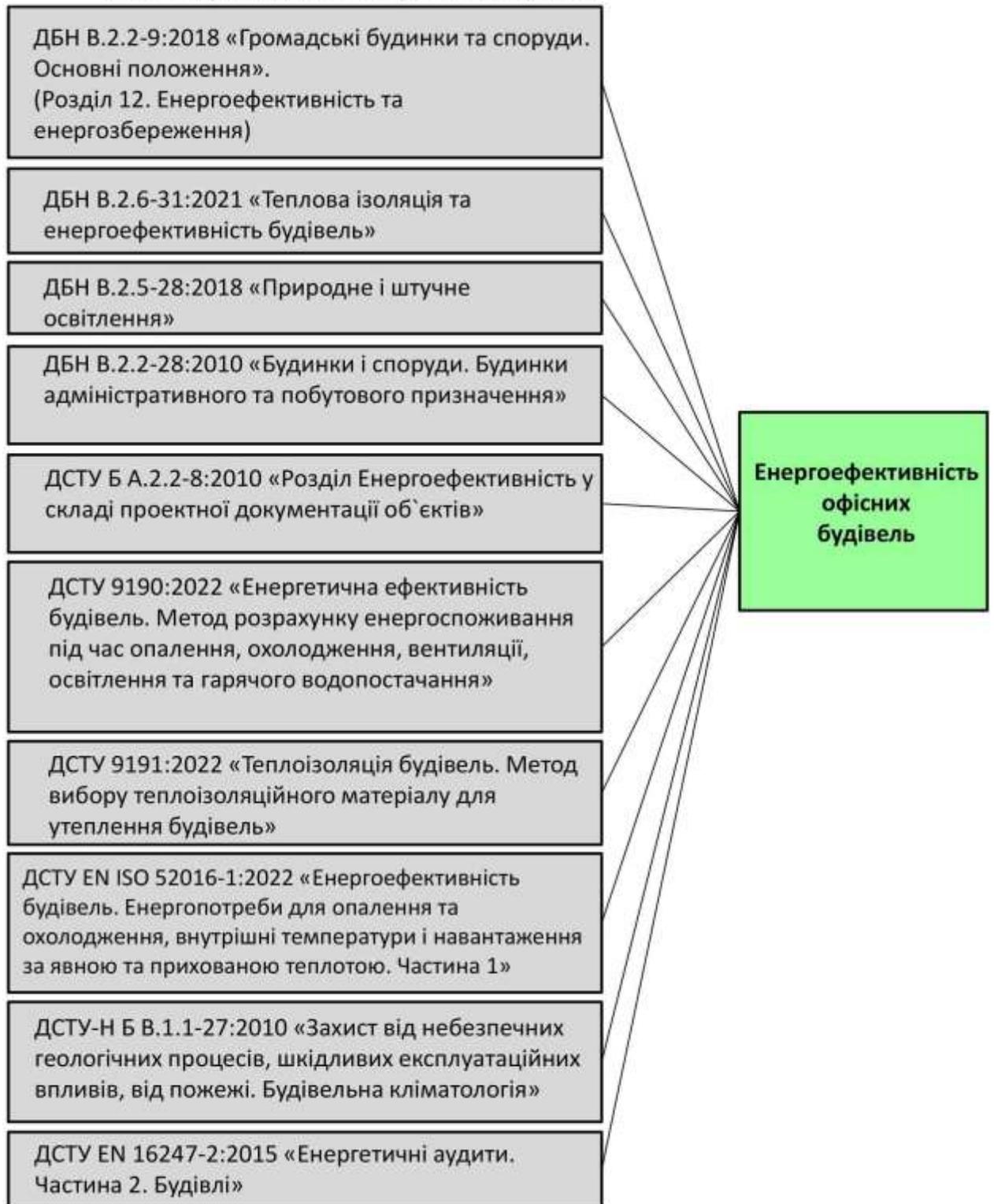


Рис 2. Національна нормативна база з ЕЕ ОБ.
Джерело: автор, 2025

Проектування замкнутого циклу (circular design) базується на принципах економіки замкнутого циклу, що покликана змінити класичну лінійну модель виробництва, які мінімізують відходи та інші види забруднень. Ці принципи засновані на відновленні ресурсів, переробці вторинної сировини, переході від викопного палива до використання відновлюваних джерел енергії (Allwood, 2014). Оскільки 40 % сміттєзвалищ в даний час надходять від будівництва, для проєктувальників, власників та підприємців важливо зосередитись на регенераційних практиках, де це можливо. Згідно з цими ідеями усунення будівельних відходів стає одною з основних цілей проєктування.

В рамках концепції економіки замкнутого циклу існує екологічний стандарт Cradle to Cradle (C2C) «від колиски до колиски» – це філософія проєктування, яка спрямована на створення безпечних і здорових для мешканців і навколишнього середовища будівель, які можна переробляти або використовувати повторно. Концепція наслідує світ природи, де немає такого поняття, як відходи. Натомість усе є ресурсом для чогось іншого. Основні принципи C2C в архітектурі:

- використання нетоксичних і біологічно розкладаних матеріалів, таких як дерево, чи перероблені матеріали;
- проєктування ЕЕ будівель, що працюють від відновлюваних джерел енергії;
- розташування зелених насаджень на дахах будівель і в інтер'єрах будівель, для покращення якості повітря та забезпечити існування середовища дикої природи;
- використання модульного проєктування, щоб будівлі можна було розбирати та повторно використовувати (McDonough і Braungart, 2002).

Стандартний термін використання ОБ зазвичай 40-50 років. Після чого будівлі зазвичай зносяться і на їх місці зводяться нові сучасні будівлі, що суперечить концепції сталої архітектури тому, що така практика призводить до великих викидів вуглецю в атмосферу. Згідно з ідеями «кругового дизайну», замість зносу будівель треба проводити їх реконструкцію, розширення,

адаптацію та повторно використовувати (upcycling) їх елементи, максимально зменшуючи при цьому кількість будівельних відходів. Прикладом такої стратегії може служити будівля Quay Quarter Tower в Сідней, Австралія (арх. 3XN, BVN, 2023), де під час реконструкції було збережено дві третини існуючих несучих конструкцій.

Здорові ОБ (стандарт WELL, Living Building Challenge та ін.), це ті будівлі що відповідають стандарту WELL або його еквіваленту. Згідно (Neufert, Neufert, 2012), вимоги з боку працівників і роботодавців до якості робочих місць (природне освітлення, навколишнє середовище, ЕЕ, екологічність використовуваних матеріалів, утилізація відходів) постійно підвищуються. «Робоче місце є важливим для соціальної взаємодії між користувачами. Високе психічне і фізичне навантаження призводить до більшої обізнаності про робоче середовище (площа робочого місця, особистий вибір меблів, вимоги до вентиляції та освітлення, та ін.)».

На сьогоднішній день власники нерухомості, забудовники та керівники підприємств переходять до акценту на людські активи. Очікується, збільшення попиту на ринку ОБ саме у більш здорових будівлях. Рух до стандарту WELL (The WELL Building Standard) в проєктах розпочався в результаті пандемії (2020-2021). Цей стандарт орієнтований на якість повітря та води, використання природного освітлення, не шкідливість оздоблювальних матеріалів, здорове харчування, фізичну активність, акустичний і тепловий комфорт та ін. Сертифікація WELL оцінює, як будівля покращує загальний стан навколишнього середовища, здоров'я та добробуту людей (International WELL Building Institute, 2025).

Living Building Challenge – це філософія, рекомендації та програма сертифікації, що визначає показник сталості в архітектурному середовищі. Він стосується нових та існуючих будівель і комплексів (включаючи ОБ) та є інклюзивним інструментом для трансформаційного дизайну. Він забезпечує основу для проєктування, будівництва та покращення симбіотичних стосунків між людьми та всіма аспектами архітектурного та природного середовища.

Будівлі, що відповідають стандарту Living Building Challenge мають такі характеристики:

- відновлювані будівлі, які з'єднують мешканців зі світлом, повітрям, їжею, природою та громадою;
- самодостатні будівлі, що залишаються в межах ресурсів (в тому числі і енергії) своєї ділянки;
- будівлі, що створюють позитивний вплив на людину та природні системи, які з ними взаємодіють (International Living Future Institute, 2025).

Інтегроване проектування (Integrated design) – це процес проектування, що вимагає залучення усіх ключових фахівців (архітекторів та інженерів) на ранній стадії проектування для досягнення в тому числі ЕЕ протягом усього життєвого циклу ОБ (National Institute of Building Sciences, 2025). Інтегрований підхід до проектування включає в себе методи та інструменти спільної роботи, що дозволяє фахівцям з різних галузей працювати разом для досягнення оптимального результату.

Біофільний дизайн (Biophilic design) – це філософія дизайну, яка прагне з'єднати людей із природою в рамках архітектурного середовища та урбаністичних просторів. Він заснований на ідеї, що люди мають природжений потяг до природи, і що спілкування з природою може мати позитивний вплив на наше фізичне, розумове та емоційне благополуччя.

Біофільний дизайн (БД) включає в себе такі елементи:

- природне освітлення та вентиляція. Будівлі максимізують природне освітлення та вентиляцію, що може покращити настрій, підвищити продуктивність і зменшити стрес;
- природні матеріали та текстури. При зведенні будівель часто застосовують природні матеріали, такі як дерево, камінь, бамбук та ін., а також текстури, які імітують природні візерунки, такі як текуча вода або коливання дерев;
- рослини та зелень – є ключовим елементом БД. Дослідження показали, що рослини можуть покращити якість повітря, зменшити рівень шуму та

сприяти розслабленню;

- вид на природу. У будівлях часто відкриваються види на природу через вікна або через розташування в природних умовах;

- біоморфні форми також можуть містити форми та візерунки, натхненні природою.

Згідно проведених досліджень, біофільна архітектура має багато переваг: покращення когнітивних функції людини, зменшення можливості стресу, підвищення творчих здібностей та сприяння одужанню. Біофільні будівлі також можуть бути більш ЕЕ та сталими, у порівнянні з традиційними будівлями.

Оскільки сьогоденне природне середовище існування людини це здебільшого міська забудова, де люди проводять 90% свого часу, БД намагається задовольнити вроджену потребу людей у спілкуванні з природою в сучасних будівлях і містах. Таким чином, фундаментальною метою БД є створення комфортного середовища існування для людей як біологічних організмів в містах та будівлях (Kellert і Calabrese, 2015).

Різноматне планування ОП. Це ОБ з варіативними приміщеннями де зберігається баланс між великими відкритими просторами та меншими приватними приміщеннями, а також адаптивними площами, *hot desking* та коворкінгами. В таких приміщеннях створюється середовище, де співробітники можуть пересуватися, виконуючи різні завдання та стилі роботи. Такі рішення дають результати у вигляді більш продуктивної праці і працівники мають можливість обрати середовище, яке найкраще відповідає поставленому завданню. Результатом цього стає більша зацікавленість працівників в роботі, і поглиблення зав'язків між роботодавцем та працівником. Крім того, більш відкриті ОП створюють менше бар'єрів для обмеження потоку світла; покращується циркуляція повітря в приміщеннях, зменшується вимоги до механічної вентиляції, споживання ресурсів під час ремонту та реконструкції, оскільки відкриті простори можна легше перепланувати. Такі ОП зазвичай характеризуються широким застосуванням рослинності в

інтер'єрах та інтеграцією витворів мистецтва. Прикладами ОБ такої концепції є: Amazon Spheres, Сіетл, США, арх. NBBJ, 2018; Google Bay View, Маунтейн Вью, США, арх. BIG, Heatherwick Studio, 2022; Forskaren Innovation Hub, Хагалунд, Швеція, арх. 3XN, 2024 та ін.

Різноматне планування ОП є більш прийнятним для популярної у пост КОВІДний час гібридної моделі офісної роботи (коли співробітники частину свого робочого часу працюють в офісі разом, а частину вдома, віддалено).

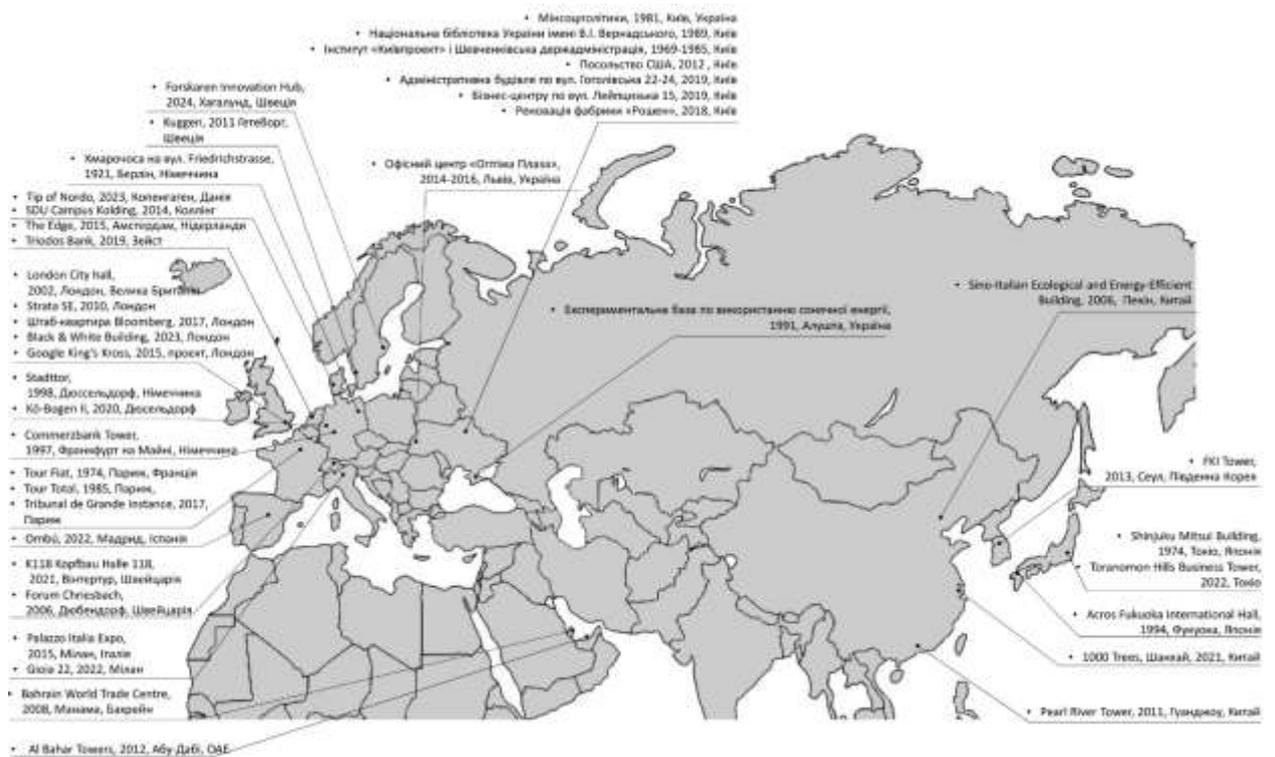
1.2. Узагальнення міжнародного та вітчизняного досвіду проєктування, будівництва та експлуатації ЕОБ.

Дослідженнями, що присвячені історичній еволюції ЕЕ будівель займалися значна кількість вчених. Так, наприклад, у науковій статті (Ionescu та ін., 2015) розглянуто історичну еволюцію ЕЕ будівель (5 тисячоліття до н.е. – початок 21 ст.) де надали архітектурні і технічні характеристики кожного періоду. Автори (Oldfield, Trabucso і Wood, 2009) провели історичний аналіз ЕС ОБ в умовах Північної Америки та Західної Європи (кінець 19 ст. – початок 21 ст.), де було виявлено п'ять енергопокоління ОБ. Дослідник (Denzer, 2013) провів перше комплексне дослідження розвитку проєктування і ЕЕ «сонячних будівель» (solar architecture) у США та світі (20 ст.). Автор (Олійник, 2023) у наук. статті виділила чотири етапи розвитку органічної архітектури, де в тому числі були розглянуті аспекти ЕЕ (початок 20 ст. – початок 21 ст.).

На основі цих та ін. досліджень, автором виявлено, що ХХ сторіччя було основним історичним етапом розвитку ОБ, а наприкінці ХХ - початку ХХІ сторіччя остаточно формуються ЕОБ.

Автором досліджено більше 50 ОБ у Північній півкулі, в таких країнах як: Німеччина, Франція, Велика Британія, Швейцарія, Швеція, Данія, Нідерланди, Іспанія, Італія, Україна, Бахрейн, ОАЕ, США, Канада, Мексика, Китай, Південна Корея та Японія (рис. 3). З них понад 10 розглянуто детально.

Автором було виявлено *перший етап розвитку ОБ* (1885 – 1915 рр.), що



Країни: Німеччина, Франція, Велика Британія, Швейцарія, Швеція, Данія, Іспанія, Італія, Нідерланди, Україна, Бахрейн, ОАЕ, Китай, Південна Корея, Японія



Країни: США, Канада, Мексика

Рис 3. Міжнародний та вітчизняний досвід. Місцезнаходження будівель, що аналізуються у Північно-східній півкулі. Джерело: автор, 2025

характеризується наступними рисами:

- від початку будівництва висотних ОБ, 1885 р., до Закону зонінгу Нью-Йорку 1916 р;
- наслідування архітектурних стилів попередніх історичних епох (Al-Kodmany і Ali, 2013) – історизм та Чиказька школа;
- тенденції до конструктивного вираження сталевого каркасу та відображення досягнень будівельної техніки;
- поверховість будівель: 15 до 40 поверхів;
- КС фасаду: 20 - 40%;
- масивні, компактні будівлі з широким планом, що займали земельні ділянки повністю, форма будівель не змінювалася з поверховістю, що призводило до блокування сонячного світла оточуючих вулиць;
- енерговитрати приходилися на обігрів приміщень, забезпечення вертикального транспорту, штучне освітлення;
- якість внутрішнього простору залежала від природного освітлення через великі вікна-еркери, що дозволяло світлу проникнути вглиб ОП.

Прикладами будівель цього періоду є: Home Insurance Building, Чикаго, США, 1885; Chicago Savings Bank building, Чикаго, США, 1905; Equitable Building, Нью-Йорк, США, 1915; та ін. (рис. 4).

Другий етап розвитку ОБ характеризується наступними рисами (1916 – 1939 рр.):

- наслідування стилю Ар-деко (Al-Kodmany і Ali, 2013), а також функціоналізм та органічний стиль;
- від закону про зонінг міста Нью-Йорк, 1916 р., до закінчення Великої Депресії, 1939 р;
- формування на основі закону про зонінг Нью-Йорку, який вимагав, щоб висотні будівлі мали відступи у своїй формі, для того щоб сонячне світло мало можливість проникати на вулиці внизу;
- підвищення поверховості будівель (50-100 поверхів);
- КС фасаду: 20 - 40%;

Home Insurance Building, Чикаго, США, арх. William Le Baron Jenney, 1885



а) загальний вигляд.
Джерело: Wikimedia Commons, 2025;

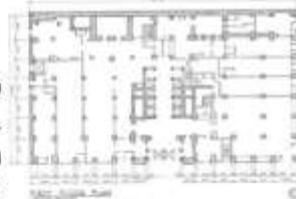
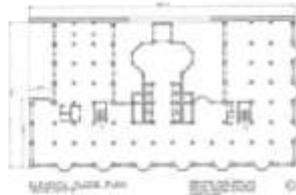


б) план 8-го поверху.
Джерело: Larson, 2020;

Chicago Savings Bank building, Чикаго, США, арх. Holabird & Roche, 1905



в) загальний вигляд.
Джерело: Wikimedia Commons, 2023;

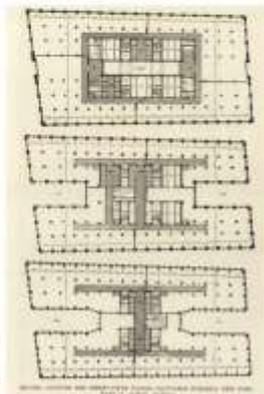


г) план 1-го та 11-го поверхів.
Джерело: Wikimedia Commons, 2024;

Equitable Building, Нью-Йорк, США, арх. Ernest R. Graham, 1915



д) загальний вигляд.
Джерело: Wikimedia Commons, 2026;



е) плани.
Джерело: Archimaps, 2016;

- 1885 – 1915 рр.
- наслідує архітектурні стилі попередніх історичних епох, Чиказька школа, історизм;
- тенденція до конструктивного вираження сталевого каркасу та відображення досягнень будівельної техніки;
- Поверховість: 15-40 поверхів;
- КС фасаду: 20 - 40%;
- масивні, компактні ОБ з широким планом, що займали земельні ділянки повністю, форма ОБ не змінювалася з поверховістю, що призводило до блокування сонячного світла оточуючих вулиць;
- витрати енергії приходилися на обігрів приміщень, вертикальний транспорт, штучне освітлення;
- якість внутрішнього простору залежала від природного освітлення через великі вікна-еркери, що дозволяло світлу проникнути вглиб ОП.

Рис 4. Міжнародний досвід.

1-й етап розвитку ОБ.

- оснащення будівель системами кондиціонування повітря;
- збільшення кількості енергії для обслуговування інженерних систем будівель в порівнянні з попереднім етапом;
- збільшення площі зовнішньої поверхні будівлі у відношенні до одиниці обсягу будівлі;
- зменшення площі поверхів на верхніх рівнях;
- більше проникнення денного світла в ОП;
- значення U (теплопровідність) приблизно дорівнювала $2,5 \text{ Вт} / \text{м}^2\text{К}$;

Будівлі були побудовані з використанням традиційних фасадних матеріалів, таких як камінь та цегла, що забезпечувало високий ступінь термальної маси, що в свою чергу сприяло тепловому комфорту працівників. Будівлі зазнали підвищення потреб у енергії для експлуатації внаслідок зміни форм (від масивних до струнких, що звужувалися до гори), підвищення вимог до штучного освітлення, частковий перехід до механічної вентиляції та запровадження кондиціонування повітря (Oldfield, Trabucco і Wood, 2009).

Прикладами будівель цього періоду є: American Radiator building, Нью-Йорк, США, 1924; Penobscot Building, Детройт, США, 1928; Palmolive Building, Чикаго, США, 1929; Empire State Building, Нью-Йорк, США, 1931; та ін. (рис. 5).

Завдяки швидкому економічному розвитку ОБ стрімко розвивалися саме у Північній Америці (до Великої Депресії 1929-1939), в Європі, навпаки вирували кризи і об'єми будівництва ОБ були значно меншими. Незважаючи на це, європейські архітектори того часу приймали активну участь у міжнародних архітектурних конкурсах, наприклад конкурсний проект Chicago Tribune Tower, Чикаго, США, 1922, де приймали участь: Walter Gropius та Adolf Meyer; Bruno Taut, Walter Gunther та Kurz Schutz; Max Taut; Adolf Loos та ін. Ці конкурсні проекти мали риси стилю функціоналізм і характеризувалися: суцільно зашкеленими фасадами; активними об'ємно-просторовими композиціями; відсутністю прив'язки до контексту оточуючої забудови та ін.

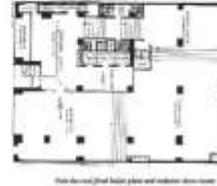
American Radiator Building, Нью-Йорк, США, арх. Raymond Hood, André Fouilhoux, 1924



а) загальний вигляд.
Джерело: Dictionary of Unitarian & Universalist Biography, 2026;



б) плани поверхів.
Джерело: CIBSE Heritage Group, 2021;

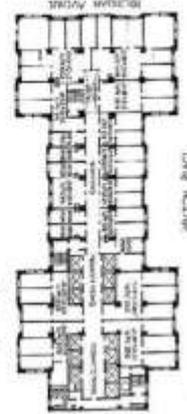


- 1916 – 1939 рр.
- від закону про зонінг міста Нью-Йорк, 1916 р., до закінчення Великої Депресії, 1939 р;
- слідує стилю Ар-деко, а також функціоналізм та органічний стиль;
- сформувалися в наслідок закону про зонінг Нью-Йорку, який вимагав, щоб високі ОБ мали відступи у своїй формі, для того щоб сонячне світло мало можливість проникати на вулиці внизу;

Palmolive Building, Чикаго, США, арх. Holabird & Root, 1929



в) загальний вигляд.
Джерело: Chuckman's photos on Wordpress: Chicago nostalgia and memorabilia, 2012;



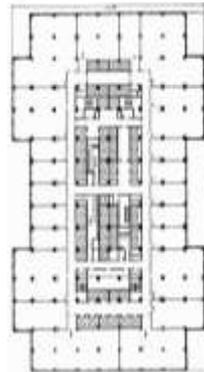
г) план.
Джерело: City of Chicago, 2026;

- Поверховість: 50-100 пов.;
- КС фасаду: 20 - 40%;
- ОБ були оснащені системами кондиціонування повітря;
- збільшена кількість енергії для обслуговування інженерних систем ОБ;
- збільшена площа зовнішньої поверхні ОБ у відношенні до одиниці обсягу будівлі;
- менша площа поверхів на верхніх рівнях;
- більше проникнення денного світла в ОП;

Empire State Building, США, Нью-Йорк, арх. Shreve, Lamb & Harmon, 1931



д) загальний вигляд.
Джерело: Gray, 2010;



е) плани.
Джерело: Archeyes, 2023;

- показник теплопровідності фасадів $U=2,5 \text{ Вт} / \text{м}^2\text{К}$;
- ОБ були побудовані з використанням традиційних фасадних матеріалів (камінь та цегла), що забезпечувало високий ступінь термальної маси, що в свою чергу сприяло тепловому комфорту працівників.

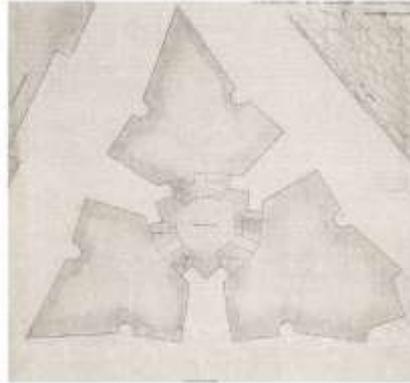
Рис 5. Міжнародний досвід.

2-й етап розвитку ОБ.

Проект ОБ по вул. Friedrichstrasse, Берлін, Німеччина, арх. Ludwig Mies van der Rohe, 1921.



а) загальний вигляд.
Джерело: MOMA, 2026;



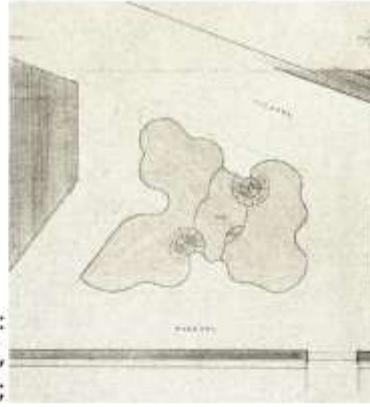
б) план.
Джерело: Plansofarchitecture, 2026;

- 20-30 рр. XX ст. ;
- Не реалізовані конкурсні проекти;
- Стиль функціоналізм;
- Суцільно засклені фасади;
- Активні об'ємно-просторові композиції;
- Відсутність прив'язки до контексту оточуючої забудови.

«Скляний хмарочос», Берлін, Німеччина, арх. Ludwig Mies van der Rohe, 1921.



в) загальний вигляд.
Джерело: Drawing Matter, 2026;



г) план. Джерело: Plansofarchitecture, 2026;

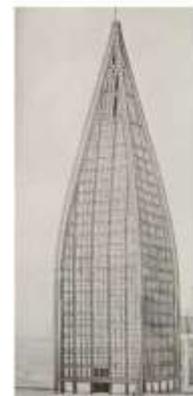
Chicago Tribune Tower, Чикаго, США, 1922, загальний вигляд.



д) арх. Walter Gropius, Adolf Meyer.
Джерело: Bauhauskooperation, 2026;



є) арх. Max Taut.
Джерело: The Skyscraper Museum, 2026;



ж) арх. Bruno Taut, Walter Gunther, Kurz Schutz; Max Taut.
Джерело: The Skyscraper Museum, 2026.

Рис 6. Міжнародний досвід.

Конкурсні проекти офісних будівель 20-30 рр. XX ст.

Ці конкурсні не реалізовані проекти мали значний вплив на подальший розвиток архітектури ОБ (рис. 6).

У 1921 р. арх. Ludwig Mies van der Rohe презентував проєкт хмарочоса на

вул. Friedrichstrasse у м. Берлін, Німеччина. Цей проект вирізнявся радикальним зовнішнім виглядом з суцільно зашкльеним фасадом. Також автором було запроєктовано так званий «Скляний хмарочос», 1921 р., будівля була пластичною у плані і була мала суцільно зашкльені фасади. Ці нереалізовані проекти заклали основи естетики ОБ наступного періоду – інтернаціональний стиль (рис. 7).

На додаток до цього, у 1939 р. за проектом арх. Frank Lloyd Wright зводиться Johnson Wax Headquarters, у м. Расіні, США, що відноситься до органічного архітектурного стилю, який також називають Streamline Moderne, що характеризувався криволінійними формами (Hess та ін., 2008). Цей напрямок архітектури вплинув на подальший розвиток ЕОБ (біонічна архітектура та ін.). Екстер'єр будівлі має округлі форми із стрічковими вікнами. Інтер'єр головного залу має природне освітлення завдяки ліхтарям верхнього світла. Стелю підтримують колони органічної форми, що створює ефект лісу. Пізніше розширення цього об'єкту це – дослідницька будівля 1950 р., що має унікальну стовбурову конструкцію, яка створює образ дерева, вкритого склом. Будівля має великі безперервні стрічкові вікна, що забезпечують природне освітлення ОП, що підтверджує приналежність цієї будівлі до ранніх прикладів екологічного дизайну ОБ (рис. 8).

У 1929 р. Frank Lloyd Wright також проектує будівлю St. Mark's Tower у Нью-Йорці, США, але вона залишилася не реалізованою. На основі неї він зводить ОБ Price Tower, у Бартлсвілі, США, 1956 р. Ця ОБ має оригінальні архітектурно-конструктивні рішення, нагадує дерево своїм образним вирішенням і відповідає принципам органічної архітектури (Hess та ін., 2008). Її стовбурна залізобетонна несуча конструкція простягається глибоко під землю і забезпечує опору для верхніх поверхів. Зовнішні стіни не є несучими, що дозволяє мати великі вікна. Будівля звужується догори, при цьому верхні три поверхи поступово стають все вузшими. Будівля має диференційовані вирішення фасадів в залежності від сторін світла та оснащена фіксованим зовнішнім горизонтальним і вертикальним ЗС – ці рішення є яскравим

Lever House, Нью-Йорк, США, арх. SOM, 1952.



а) загальний вигляд.
Джерело: World-Architects, 2026;

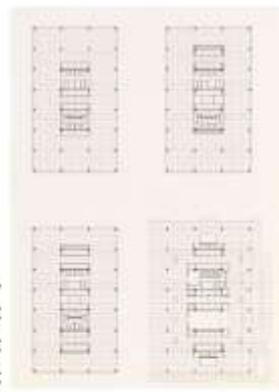


б) план.
Джерело: Slade Architecture, 2026;

Toronto-Dominion centre, Торонто, Канада, арх. Ludwig Mies van der Rohe, John B. Parkin & Associates, Bregman + Hamann Architects, 1967.



в) загальний вигляд.
Джерело: Getty Images, 2026;

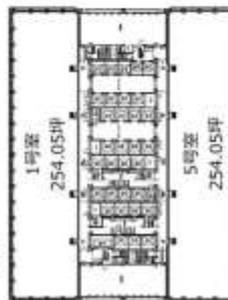


г) плани.
Джерело: Джерело: MoMA, 2026;

Shinjuku Mitsui Building, Токіо, Японія, арх. Nihon Sekkei, 1974.



д) загальний вигляд.
Джерело: Wikipedia, 2026.



е) план.
Джерело: Officee, 2026.

- 1951 – 1979 рр.;
- Інтернаціональний стиль, «сонячна архітектура», метаболізм;
- Від появи стійко-рігельного скляного фасаду (1951 р.) до енергетичних криз (1973, 1979 рр.) ;
- прямолінійні скляні паралелепіпеди з глибоким планом, герметичні, що повністю залежать від механічної вентиляції, кондиціонування та штучного освітлення;
- більш високий КС: 50 - 75%;
- темно-тоноване скління зменшувало проникнення денного світла в ОП;
- значні втрати тепла взимку;
- значний перегрів приміщень влітку, в тому числі через облицювання темного кольору;
- На енергетичні показники будівель цієї епохи вплинула різка зміна стилю та технології будівництва фасадів - винахід повністю застекленого, стійко-рігельного фасаду (одношарового).
- показник теплопровідності фасадів, $U = 3,0 - 4,2 \text{ Вт} / \text{м}^2\text{К}$;
- низькі показники природного освітлення в ОП, завдяки використанню тонованого скла з низьким коефіцієнтом прозорості, що збільшувало потреби в штучному освітленні.

Рис 7. Міжнародний досвід. 3-й етап розвитку ОБ

підтвердженням належності цієї будівлі до ранніх прикладів екологічної архітектури ОБ (рис. 9).

Третій етап розвитку ОБ (1951 – 1979 рр.) має такі риси:

- Інтернаціональний стиль, а також «сонячна архітектура» та метаболізм;
- прості, абстрактні, структурно виразні форми та відсутність

орнаментальних деталей (Al-Kodmany і Ali,2013);

- сприйняття технології як раціональне вираження форми будівлі;
- впровадження інноваційного повного застосування фасадів будівель (стійко-ригельні скляні фасади);
- прямолінійні скляні паралелепіеди (часто чорного кольору) з глибоким планом, герметичні, що повністю залежать від механічної вентиляції, кондиціонування та штучного освітлення;
- більш високий КС фасаду: 50 - 75%;
- темно-тоноване скління зменшувало проникнення денного світла в ОП;
- значні втрати тепла взимку;
- значний перегрів приміщень влітку.

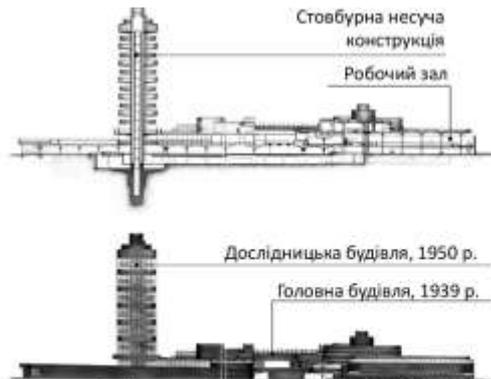
На енергетичні показники будівель цієї епохи вплинула різка зміна стилю та технології будівництва фасадів - винахід повністю застосованого, стійко-ригельного фасаду.

Будівлі цього етапу мали значно більші площі одинарного скління, від 50% до 75% площі фасаду. Ця зміна вплинула на показники теплопровідності фасадів будівель, де значення U (теплопровідність) зросли приблизно до 3,0 - 4,2 Вт / м²К, сприяючи більшим тепловтратам і теплонадходженням через фасади будівель.

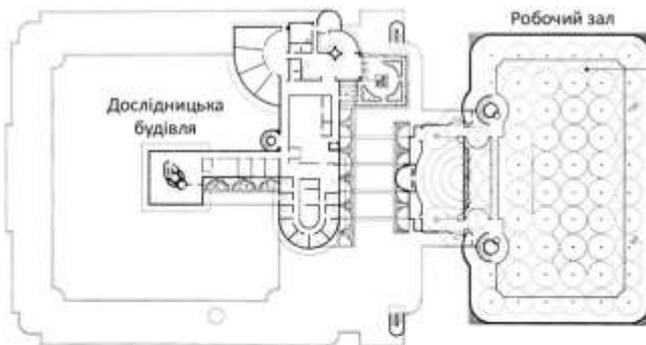
Незважаючи на великий КС фасадів, мало природного світла проникало в ОП. Це ставалося завдяки широкому використанню тонованого скла з низьким коефіцієнтом прозорості. При цьому потреби в штучному освітленні в цей період значно зросли. Будівлі страждали від підвищеного поглинання сонячної енергії через їх облицювання чорного кольору.

Ці будівлі були герметичними паралелепіедами, повністю залежними від механічної вентиляції, кондиціонування та штучного освітлення.

Через зміни в законах про зонування та збільшення потреби у великих площах поверхів, будівлі набували масивних прямолінійних форм замість струнких веж періоду ар-деко.



а) загальний вигляд. Джерело: Wikipedia, 2026; б) розріз, фасад. Джерело: Archdaily, 2026;



- Ліхтарі верхнього світла
- Стрічкові вікна
- Органічні форми
- Природне освітлення (ліхтарі верхнього світла, стрічкові вікна)
- Органічні конструкції

в) план 1-го поверху. Джерело: Archdaily, 2026;



д) загальний вигляд дослідницької будівлі. Джерело: Archeyes, 2025;

г) інтер'єр робочого залу. Джерело: Library of Congress, 2026;

Рис 8. Міжнародний досвід. Johnson Wax Headquarters, 1939, 1950, Расіні, США, арх. Frank Lloyd Wright

Прикладами будівель цього періоду є: Lever House, Нью-Йорк, США, 1952; Seagram Building, Нью-Йорк, США, 1958; Toronto Dominion centre, Торонто, Канада, 1967; Tour Fiat, Париж, Франція, 1974; Shinjuku Mitsui Building, Токіо, Японія, 1974 та ін. (рис. 7).

Треба зазначити, що приблизно цей самий період (30-ті - 60-ті роки ХХ ст.) розвивається так звана «сонячна архітектура» (solar architecture) у США (Denzer, 2013). Цей напрямок вперше почав впроваджувати пасивне опалення будівель за рахунок теплонадходжень від сонячного опромінювання скляних фасадів і заклав підґрунтя для подальшого розвитку ЕЕ архітектури кінця ХХ ст. початку ХХІ ст. Однак, цей напрямок переважно торкався проектування індивідуальних житлових будинків і не мав широкого поширення. Серед архітекторів котрі працювали в цьому напрямку були: Keck F., Wright F., Brown A., Spitznagel H., Raymond E., Telkes M., Hunter J., Trombe F., Michel J., Böer K., Disch R., та ін.

Четвертий етап розвитку ОБ (1979 – 2000 рр.) характеризується наступними рисами:

- ОБ постмодернізму містять багато впливів: історичні, регіональні, метафоричні та контекстуальні (Al-Kodmany і Ali, 2013);
- невдачі архітектури модернізму в галузі ОБ, призвели до розробки варіацій та альтернатив скляним паралелепіпедам;
- розроблені шаблони були скопійовані та повторені в різних країнах;
- нехтування при проектуванні місцевого клімату, культури, архітектурної спадщини та ідентичності;
- різний КС: 30 - 40%, 50 - 75%;
- перехід на подвійне застосування (склопакет);
- поліпшення показників теплопровідності стійко-ригельних фасадів;
- більш ЕЕ інженерне обладнання будівель;
- збільшення кількості офісного електроустаткування;
- збільшення потреб в електроенергії та збільшення внутрішніх теплонадходжень;



а) загальний вигляд. Джерело: Discover Images, 2026;



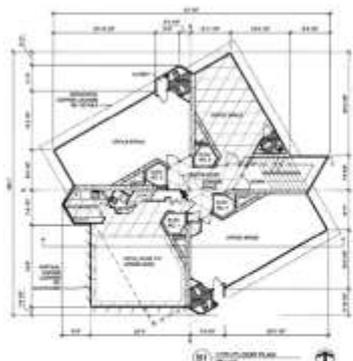
б) план 1-го поверху. Джерело: Library of Congress, 2026;



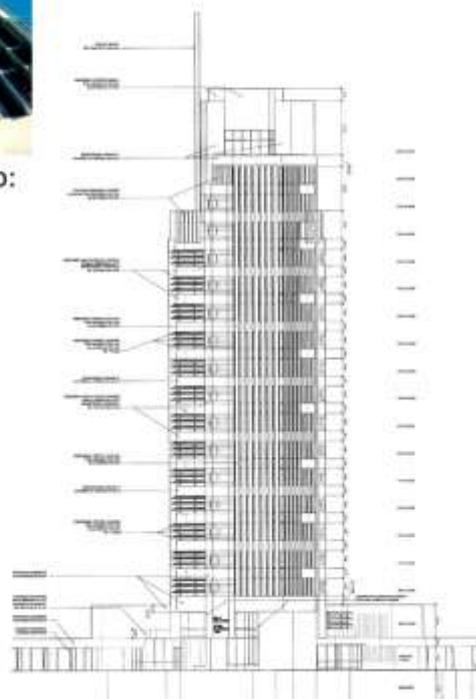
Зовнішній вертикальний сонцезахист
Зовнішній горизонтальний сонцезахист

- Органічні форми
- Зовнішній сонцезахист
- Фасади zaprojektovano згідно сторон світла

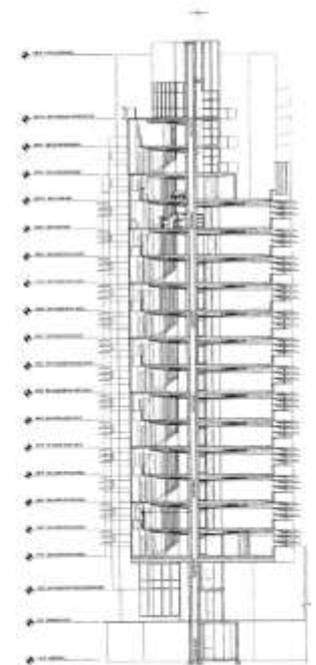
в) загальний вигляд. Джерело: Elevator Scene, 2024;



г) план 11-го поверху. Джерело: Library of Congress, 2026;



д) південно-західний фасад. Джерело: Library of Congress, 2026;



е) розріз А-А. Джерело: Library of Congress, 2026;

Рис 9. Міжнародний досвід. Price Tower, 1956, Бартлсвіл, США, арх. Frank Lloyd Wright

- комп'ютеризоване управління будівлями.

Енергетичні кризи 1973 та 1979 рр. пробудили інтерес до ЕЕ. Нафтові кризи спровокували розробку теплоізоляційного та сонцезахисного скла (solar-controlled) та широке розповсюдження подвійного застосування фасадів (склопакети). У багатьох розвинених країнах були створені нормативи по ЕЕ. Показники стійко-ригельних скляних фасадів значно покращилися, значення U знизилися з 3,0 - 4,2 Вт / м²К до 1,0 - 1,5 Вт / м²К.

Покращення систем управління будівлями та покращення ЕЕ інженерного обладнання сприяли зниженню енергоспоживання. В цей час також почали з'являтися перші експериментальні проекти ЕЕ будівель (зазвичай невеликих розмірів).

Через зростання витрат на енергоносії та проблеми довкілля були зменшені вимоги до рекомендованих рівнів освітленості для ОП, що призвело до зниження рівня освітленості в ОП на 25-50%, але відхід від темно-тонованого скління зменшив навантаження на штучне освітлення.

Прикладами будівель цього періоду є: GM Renaissance Center, Детройт, США, 1977; Tour Total, Париж, Франція, 1985; Portland Building, Портланд, США, 1982; Humana Building, Луїсвіль, США, 1985; AT&T Building, Нью Йорк, США, 1985; та ін. (рис. 10.1, 10.2).

П'ятий етап розвитку ОБ (1997 – 2012 рр.) характеризується підвищенням екологічної свідомості людства, що призвело до підписання Кіотського протоколу (1997 р.), що зобов'язав країни обмежити викиди парникових газів. Цей етап розвитку ОБ має наступні риси:

- формування нових архітектурних стилей, таких як хай-тек, неомодернізм, деконструктивізм, біоніка, зелена архітектура та ін. (Олійник, 2023).

- багато уваги почало приділятися проблемам сталого розвитку, екологічності, ЕЕ, а також історичним, культурним та естетичним проблемам;

- збільшення екологічної обізнаності з проблемою зміни клімату;

- розуміння необхідності впровадження більш сталих підходів до архітектурного проектування;

GM Renaissance Center, Детройт, США,
арх. John Portman & Associates, 1977.



а) загальний вигляд. Джерело: Wikipedia, 2016;



б) план проміжного рівня.

Джерело: Hicks, 2016;

Tour Total, Париж, Франція, арх. WZMH Architects, Roger
Saubot, 1985.



в) загальний
вигляд.

Джерело:
Wikipedia, 2021;

- 1979 – 2000 рр.;
- Стиль постмодернізм, який містить багато впливів: історичні, регіональні, метафоричні та контекстуальні;
- Альтернативи скляним паралелепіпедам попереднього періоду;
- перехід на більш прозоре скло, зменшення кількості «чорних фасадів»;
- перехід на подвійне застосування (склопакет);
- Різний КС: 30 - 40%, 50 - 75%;
- Кращі показники стійко-ригельних скляних фасадів $U = 1,0 - 1,5 \text{ Вт} / \text{м}^2\text{К}$;
- більш енергоефективне інженерне обладнання будівель;
- збільшення кількості офісного електроустаткування;
- збільшений потреб в електроенергії та збільшення внутрішніх теплонаходжень;
- комп'ютеризоване управління будівлями;
- Енергетичні кризи 1973 та 1979 рр. пробудили інтерес до ЕЕ.
- винахід теплоізоляційного та сонцезахисного скла (solar-controlled)
- створення нормативів з ЕЕ.

Рис 10.1. Міжнародний досвід. 4-й етап розвитку ОБ.

AT&T Building, Нью Йорк, США, арх. Philip Johnson, 1984.



а) загальний вигляд. Джерело: Wikipedia, 2026;

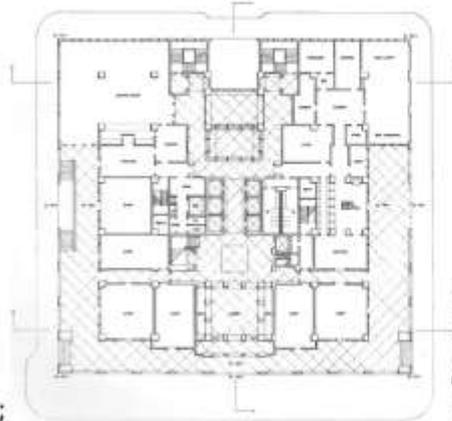


б) плани поверхів. Джерело: The Architectural Review, 2026.

Portland Building, Портланд, США, арх. Michael Graves, 1982.



в) загальний вигляд. Джерело: Archdaily, 2026;

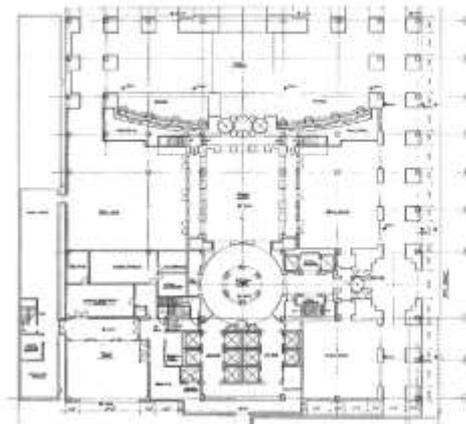


г) план 1-го поверху. Джерело: Dezeen, 2015;

Humana Building, Луїсвіль, США, арх. Michael Graves, 1985.



д) загальний вигляд. Джерело: Michael Graves, 2015;



е) план. Джерело: Domus, 2024.

Рис 10.2. Міжнародний досвід. 4-й етап розвитку ОБ.

- прагнення скоротити споживання первинної енергії ОБ;
- високе відношення площі зовнішньої поверхні до об'єму;
- неглибокі плани поверхів, що дозволяють проникати повітрю та природному освітленню;
- застосування нових технологій управління штучним освітленням;
- зменшення залежності від кондиціонування повітря, використання природної та гібридної систем вентиляції;
- виробництво енергії на місці з нульових чи низько вуглецевих джерел.

Прикладами ОБ цього періоду можна назвати: Commerzbank Tower, Франкфурт на Майні, Німеччина, 1997; Stadttor, Дюссельдорф, Німеччина, 1998; London City hall, Лондон, Великобританія, 2002; та ін. (рис.11).

Згідно бачення автора, в наш час (2012 - 2030 рр.) розвивається *шостий етап ОБ*. Так, рух за сталий розвиток стає основною рушійною силою в архітектурному проектуванні на початку 21 ст. (Al-Kodmany і Ali, 2013). Цей етап розвитку ОБ визначається імплементацією кліматичних угод, таких як Дохійська поправка (2012 р.) та Паризька угода (2015 р.) і прийняттям Цілей сталого Розвитку (Sustainable Development Goals) котрі розраховані до 2030 р. Цей етап характеризується наступними рисами:

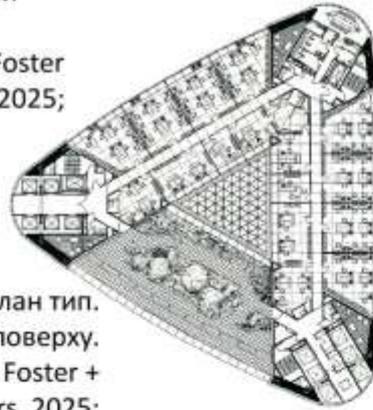
- зменшення впливу від будівництва, експлуатації та демонтажу ОБ на зміни клімату;
- варіантне проектування, що включає в себе енергомодельовання та модельовання денного освітлення;
- подальше скорочення споживання первинної енергії ОБ;
- впровадження адаптивних подвійних скляних фасадів;
- виробництво енергії на місці з не вуглецевих джерел;
- широке використання інженерної деревини у будівництві;
- широка інтеграція зелених насаджень у ОБ.

Цей період викликає найбільший інтерес, тому що втілює найсучасніші досягнення в архітектурі та інжинірингу. Як приклади можна виділити: Sino-Italian Ecological and Energy-Efficient Building, 2006, Пекін, Китай; Manitoba

Commerzbank Tower, Франкфурт на Майні, Німеччина, арх. Foster + Partners, 1997.



а) загальний вигляд.
Джерело: Foster + Partners, 2025;



б) план тип. поверху.
Джерело: Foster + Partners, 2025;

Stadttor, Дюссельдорф, Німеччина, арх. Petzinka Pink & Partner, 1998.



в) загальний вигляд.
Джерело: Zweipink, 2025;

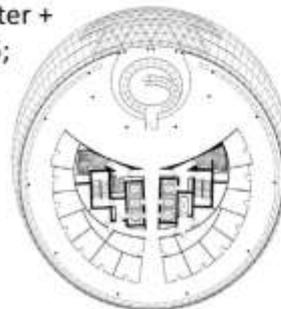


г) план тип. поверху. Джерело: Zweipink, 2025;

City Hall, Лондон, Велика Британія, арх. Foster + Partners, 2002.



д) загальний вигляд.
Джерело: Foster + Partners, 2025;



є) план тип. поверху. Джерело: Foster + Partners, 2025;

- 1997 – 2012 рр.;
- Архітектурні стилі: хай-тек, неомодернізм, деконструктивізм, зелена архітектура, архітектура сталого розвитку та ін.;
- багато уваги почало приділятися проблемам сталого розвитку, екологічності, ЕЕ, а також історичним та культурним аспектам;
- почала спостерігатися більша екологічна обізнаність з проблемою зміни клімату та необхідності більш сталих підходів до архітектурного проектування;
- висока відношення площі зовнішньої поверхні до об'єму;
- неглибокі плани поверхів, що дозволяють проникати повітрю та природному освітленню;
- нові технології управління штучним освітленням;
- зменшення залежності від кондиціонування повітря, використання природної та змішаної систем вентиляції;
- виробництво енергії на місці з нульових чи низько вуглецевих джерел.

Рис 11. Міжнародний досвід. 5-й етап розвитку ОБ:

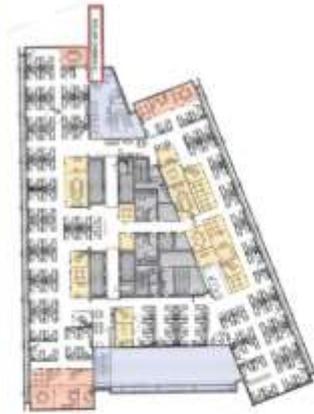
а) – Commerzbank Headquarters, Франкфурт на Майні, Німеччина, арх. Foster + Partners, 1997. Джерело: Foster + Partners, 2025; б) – Stadttor, Дюссельдорф, Німеччина, арх. Petzinka Pink & Partner, 1998. Джерело: Zweipink, 2025; в) – London City hall, Лондон, Велика Британія, арх. Foster + Partners, 2002. Джерело: Foster + Partners, 2025;

Hydro Place, Вінніпег, Канада, 2009; Bullitt center, 2013, Сіетл, США; Apple Park, Купертіно, США, 2017; та ін. (рис. 12).

Так, вищезгадана ОБ Manitoba Hydro Place, згідно з кліматичною картою Köppen–Geiger (Beck та ін., 2018), знаходиться у вологому континентальному кліматі, для якого характерні холодна, зима та спекотне літо. Треба відмітити, що згідно «ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» (Мінрегіон України, 2022), перша температурна зона України має схожі риси із цією кліматичною зоною. У будівлі втілено багато інноваційних рішень для досягнення ЕЕ, наприклад, при виборі форми та орієнтації будівлі, вона була повернута таким чином, щоб багаторівневі атріуми виходили на південь, для отримання теплонадходжень в зимовий період від сонячної радіації та утилізації південних вітрів. Висотний об'єм будівлі відіграє роль пасивного сонячного колектора. ОП, що орієнтовані на схід та захід мають розширення у південний бік, що сприяє теплонадходженням взимку. Простори об'єднуються у північному торці будівлі, зменшуючи тим самим периметр будівлі, що орієнтований на північ для скорочення тепловтрат. Суцільно зашклена будівля у кліматі Вінніпегу виявилася логічним рішенням, тому що взимку коли дуже холодно, тут також дуже сонячно, що ідеально підходить для отримання тепла від сонячної енергії. Зменшення потреби в опаленні для будівлі здебільшого пов'язане з високоефективною конструкцією навісних стін із подвійним фасадом. Це суперечить традиційному підходу до ЕЕ оболонки, згідного якого треба збільшувати непрозорі зони та теплоізоляцію на зовнішній частині будівлі. Консервативне співвідношення скління ставить під загрозу дві ключові якості високоякісного внутрішнього середовища: максимальне денне освітлення і види назовні. За рахунок впровадження буферних фасадів на східно-західних сторонах будівлі та розширенню буферних зони південного фасаду, для того щоб вони діяли як зимові сади, вдалося зберегти денне освітлення і краєвиди, а також досягти ЕЕ. Східний і західний фасади працюють у трьох основних режимах. Взимку фасад герметизується і виконує роль сонячного колектора. Без допомоги активного



а) Загальний вигляд



План типового поверху



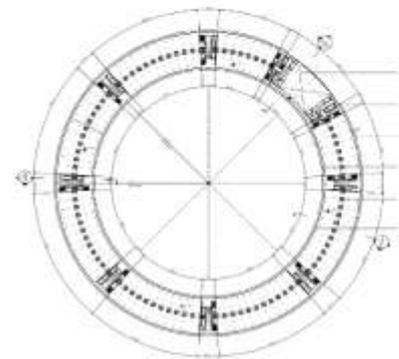
б) Загальний вигляд



План типового поверху



в) Загальний вигляд



План типового поверху

- 2012 - 2030 рр.;
- Архітектурні стиль: сталий розвиток;
- зменшення впливу від будівництва, експлуатації та демонтажу ОБ на зміни клімату;
- варіантне проектування, що включає в себе енерго-моделювання та моделювання денного освітлення;
- подальше скорочення споживання первинної енергії ОБ;
- впровадження адаптивних подвійних скляних фасадів;
- виробництво енергії на місці з не вуглецевих джерел;
- широке використання інженерної деревини у будівництві;
- широка інтеграція зелених насаджень у ОБ.

Рис 12. Міжнародний досвід. 6-й етап розвитку ОБ:

а) – Manitoba Hydro Place, Вінніпег, Канада, арх. KPMB Architects, 2009. Джерело: KPMB Architects, 2025; б) – Bullitt center, Сіетл, США, арх. Miller Hull Partnership, 2013. Джерело: Miller Hull, 2025; в) – Apple Park, Купертіно, США, арх. Foster + Partners, 2017. Джерело: Foster + Partners, 2025.

нагріву простір між фасадами регулярно досягає температури у $+20^{\circ}\text{C}$, навіть при зовнішній температурі нижче -25°C . Це значно зменшує втрати тепла через зовнішню оболонку ОБ. Влітку вікна на зовнішньому фасаді відкриваються і дозволяють вітру та конвекційним потокам повітря провітрювати подвійний фасад. Автоматизовані жалюзі в порожнині подвійного фасаду забезпечують затінення застакнення та контролюють відблиски, що протидіє перегріву фасаду. Під міжсезоння зовнішній фасад відкривається, і працівників просять відкрити вікна з ручним управлінням на внутрішній навісній стіні. Зовнішній фасад контролюється автоматично на основі внутрішніх і зовнішніх умов, включаючи зовнішню температуру повітря та температуру між фасадами, вологість, рівень освітленості та швидкість вітру. Стратегії пасивного дизайну в поєднанні з ефективною системою теплопостачання, включаючи ґрунтовий тепловий насос, рекуперацію тепла відпрацьованого повітря та конденсаційні котли, що зменшують ЕС на опалювальне навантаженням до $28 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ на р., порівняно типовим у Вінніпезі $-250 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ на р. (рис. 13.1, 13.2).

Інша ОБ – Stadttor, Дюссельдорф, Німеччина, арх. Petzinka Pink & Partners, 1998 р. хоч і знаходиться у вологому помірному кліматі, для якого характерні прохолодне літо і м'яка зима, автор вважає доцільним її розгляд у якості прикладу для другої температурної зони України. Це одна з перших багатоповерхових «зелених» ОБ що базується на принципах сталості у Європі. Ромбоподібний план будівлі реагує на урбаністичний простір та відповідає проєктному аналізу щодо оптимальної орієнтації згідно з основного напрямку вітру. ОБ розділена на три частини, де масивна основа спирається на стіни тунелю, що знаходиться під будівлею, над нею розташовані дві 16-поверхові вежі, які з'єднані триповерховою частиною згори. Між вежами розташований атриум висотою 55 м з характерною скляною оболонкою, що огорожує ворота та атриум. Одним із викликів перед проєктувальниками було мінімізація використання первинної енергії за допомогою архітектурних засобів і зменшення загальної потреби в енергії за допомогою інтелектуальних



Рис 13.1. Міжнародний досвід. Manitoba Hydro place, 2009, Вінніпег, Канада, арх. KPMB Architects. Джерело: KPMB Architects, 2025:

а) – зовнішній вигляд; б) – схема пасивних і активних систем будівлі; в) – повздовжній розріз. Природна вентиляція через «подвійний фасад» та завдяки «сонячній витяжці»; г) – об'ємно-планувальна організація типового 6-ти поверхового офісного блоку.

будівельних технологій. Вперше вдалося розробити багатоповерхову ОБ за стандартом низько енергетичного будинку. На додаток до сприятливого співвідношення об'єму до зовнішньої поверхні будівлі, застосована природна вентиляція приміщень, багато уваги приділено денному освітленню та використанню ґрунтових вод для обігріву води. Вперше природна вентиляція та захист від шуму базуються на оптимізованому використанні подвійного фасаду. Атріум – є одним з найвищих у Європі, і своїм внутрішнім об'ємом утворює великий резервуар свіжого повітря. Завдяки інтелектуальним вентиляційним заходам у своїй зовнішній оболонці ОБ постійно адаптується до погодних умов і досі залишаються однією з найенергоефективніших багатоповерхових будівель у Європі (рис. 14.1, 14.2).

Будівля, яка розташована на Азійському континенті, це – Sino-Italian Ecological and Energy-Efficient Building, Пекін, Китай, арх. Mario Cucinella Architects, 2006 р. Клімат в якому розташована ОБ є вологим континентальним і є схожим з першою температурною зоною України. В ОБ об'єднані пасивні та активні стратегії контролю зовнішнього середовища з метою оптимізації умов внутрішнього середовища. Будівля має U-подібну форму в плані і розташована навколо центрального двору. На нижньому рівні будівлі знаходиться ландшафтний сад із водоймою та водоспадом. ОБ була задумана як оболонка, яка захищає її північну сторону, і навпаки відкрита сонцю на південній стороні. Північний фасад, був спроектований як майже глуха, добре ізольована стіна для захисту будівлі від холодних зимових вітрів. Південні фасади – прозорі, затінені виступаючими перекриттями та консольними конструкціями із фотоелектричними панелями, які виробляють енергію. Система подвійного фасаду східної та західної сторін складається із безперервної конструкції з прозорих і непрозорих скляних панелей. ОП та лабораторії на верхніх поверхах мають терасові сади. Особливу увагу було приділено оптимізації природного освітлення шляхом інтеграції світлових полиць у фасад, також у приміщеннях встановлена система автоматичного регулювання освітленості (рис. 15).

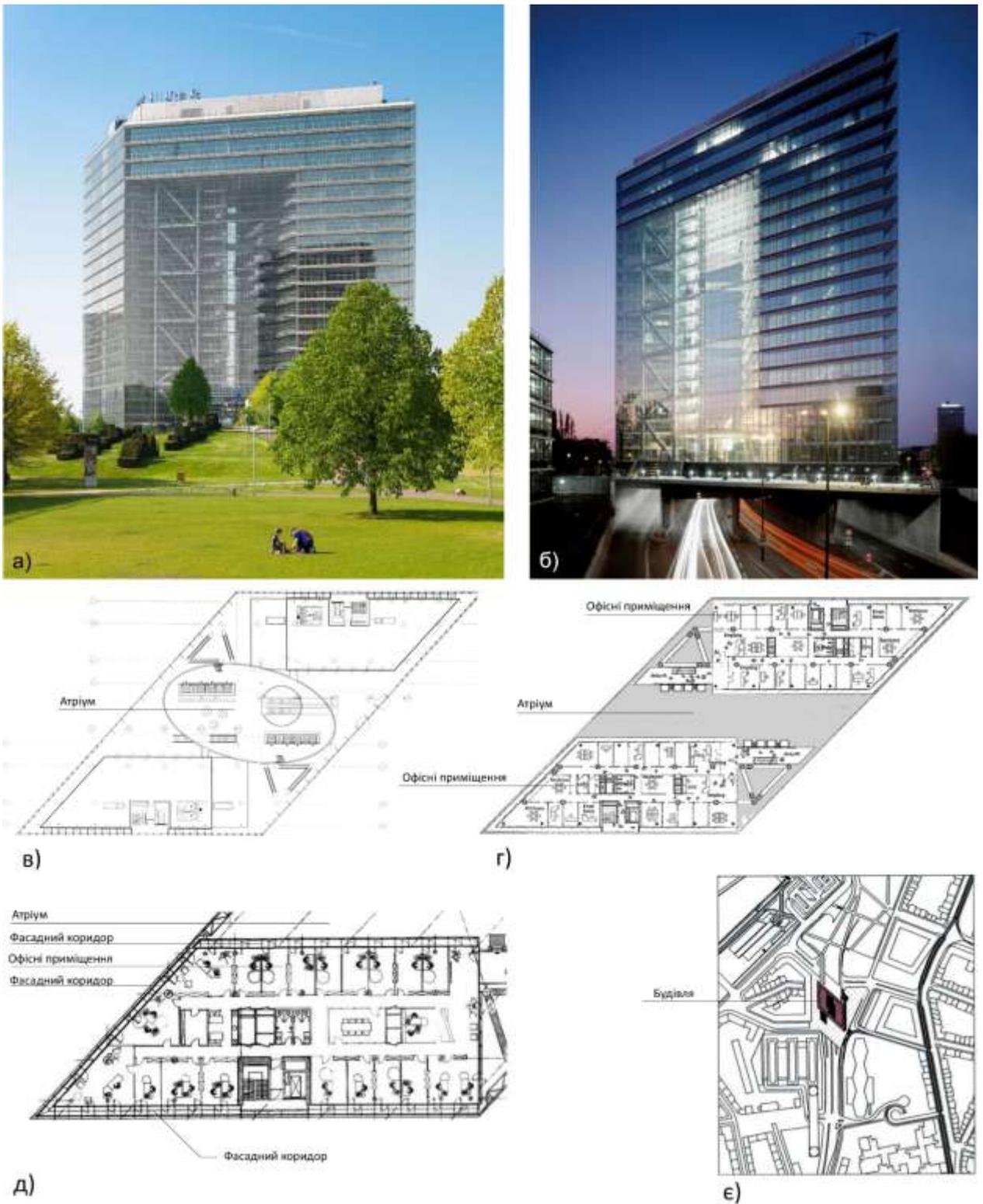


Рис 14.1. Міжнародний досвід. Stadttor, 1998, Дюссельдорф, Німеччина
 Архіт. Petzinka Pink & Partners. Джерело: Petzinka Pink & Partners, 2025:

а) – зовнішній вигляд ОБ вдень; б) – зовнішній вигляд ОБ вночі; в) – план 0-го поверху; г) – план організації типового 6-ти поверхового блоку; д) – план ОП; е) – ситуаційний план.

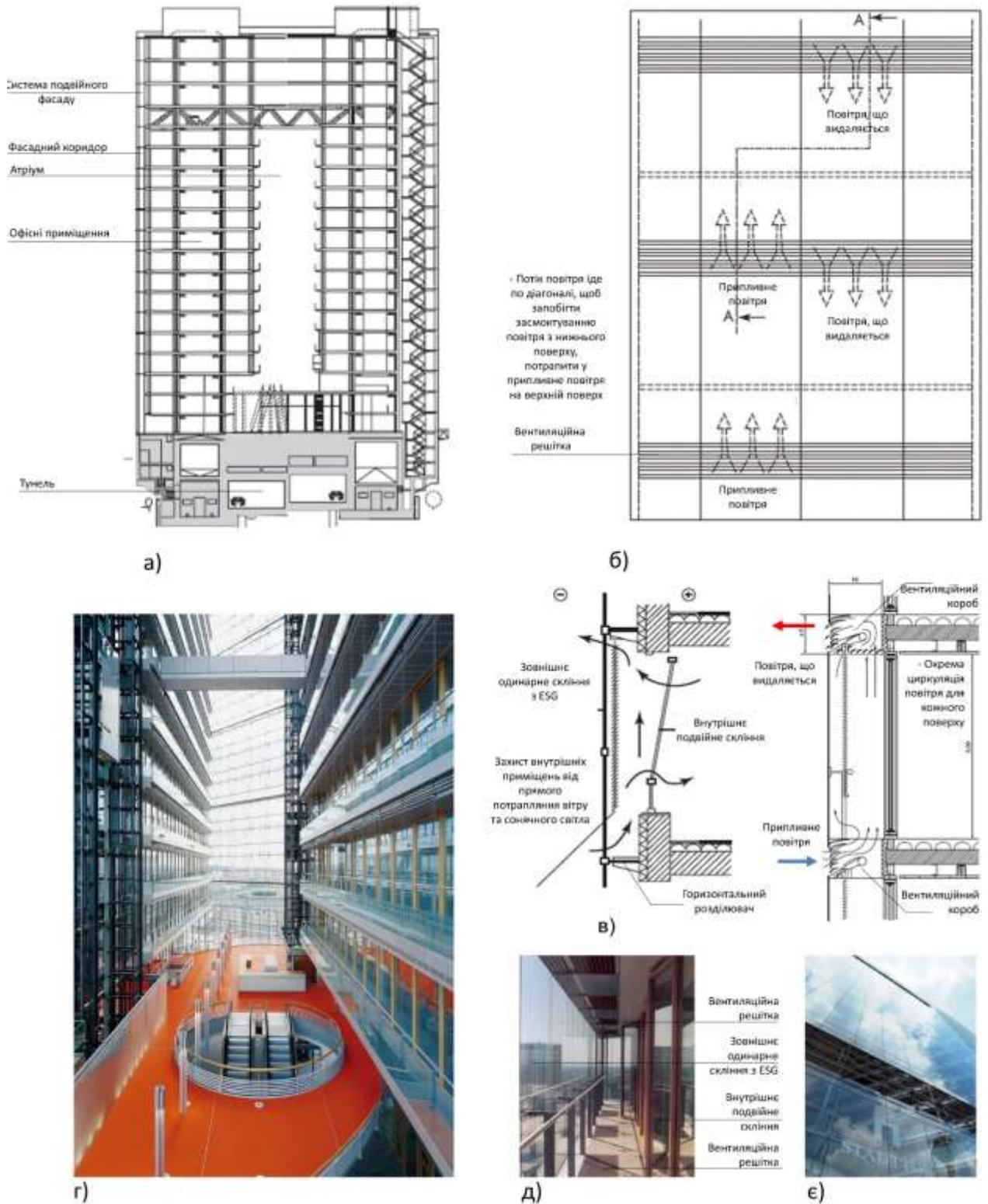


Рис 14.2. Міжнародний досвід. Stadttor, 1998, Дюссельдорф, Німеччина
 Архіт. Petzinka Pink & Partners. Джерело: Petzinka Pink & Partners, 2025:

а) – поздовжній розріз; б) – схема фасаду. Фасадний коридор; в) – розріз фасаду. Фасадний коридор; г) – інтер'єр атриуму; д) – інтер'єр фасадного коридору; е) – фасад атриуму.

Ще одна будівля – Bullitt center, 2013, Сієтл, США, арх. Miller Hull Partnership. Місто Сієтл має помірний морський клімат, з м'якою, вологою, часто хмарною зимою та прохолодним, сухим літом. Будівля має екологічний урбаністичний простір і є енергопозитивною ОБ середньої поверховості, що генерує на 30% більше енергії на рік ніж потрібно для її експлуатації, і яка отримала екологічну сертифікацію Living Building Challenge.

ОБ запроектована на основі – *Інтегрованого процесу проектування* (Integrated design), що вимагає залучення усіх ключових фахівців (архітекторів та інженерів) на ранній стадії проектування для досягнення в тому числі ЕЕ протягом усього життєвого циклу ОБ.

Серед пасивних стратегій проектування для скорочення витрат енергії використано: високоефективна теплоізоляція; тришаровий low-e склопакет заповнений аргоном; природна та гібридна вентиляція; нічне провітрювання; низький рівень інфільтрації; використання зелених покрівель; фіксований ЗС; заохочення співробітників до зменшення використання ліфту, а замість цього користуватися сходами з унікальним дизайном.

Серед активних інженерних стратегій проектування для скорочення енерговитрат її енергогенерації на місці використано: зовнішні автоматичні сонцезахисні жалюзі; теплообмінники з рекуперацією тепла; фотоелектрична покрівля; акумуляторна батарея; геотермальний тепловий насос та ін.

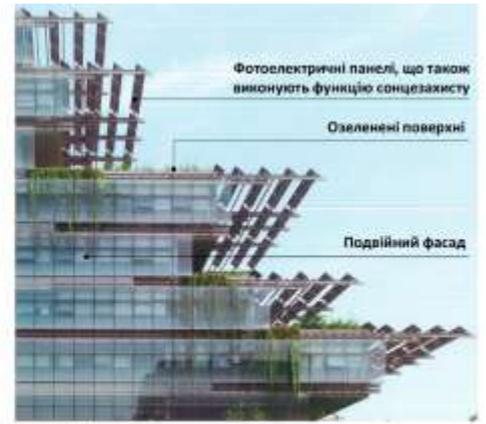
Додатково: несучі конструкції ОБ зроблені із інженерної деревини (CLT); застосована система збору та очищення дощової та «сірої» води (рис. 16).

Інша ОБ – Forum Chriesbach, 2006, Дюбендорф, Швейцарія, арх. Bob Gysin Partner. Дюбендорф має помірний клімат, з теплим літом і прохолодною зимою. П'ятиповерхова ОБ має центральний атриум і ОП по периметру.

Серед пасивних стратегій проектування для скорочення енерговитрат використано: природне освітлення; природна та гібридна вентиляція; нічне провітрювання через атриум; низький рівень інфільтрації; зовнішня обхідна галерея як фіксований ЗС; використання зелених покрівель; використання



а) зовнішній вигляд будівлі. Південний схід



б) фрагмент західного фасаду



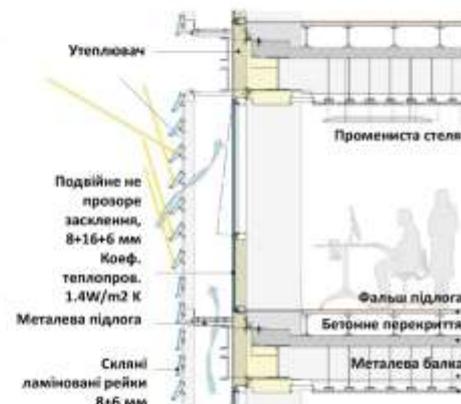
в) екологічні стратегії. Літній період



г) екологічні стратегії. Зимовий період



д) план типового поверху



є) зовнішній вигляд будівлі. Північний схід

Подвійний фасад східної та західної сторін складений із безперервної конструкції з прозорих і непрозорих скляних панелей

Північний фасад, майже глухий, добре використовується для захисту будівлі від холодних зимових вітрів

Поводомний прохід з доступом до саду



ж) фрагменти перерізів південного фасаду

Рис 15. Міжнародний досвід. Sino-Italian Ecological and Energy-Efficient Building, 2006, Пекін, Кітай, арх. Mario Cucinella Architects. Джерело: Mario Cucinella Architects, 2024.

конструкцій з високою теплоємкістю; просторі комунікаційні сходи у атріумі.

Серед активних інженерних стратегій проектування для скорочення енерговитрат та еногенереції на місці використано: зовнішні автоматичні сонцезахисні скляні панелі; штучна вентиляція із теплообмінником типу ґрунт-повітря; фотоелектрична покрівля та ін. Додатково застосовано системи збору та очистці дощової води та переробка сечі на добрива (рис. 17).

Інша ОБ – Triodos Bank, 2019, Зейст, Нідерланди, арх. RAU Architects, має органічну форму плану і складається з трьох офісних блоків, що об'єднані першими поверхами. ОБ оснащено панорамним склінням, що покращує рівні природного освітлення та візуальний зв'язок з навколишнім середовищем.

Серед архітектурних заходів що покращують ЕЕ використовується: ЗС у вигляді горизонтальних навісів; ліхтарі верхнього освітлення; «зелені» покрівлі».

Серед інженерних заходів що покращують ЕЕ використовується: променисте охолодження та опалення; система вентиляції з теплообмінниками; Smart вентиляція, що зв'язана з CO₂ сенсорами які вимірюють якість повітря в ОБ; Smart електроосвітлення, що зв'язано із сенсорами руху у будівлі; фотоелектрична покрівля, що генерує електроренергію.

Додатково використовуються такі сталі архітектурно-технічні рішення: адаптивне планування ОБ, де внутрішні перегородки спроектовані таким чином, що вони можуть легко бути замінені чи прибрані; використання інженерної деревини в інтер'єрі (рис. 18).

Згідно з проведеним історичним аналізом, і детальним дослідженням окремих будівель, визначено шість етапів розвитку ОБ за кордоном, переважно в умовах Північної Америки та Західної Європи (рис. 19).

В умовах України можна простежити пряму кореляцію з історичними етапами формування ЕОБ за кордоном. Але треба відмітити ізолюваність України в часи СРСР та в часи незалежності від загальносвітових соціально-економічних процесів, що призвело до більш формального наслідування

зовнішнього вигляду західних архітектурних аналогів без глибинного розуміння факторів що призвели до появи тих чи інших архітектурних форм. При тому можна виділити подібні етапи еволюції формування ОБ: історизм та модерн (1880 - 1920 рр.), конструктивізм (1920 - 1930 рр.), неокласицизм (1930 - 1960 рр.), модернізм (1960-1980 рр.), постмодернізм (1980 - 2000 рр.), плюралізм (2000 – 2015 рр.), сталий розвиток (2015 - 2030 рр.) (рис. 20).

Проблемами ЕЕ у будівельній галузі в Україні вже займалися з 1976 р., наприклад, у КиївЗНДІЕП була створена лабораторія геліотехніки, яка згодом перетворилася у відділ де поряд із дослідницькими роботами розроблялися і реалізовувалися проекти ЕЕ будівель, а у 1994 р. був створений центр ЕЗ КиївЗНДІЕП (Гершкович, 2003). Ознаки інтересу до ЕЕ ОБ можна прослідити в архітектурних вирішеннях будівель періоду модернізму в Україні, наприклад, будівля Мінсоцполітики у м. Києві (арх. В. Бавіловський, Г. Гранаткін, 1981 р.) мала вертикальні сонцерізи, функцією котрих був захист від прямих сонячних променів. Ці сонцерізи були організовані в шаховому порядку, що створювало цікавий візуальний ефект (рис. 21 а). Інший приклад - це комплекс будівель Експериментальної бази по використанню сонячної енергії у м. Алушта (арх. Г. Хорхот, І. Білявська, В. Журавель, І. Руднева, інж. енерг. В. Гершкович, 1991 р.). Цей об'єкт обладнаний пристроями що використовують сонячну енергію для опалення, для гарячого водопостачання, для підігріву води в плавальному басейні, а також для штучного охолодження приміщень влітку. Технологічна потреба створення похилої площини для встановлення теплоприймачів визначила складну геометрію і конструктивну схему усіх споруд комплексу, в кожній з котрих південна площина стіни нахилена під кутом $50^{\circ}30'$ до горизонту. Будівля була обладнана сонячними колекторами, тепловими насосами, акумуляторами теплоти, абсорбційним термотрансформатором і іншими ЕЕ пристроями (рис. 21 в).

Будівля Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського у м. Києві (арх. В. Гопкало, В. Гречина, В.Песковський, 1989 р.) де зокрема читальні зали оснащені круглими зенітними вікнами, за рахунок чого значно



а) зовнішній вигляд будівлі



б) зовнішня обхідна галерея



в) фрагмент фасаду, плану галереї та розріз через галерею



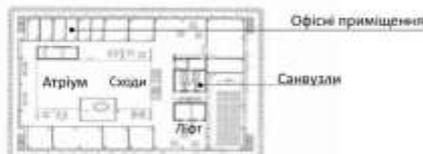
г) розріз із схемою вентиляції



д) інтер'єр атриуму



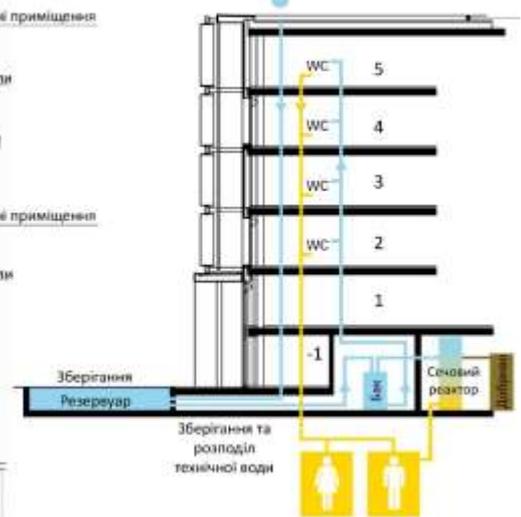
є) план типового пов.



ж) план 2-го поверху



з) план 1-го поверху



и) схема збору та очищення дощової та «сірої» води

- Зовнішні автоматичні сонцезахисні скляні панелі; «зелена покрівля»; природне освітлення та вентиляція; нічне провітрювання; високоефективна теплоізоляція; низький рівень інфільтрації; використання конструкцій з високою теплоємністю; фотоелектрична покрівля 100 kWp; штучна вентиляція із теплообмінником типу ґрунт-повітря; зовнішня стіна товщиною - 468 мм, U-value 0.12 W/m² K; збір та очистка дощової води»; переробка сечі на добрива; загальна площа будівлі 8533 м²

Рис 17. Міжнародний досвід. Forum Chriesbach, 2006, Дюбендорф, Швейцарія, арх. Bob Gysin Partner. Джерело: BGP, 2025.

покращується рівень освітленості та досягається якісне природне освітлення в приміщеннях, а також зменшуються ЕС на електричне освітлення (рис. 21 б). Комплекс будівель інституту «Київпроект» і Шевченківської держадміністрації у м. Києві (арх. В. Огурь, В. Козлова, 1969-1985 рр.). Так, будівля мала вертикальні ребра сонцерізи, а балкони на незадимлювальних сходових клітках було оснащено горизонтальними алюмінієвими сонцезахистними жалюзьями, ці архітектурні рішення мали на меті зменшення нагрівання будівлі у літній період. У внутрішньому дворі будівлі було розташовано фонтан, який охолоджував повітря і створював комфортний мікроклімат у спекотні місяці.

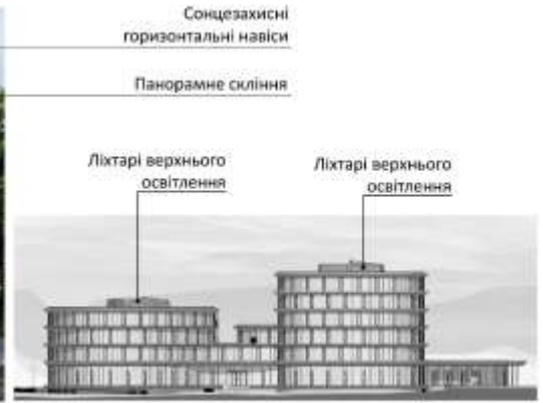
В наш час проблема ЕЕ ОБ знову є актуальною і ця тенденція відображається у новітніх реалізованих проектах. На сьогодні існують міжнародні системи сертифікації екологічності будівель (sustainability assessment). Наприклад, LEED, BREEAM та ін. Ці системи оцінюють великий спектр факторів сталості, зокрема і ЕЕ будівель.

Треба відмітити, що ці оцінки надаються за сукупністю балів у різних категоріях, де критерій ЕЕ є одним із основних. Так, наприклад, система LEED оцінює будівлі за наступними категоріями: енергія та атмосфера; якість навколишнього середовища в приміщенні; екологічність ділянки; ефективність використання води; матеріали та ресурси; місцезнаходження та транспорт; регіональні пріоритети; інтегровані процеси.

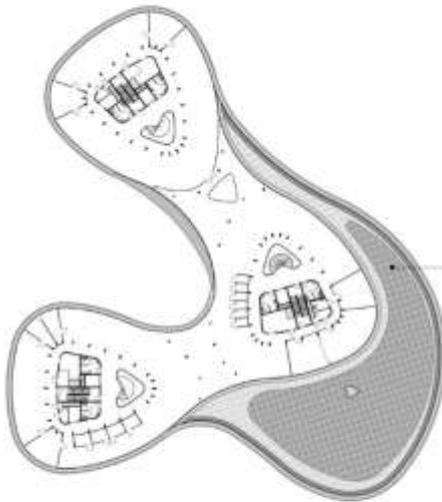
На початку 2000-х років, коли офісне будівництво розвивалося стрімкими темпами було побудовано ряд ОБ, котрі, за думкою автора, не достатньо, чи взагалі не використовують стратегії пасивного дизайну для покращення їхньої ЕЕ. Це, наприклад, БЦ «Парус» по вул. Мечнікова, 2, у м. Київ, (арх. «Архітектурне бюро О. Комаровського», «Архітектурне бюро С. Бабушкіна», 2002 - 2006). Висотна частина будівлі є суцільнозаскленою та має еліпсоїдну форму плану. Довгі частини фасадів будівлі мають південно-західну та північно-східну орієнтацію. Південно-західний фасад має пряме сонячне опромінювання на протязі майже всього світлового дня, що в свою чергу



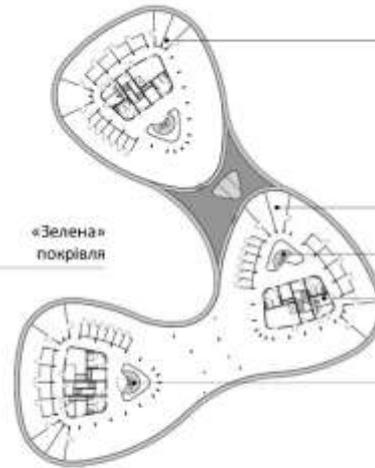
а) зовнішній вигляд будівлі



б) західний фасад



в) план 1-го поверху



г) план 2-го поверху

Офісні приміщення

Офісні приміщення

Комунікаційні сходи

Санвузли

Комунікаційні сходи

- Органічна форма плану будівлі
- Використання інженерної деревини в інте'єрі будівлі

- Адаптивне планування
Внутрішні перегородки спроектовані таким чином, що вони можуть легко бути замінені чи прибрані

- Smart вентиляція
Вентиляція зв'язана з CO2 сенсорами які вимірюють якість повітря в будівлі

- Smart освітлення
Електроосвітлення зв'язано із сенсорами руху у будівлі



д) розріз

- Панорамне скління; зовнішній горизонтальний сонцезахист; променисте охолодження та опалення (в підлозі, стелі та інших конструкціях будівлі вмонтовано системи променистого охолодження та опалення); теплообмінники (систему вентиляції будівлі оснащено теплообмінниками)

18. Міжнародний досвід. Triodos Bank, 2019, Зейст, Нідерланди, арх. RAU Architects. Джерело: RAU, 2023.

призводе до великих теплонадходжень у літній період, що збільшує ЕС на кондиціонування та призводить до дуже високого рівня природної освітленості ОП та ризику появи відблисків. Ці проблеми, наприклад, могли би бути вирішенні, за допомогою застосування систем ЗС.

Інший приклад це БЦ «Гулівер» по вул. Спортивна, 1-а у м. Київ, (арх. «Архітектурне бюро С. Бабушкіна», 2003 - 2012). До складу цього багатофункціонального комплексу входять дві висотні ОБ з еліпсоподібними формими планів. Обидві офісні башти характеризуютьс суцільним засткленням фасадів і відсутністю будь якого ЗС. Ці архітектурні рішення вочевидь призводять до більш високих енергопотреб на кондиціонування повітря у літній період. На додаток до цього, це спричинює збільшення енергопотреб на електроосвітлення ОП у денний час у зв'язку з високим рівнем природної освітленості ОП і використанням працівниками внутрішніх сонцезахисних ролетів для блокування прямих сонячних променів.

Зараз вже декілька ОБ в Україні офіційно отримали сертифікацію того чи іншого рівня екологічності. Це офісний центр «Астарта» у м. Київ (арх. В. Олександрович, 2008-2018 рр.), відзначений за системою сертифікації BREEAM у 2013 р.; офісний центр «Оптіма Плаза» у м. Львів (арх. А. Столовой, 2014-2016 рр.), відзначений за системою BREEAM у 2015 р; будівля Посольства США в Україні у м. Київ (арх. Б. Гарберт, 2012 р.), відзначена за LEED у 2014 р. Наприклад, у розділі «Енергія і атмосфера» було отримано 4 балів із 17 за оптимізоване енергетичне споживання, а у розділі «Якість внутрішнього середовища» здобуто 1 бал за природне освітлення та вигляди з вікон для 90% приміщень. Будівля техно-парку «Юніт Сіті. Бізнес кампус В12» у м. Київ (арх. О. Пашенько, 2018 р.), відзначена за LEED у 2019 р., у розділі «Енергія і атмосфера» було отримано 18 балів з 33 за просунуте вимірювання використання енергії, та 16 балів із 18 за оптимізоване ЕС.

Вищезгадана ОБ «Оптіма Плаза» по вул. Наукова 7Д у м. Львові демонструє естетику будівлі, що пов'язана з її ЕЕ. Згідно з думкою авторів проекту, комплекс ЕЕ рішень дозволяє скоротити ЕС майже на 40%.

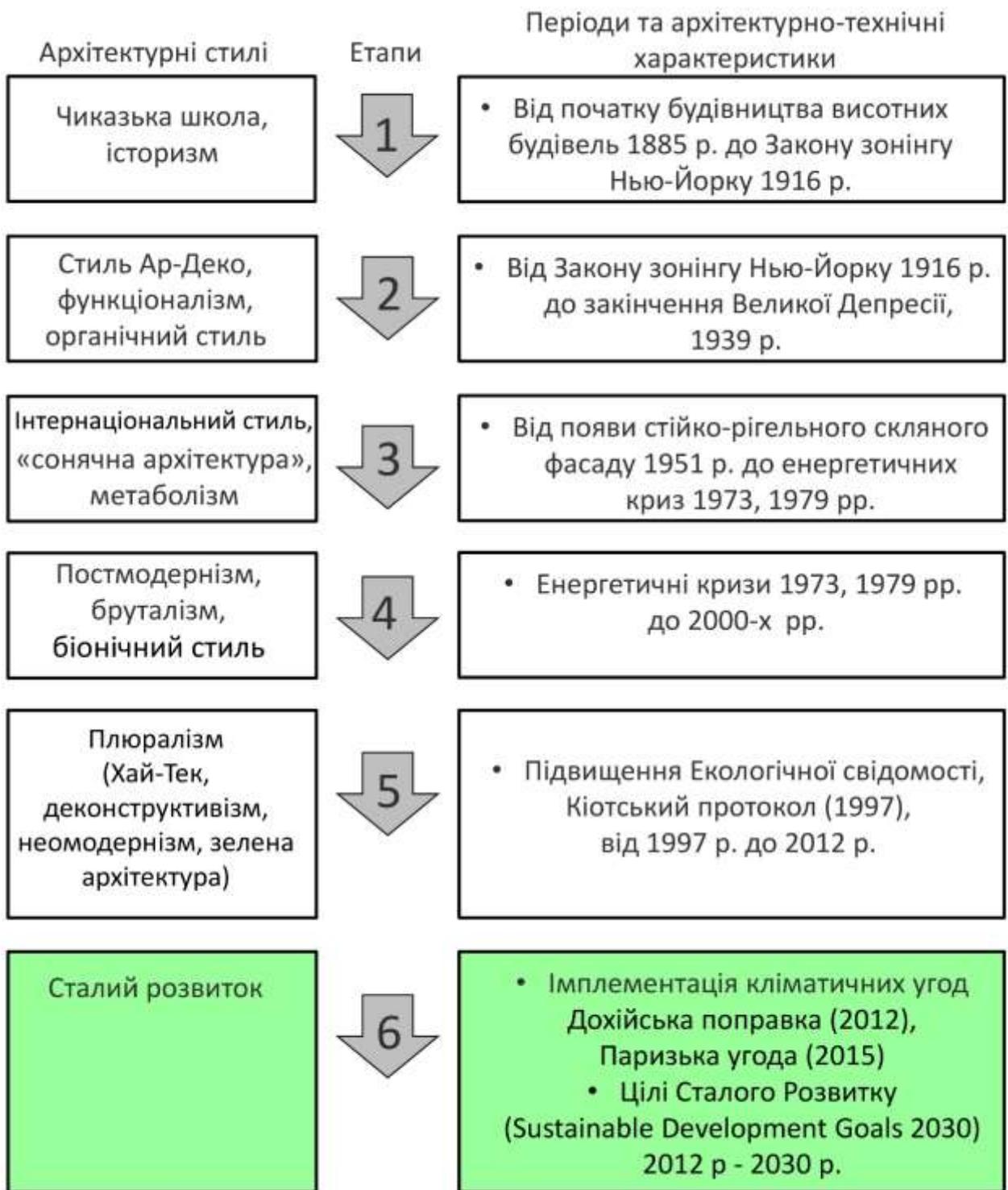


Рис 19. Етапи розвитку ОБ з точки зору енергоефективності. Міжнародний досвід. Джерело: автор, 2025.

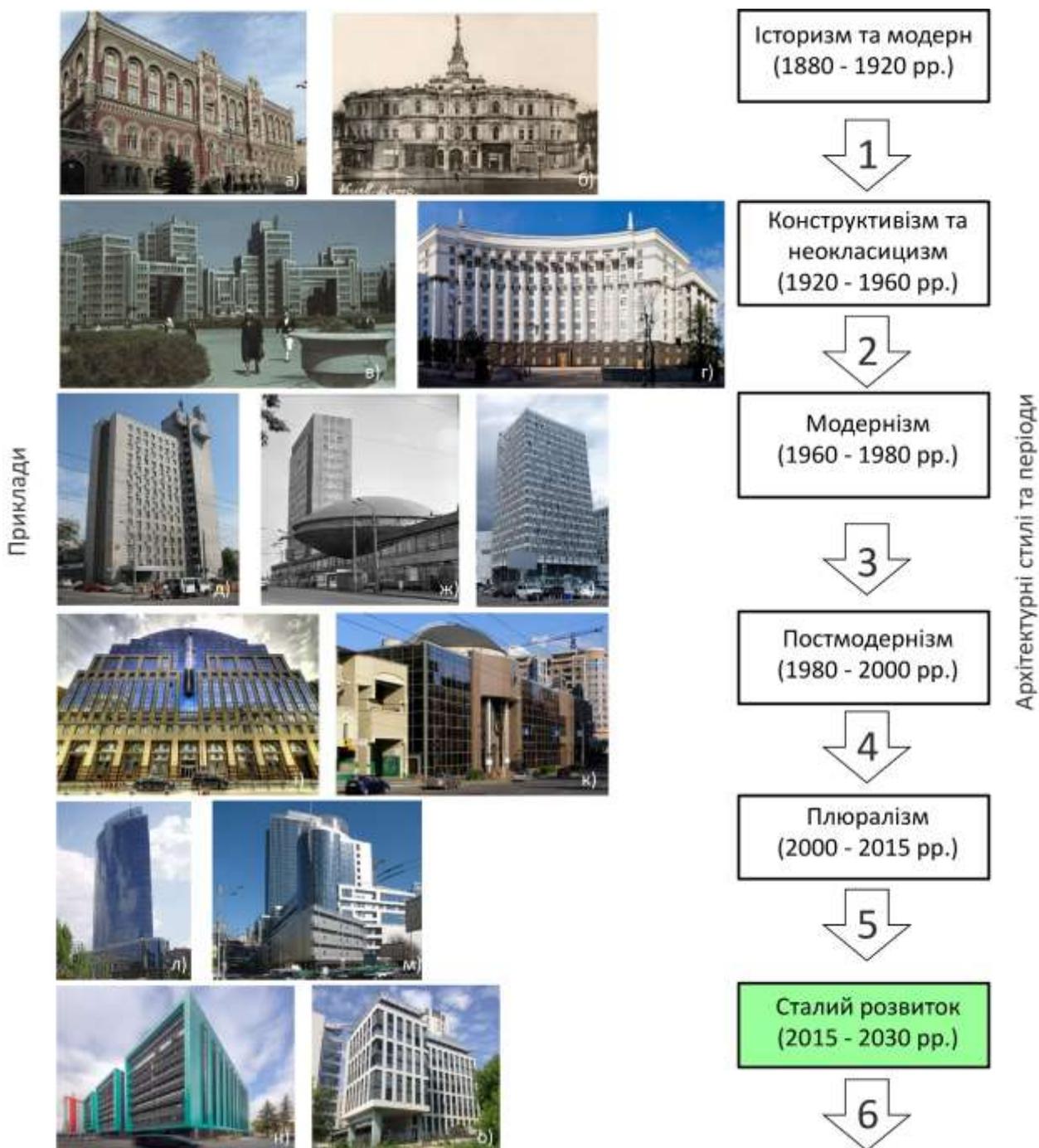


Рис 20. Етапи розвитку ОБ з точки зору енергоефективності. Вітчизняний досвід. Джерело: автор, 2025.

а) – Нацбанк України, Київ, 1905. Джерело: Wikipedia, 2013; б) – Київська міська дума, Київ, 1878. Джерело: Wikipedia, 2024; в) – Будинок Державної промисловості, Харків. 1928. Джерело: The Charnel-House, 2015; г) – Кабмін України, Київ, 1937. Джерело: Mind.ua, 2022; д) – Укравтодор, Київ, 1976. Джерело: Wikipedia, 2018; ж) – Державна науково-технічна бібліотека України, Київ, 1972. Джерело: Socialistmodernism, 2021; з) – Мінсоцполітики України, Київ, 1981. Джерело: Wikimapia, 2011; и) – Комітети ВР України, Київ, 2002. Джерело: Комітет ВР України з питань державного будівництва, регіональної політики та місцевого самоврядування, 2014; к) – Укрексімбанк, Київ, 1998. Джерело: Espresso.tv., 2016.; л) – БЦ «Парус», Київ, 2006. Джерело: Kovalska, 2026; м) – БЦ «Гулівер», Київ, 2012. Джерело: Drizoro, 2026; н) – ОЦ «Оптіма Плаза», Львів, 2016. Джерело: Archimatika, 2025; о) – БЦ по вул. Лейпцизька 15, Київ, 2019. Джерело: Гурт Проект, 2025;

Так, будівля має великий периметр, таким чином досягається відносно не широкий корпус з вікнами з усіх боків, що покращує показники природного освітлення ОП, та дозволяє зменшити енергопотреби в електросвітленні. Найпомітнішими елементами будівлі є ЗС. З південного боку це фіксований горизонтальний ЗС із похилими ламелями, а зі східного та західного боків застосовано вертикальний фіксований ЗС у вигляді вертикальних ребер. Будівля оснащена ЕЕ світлопрозорими двокамерними склопакетами, що відкриваються персоналом для самостійного контролю температури та вентиляції (рис.22).

Підхід орієнтований на ЕЕ було застосовано у капітальному ремонті адміністративної будівлі по вул. Гоголівська 22-24 у м. Києві (арх. Давидов А. М., Магура Т. І., Петросюк Т. О., 2019 р.). Були проведені роботи по термо-модернізації зовнішньої оболонки будівлі та енергомодернізації її інженерних систем. Був виконан монтаж фасадної навісної системи, з елементами ЕЕ світлопрозорих двокамерних склопакетів та вертикальних хвіртток, що відкриваються. При цьому фасадна система була оснащена шторами ЗС. А також утеплення висотної частини будівлі та її покриття. Для збереження тепловою енергії передбачена система вентиляції з роторними рекуператорами тепла. Для освітлення адміністративних приміщень передбачені світильники з світлодіодними лампами (рис.23 а).

Також слід відмітити будівлю бізнес-центру по вул. Лейпцизька 15 у м. Києві (арх. Давидов А. М., Магура Т. І., Петросюк Т. О., 2019 р.). Де для застосування фасаду використовуються вікна з двокамерними, енергозберігаючими склопакетами та вертикальними хвіртками для провітрювання. При цьому світлопрозора частина від підлоги до стелі може бути захищена від потрапляння небажаних сонячних променів зовнішніми жалюзьями (сонцезахисні рафштори з центральним керуванням і з можливістю локального керування у кожному ОП), що зменшую навантаження на систему кондиціонування влітку і підвищує ЕЕ. На верхньому поверсі застосована стаціонарна система ЗС у вигляді горизонтального звісу із похилими



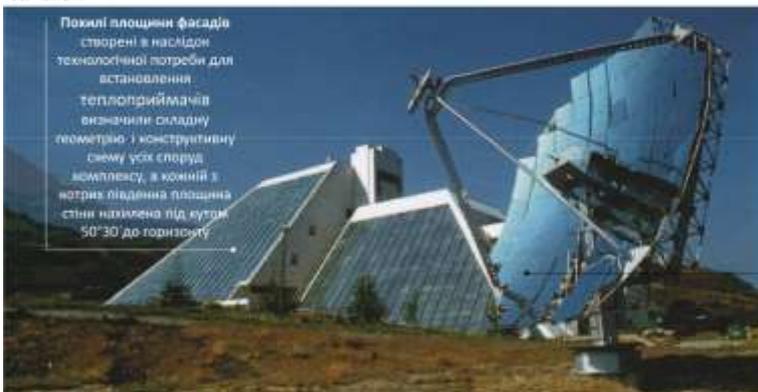
Вертикальні сонцерізи,
функцією котрих був захист від
прямих сонячних променів

а) Міністерство соціальної політики України, Київ, арх. В. Бавіловський, Г. Гранаткін, 1981 р.
Джерело: The Village Україна, 2025;



Зенітні вікна,
Значно покращують якість
та рівень освітленості в
приміщеннях, зменшують
енерговитрати на
електричне освітлення

б) Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського, Київ, арх. В. Гопкало, В. Гречина, В. Песковський, 1989 р. Джерело: Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського, 2025;



Покилі площини фасаду
створені в наслідок
технологічної потреби для
встановлення
тепловиймачів
визначили складну
геометрію і конструктивну
схему усіх споруд
комплексу, а кожній з
котрих підведена плоска
стіна нахилена під кут
50°-30' до горизонту



Сонячний колектор
використовувався для нагріву морської води
в басейні та отримання електричної енергії

в) Експериментальна база по використанню сонячної енергії, Алушта, арх. Г. Хорхот, І. Білявська, В. Журавель, І. Руднева, інж-енерг. В. Гершкович, 1991 р. в) Джерело: Хорхот і Хорхот, 2012.

Рис 21. Вітчизняний досвід.
Приклади ОБ, що використовують заходи ЕЕ (до 2000 рр.).

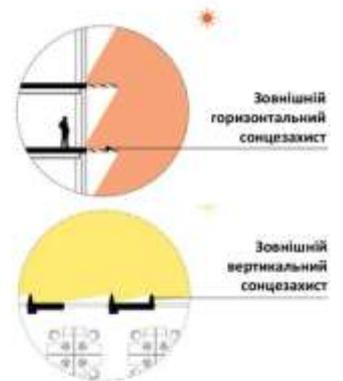
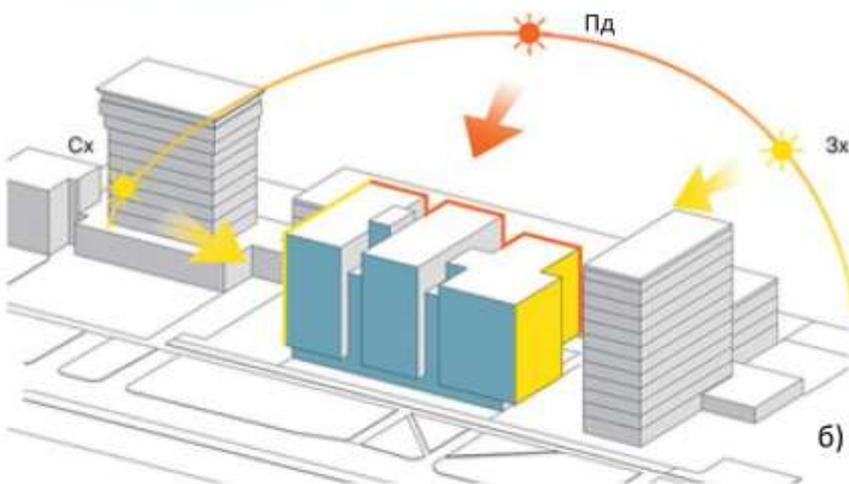


Зовнішній фіксований горизонтальний сонцезахист із похилими ламелями (південна орієнтація)

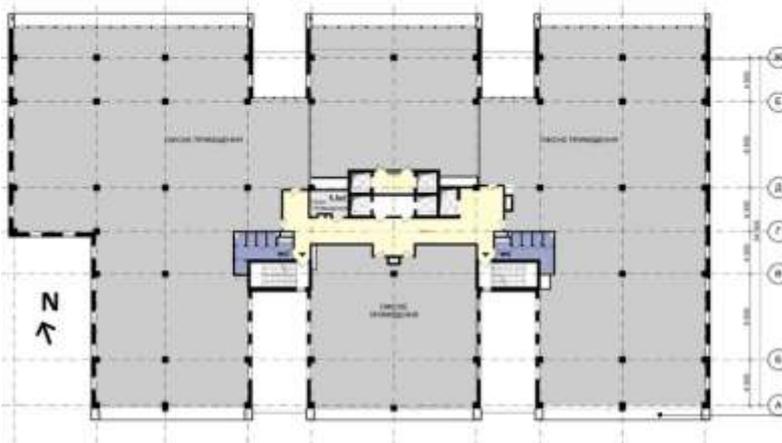
Зовнішній фіксований вертикальний сонцезахист (східна, західна орієнтація)

Енергоєфективні світлопрозорі двокамерні склопакети із хвіртками, що відкриваються

а) зовнішній вигляд



б) схема руху сонця на ділянці, та схеми сонцезахисту



Великий периметр будівлі, що покращує показники природного освітлення офісних приміщень

- екологічна сертифікація BREEAM In-Use International
- комплекс енергоєфективних рішень дозволяє скоротити споживання енергії майже на 40%
- Різні типи фасадів в залежності від орієнтації будівлі за сторонами світу

Зовнішній фіксований горизонтальний сонцезахист із похилими ламелями (південна орієнтація)

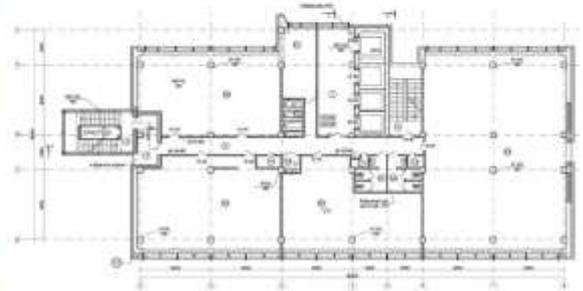
в) план типового поверху

Рис 22. Вітчизняний досвід. Приклади ОБ, що використовують заходи ЕЕ (після 2000 рр.). Офісний центр «Оптима Плаза», вул. Наукова 7Д, Львів, арх. Столовой А., 2014-2016 рр. Джерело: Archimatika, 2025.



Зовнішніми сонцезахисними штори

Утеплення висотної частини будівлі та її покриття
Енергоефективні світлопрозорі двокамерні склопакети
із хвіртками, що відкриваються



План

а) Капітальний ремонт адмін. будівлі по вул. Гоголівська 22-24, Київ, арх. Давидов А. М., Магура Т. І., Петросюк Т.О., 2019 р.



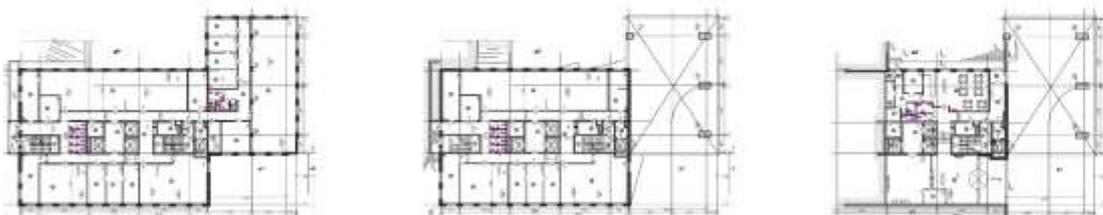
Стационарна система сонцезахисту у вигляді горизонтального
зв'язу із похилими сонцезахисними ламелями

Сонцезахисні рафштори з центральним керуванням
і з можливістю локального керування у кожному приміщенні

Вікна, що відкриваються з двокамерними,
енергозберігаючими склопакетами



Розріз



Плани поверхів

б) Бізнес-центр по вул. Лейпцизька 15, Київ, арх. Давидов А. М., Магура Т. І., Петросюк Т.О., 2019 р.

Рис 23. Вітчизняний досвід. Приклади ОБ, що використовують заходи ЕЕ (після 2000 рр.). Джерело: Гурт Проект, 2025.

ламелями. В будівлі також застосовані ЕЕ інженерні системи, такі як: геотермальні теплові насоси, центральна припливно-витяжна система вентиляції з рекуперацією тепла, центральна система кондиціонування з можливістю керування у кожному приміщенні, система газового опалення із застосуванням сучасних конденсаційних котлів та підлоговыми конвекторами, а також система диспетчеризації будівлі (рис.23 б).

Отже, аналіз архітектурної практики підтвердив розвиток сучасної архітектури згідно з концепцією сталого розвитку в напрямі підвищення ЕЕ. Це доводить актуальність і широке застосування за кордоном та поступове впровадження в Україні ЕЕ архітектурних та інженерних рішень в ОБ.

1.3. Аналіз наукової літератури з питань ЕОБ.

ОБ мають свою специфіку, оскільки вони працюють переважно вдень і мають високу залежність від природнього та електричного освітлення, а також мають високі внутрішні тепловиділення (від офісного обладнання та співробітників). Так, згідно з стандартами, ASHRAE 90.1 або ISO 52000 (ISO, 2017; ASHRAE, 2022), ключова відмінність ОБ від житлових будівель – домінування внутрішніх навантажень (internal load dominated). На відміну від житла, де основні втрати енергії відбуваються через стіни взимку, ОБ часто потребують охолодження навіть при температурі $+10^{\circ}\text{C}$ на вулиці. Середній офісний працівник виділяє близько 100-120 Вт тепла, разом із комп'ютерами, серверами та освітленням це створює щільність тепловиділень від 20 до 50 Вт/м². В літній же період, до внутрішніх тепло-надходжень додаються тепло-надходження від сонячної радіації через скління. Для покращення показників денного освітлення збільшуються площі скління, але через це збільшуються тепло-надходження від сонячної радіації, що збільшує енергонавантаження на охолодження. Такі суперечливі вимоги можливо вирішувати за допомогою багатоцільової оптимізації проектних рішень.

Проблеми екологічності, ЕЗ, ЕЕ та сталості в контексті архітектури України і світу досліджується вітчизняними науковцями в продовж останніх десятиліть. В тому числі, частково розглянуті і питання проектування ЕОБ.

Українські вчені займаються питаннями ЕЕ на базі державних установ, вищих навчальних закладів та науково-дослідних інститутів.

Питання ЕЕ в Україні регулюються такими нормативними актами: ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будинки та споруди. Основні положення» (Розділ 12. Енергоефективність та енергозбереження); ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»; ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»; ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення» та нормативними документами: ДСТУ 9190:2022 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання»; ДСТУ 9191:2022 «Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель»; ДСТУ EN ISO 52016-1:2022 «Енергоефективність будівель. Енергопотреби для опалення та охолодження, внутрішні температури і навантаження за явною та прихованою теплотою. Частина 1»; ДСТУ CEN ISO/TR 52016-2:2022 «Енергоефективність будівель. Енергопотреби для опалення та охолодження, внутрішні температури і навантаження за явною та прихованою теплотою. Частина 2»; ДСТУ Б А.2.2-8:2010 «Розділ Енергоефективність у складі проектної документації об'єктів»; ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія»; ДСТУ EN 16247-2:2015 «Енергетичні аудити. Частина 2. Будівлі» та ін.

Так, наприклад, в рамках діяльності Енергетичного Центру Європейського Союзу у Києві, що працює в рамках програми надання технічної допомоги країнам колишнього СРСР – ТАСІS, було видано науковий збірник «Украина: Энергосбережение в зданиях» (ЕС-Energy Centre Kiev, 2010). У книзі розповідається про загальні проблеми енергозбереження, про те як ці проблеми вирішуються в країнах Західної Європи і як вони можуть бути вирішені в Україні при будівництві нових та реконструкції старих будівель. Також надана інформація про модернізацію огорожувальних конструкцій та

інженерного обладнання будівель і про новітні відновлювальні джерела енергії для будинків.

Фахівці Фонду Енергоефективності розробили «Альбом технічних рішень: рекомендаційні матеріали для якісної розробки проектної документації» (Фаренюк і Головатюк-Унгуряну, 2020), де надана інформація щодо термомодернізації існуючих будинків, представлено креслення вузлів облаштування огорожувальних конструкцій теплоізоляційної оболонки будівель та схеми облаштування ЕЕ інженерних рішень.

В збірнику наукових праць КиївЗНДІЕП «Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель. Спеціальний випуск. Енергозберігаючі технології в будівництві та архітектурі» (Шевелєв та ін., 2004) розглядалися питання теплопровідності огорожувальних конструкцій будівель, оптимізації площі застосування будівель, питання орієнтації будівель за сторонами світу (меридіональні, широтні, діагональні), ширина корпусів будівель, використання ЕЕ інженерного обладнання та ін.

В навчальному посібнику КНУБА «Нормативно-методичні основи архітектурного проектування громадських будівель і споруд» (Куцевич, Брідня і Рогожнікова, 2016) розглядається типологія громадських будівель і споруд (в тому числі ОБ) та питання їх ЕЕ.

В навчальному посібнику «Архітектура енерго-ощадних сонячних будинків» НУ «Львівська політехніка» (Казаков, 2009), розглянуті питання використання альтернативних природних джерел енергії в архітектурі, оптимізації архітектурного конструювання зовнішніх світлопрозорих огорожень будинків, екологічного енергозаощадження та нового естетичного формотворення житла.

Наукова стаття «Принципи створення стійкої архітектури громадських будівель на прикладі світової практики» (Уреньов і Бахтін, 2020) розглядає концепцію сталої архітектури, та пропонує вирішення містобудівних та архітектурних питань шляхом сталого розвитку в галузі будівництва та архітектури. Згідно статті: «стала архітектура дозволяє створювати проекти,

які задовольняють потреби людей і дбає про збереження природних ресурсів. Показано еволюцію у сфері будівництва від ЕЕ архітектури до зеленої архітектури та до сталої архітектури. Уточнено визначення сталої архітектури і досліджено принципи та критерії оцінювання сталої архітектури громадських будівель».

В статті збірника наукових праць КНУТД «Геометрическое проектирование современных архитектурных систем для солнцезащиты и использования солнечной энергии» (Процюк, 2004) надані критерії проектування горизонтального та вертикального ЗС, показана залежність систем ЗС від орієнтації фасадів та кутів висоти сонця.

Інша стаття цього збірника «Некоторые геометрические вопросы проектирования энергосберегающих зданий» (Сергейчук, 2004), присвячена: пошукам оптимальної форми будівлі; впливу форми та положення світлопрозорих конструкцій при розрахунку опору теплопередачі; розрахунку повної інсоляції приміщень; пошуку оптимальної форми ЗС.

Наукова стаття «Енергозбереження в архітектурі як складова освітньо-професійної програми» (Кашченко, 2004) висвітлює: сучасні тенденції розвитку архітектури енергоощадних будівель; ЕЕ будинок як об'єкт проектування; класифікаційні групи ЕЕ будинків; передпроектний аналіз при проектуванні ЕЕ будинків; особливості проектування ЕЕ будівель різних типів; засоби підвищення ЕЕ будинків під час реконструкції; експериментальне проектування ЕЕ будівель; інженерне обладнання, матеріали та конструкції ЕЕ будинків; естетика ЕЕ будівель.

Питання ЗС викладені у науковій статті «Особенности врахования регулируемого солнцезащиту у расчетах солнечных теплонакопителей» (Сергейчук, 2014), де вказано, що тепло-надходження від сонця залежать від кліматичних умов, розглядаються особливості врахування клімату різних регіонів України при їх розрахунках, надана методика орієнтована на використання кліматичних даних, що наводяться у ДСТУ з будівельної кліматології, що дозволяє визначити вплив регульованих пристроїв ЗС на

загальні сонячні тепло-надходження.

У науковій статті «Инсоляция и освещенность в архитектуре. Проблемы нормирования и проектирования» (Репін, 2003), де в тому числі надані рекомендації по природному освітленню приміщень, освітлення другим світлом та штучним освітленням.

У науковій статті «Особенности архитектурно-планирующей организации внутреннего пространства офисных зданий» (Кісельова і Новосельчук, 2009), визначено, що найкращим підходом до організації ОП є – змішаний тип, який поєднує переваги ОП відкритого та закритого типів, що робить його універсальним і перспективним. З'ясовано, що, відкриті ОП підходять для колективів, де працівники мають однаковий статус та активно взаємодіють, а ОП закритого типу досі актуальні для завдань, які вимагають максимальної концентрації.

У науковій статті «Органічний напрям в архітектурі та дизайні» (Олійник, 2023), зазначено, що сучасна органічна архітектура є ключовою частиною сталого розвитку сучасних міст. Визначено, що невіддільними елементами органічної архітектури є – енергоощадні технології, повторне використання матеріалів і застосування альтернативних джерел енергії, проте головним принципом залишається створення комфортного простору та збереження зв'язку людини з довкіллям.

У науковій статті «Впровадження енергоефективних технологій у комплексній реновації зруйнованих війною в Україні населених пунктів» (Роздорожнюк, 2024), досліджено, як впровадження ЕЕ технологій може допомогти у відбудові українських міст, зруйнованих війною. Проаналізовано міжнародний досвід та запропоновано оптимальні рішення, для створення комфортних умов мешканців і зниження ЕС. Такий підхід дозволить зменшити залежність від централізованих енергосистем, заощадити природні ресурси та підвищити енергетичну самостійність як окремих будівель, так і держави в цілому.

У науковій статті «Досвід та перспективи використання вертикального

озеленення в міському середовищі» (Черненко та Давидов, 2025), виявлені особливості та переваги використання вертикального озеленення в архітектурі міста на основі аналізу вітчизняного та закордонного досвіду як інноваційного засобу, що відповідає концепції сталого розвитку. Здійснено аналіз та проведено систематизацію існуючих типів систем зелених стін, виявлено основні характеристики та наведено технології використання в умовах українського клімату.

У науковій статті «Метод інтеграції генеративного штучного інтелекту з середовищем параметричного проектування grasshopper для архітектурного формотворення» (Карандюк і Комаров, 2025), надано аналіз та узагальнення досвіду інтеграції генеративного штучно-го інтелекту з середовищем параметричного дизайну у ПЗ Grasshopper для архітектурного формотворення та визначення переваг, що виникають у процесі такого поєднання. Розглянуто можливості генеративного штучного інтелекту як інструмента для розширення потенціалу параметричного дизайну, зокрема у пошуку нових композиційних рішень, тектоніки, ритму та загальної архітектурної виразності. Продемонстровано потенціал створення замкненої екосистеми, що поєднує інструменти параметричного дизайну, інформаційного моделювання та візуалізації в реальному часі.

В докторській дисертації «Методологічні основи сталого розвитку еколого-містобудівних систем» (Устінова, 2016), обговорюються питання формування сталого міського середовища та екологічного розвитку міст. Ці питання розглядаються у контексті кліматичних властивостей різних регіонів.

В дисертації «Принципи архітектурно-типологічного вдосконалення шкільних будівель з врахуванням енергозаощаджування» (Шулдан, 2007), визначено принципи архітектурного вдосконалення шкільних будівель з врахуванням ЕЗ. «Містобудівний принцип полягає у створенні позитивного теплоенергетичного і вітрового фону для будівлі школи. Планувально-просторовий принцип спрямований на узгодження структури й планувальних параметрів з вимогами до внутрішнього мікроклімату приміщень та

зовнішньо-кліматичними параметрами. Композиційний принцип передбачає компактне вирішення будівлі з її обмеженням по висоті та вертикальне зонування приміщень. Дія принципу формоутворення спрямовується на оптимізацію форм будівлі та її композиційних складових. Принцип дизайну узгоджує фасадний та інтер'єрний дизайн із поширенням теплового потоку і регламентує кубатуру та функціонування окремих приміщень».

В дисертації «Моделювання оптимальних геометричних параметрів енергоефективних будівель граної форми», (Мартинов, 2015), розроблено теоретичні основи геометричного моделювання оптимальних геометричних параметрів ЕЕ будівель граної форми з точки зору оптимального теплоенергетичного впливу навколишнього середовища на тепловий баланс будівель. Досліджено закономірності теплоенергетичного впливу навколишнього середовища на геометричні параметри будівель. Встановлено закономірності, що дозволяють оптимізувати параметри будівель, розподіл утеплювача та розташування вікон з їх теплоізоляційній оболонці та ін. Розроблено комп'ютерні моделі розрахунку надходження сонячної радіації за збільшеними показниками, тепловтрат і тепло-надходжень через світлопрозорі та непрозорі огорожувальні конструкції, які орієнтовані на розв'язання багатопараметричних оптимізаційних задач у будівництві, зокрема з оптимізації пропорцій, граної форми окремо розташованих і блокованих ЕЕ будівель, параметрів утеплювача, розташування вікон, геліоприймачів на огорожувальних конструкціях, оптимізації орієнтації будівель з дискретною зміною орієнтації протягом доби або року, а також нерухомих. Здійснено геометричне моделювання задач з будівельної кліматології, теплотехніки, світлотехніки для визначення оптимальних геометричних параметрів, що впливають на ЕЕ будівель.

В дисертації «Принципи формування об'ємно-просторової організації енергоефективних громадських будівель» (Бахтін, 2023), визначено основні тенденції проєктування та будівництва ЕЕ громадських будівель (ЕГБ), розглянуто та проаналізовано існуючий теоретичний та практичний досвід,

проведено порівняльний аналіз застосування ЕЕ технологій в проектуванні та будівництві ЕГБ. Розглянуто провідні науково-дослідні методи, що виступають базою для формування методологічного апарату даного дослідження; розроблена методика проведення дослідження ЕГБ; проаналізовані фактори впливу на формування ЕГБ; надана методика ефективності вибору об'ємно-просторового рішення ЕГБ за критеріями екологічності; дана класифікація ЕГБ залежно від вибору типу джерел енергії. Виконано пошук ефективних шляхів формування ЕГБ; сформовано принципи підвищення ЕЕ ЕГБ, серед них: формування в залежності від природно-кліматичних факторів, підбір функції в залежності від поновлювальних джерел енергії (ПДЕ), включення ПДЕ в об'ємно-планувальну структуру, формоутворення з використанням ПДЕ та ін.; розроблено рекомендації щодо проектування ЕГБ.

В дисертації «Типологічні основи проектування пасивних житлових будинків на території України» (Діб, 2019), розроблено типологічні вимоги до об'ємно-планувальних, конструктивних, та інженерних рішень пасивних житлових будинків, удосконалено методи інтеграції геліосистем в архітектуру пасивних житлових будинків з урахуванням природно-кліматичних умов України та ін.

В дисертації «Методичні основи архітектурно-планувальної організації енергоефективних багатоквартирних житлових будинків» (Данько, 2019), розроблено концепцію формування ЕЕ багатоквартирних житлових будинків в історичному середовищі, запропоновано базову методику формування енергоефективного житла при новому будівництві та реконструкції, запропоновані типові рішення формування комплексу архітектурно-планувальних рішень ЕЕ багатоквартирних житлових будинків в історичних районах міст та ін.

В дисертації «Принципи архітектурно-планувальної організації екологічних висотних адміністративних будівель» (Чижмак, 2012), сформульовані основні принципи проектування екологічних багатоповерхових об'єктів та розроблена методика вибору архітектурного рішення за критерієм

екологічності та ін. Серед запропонованих принципів є: урбо-екологічного балансу, що сприяє органічному включенню висотних будинків у міське середовище за умов збереження існуючої природи; об'ємно-планувальної компенсації, спрямований на забезпечення комфортності і контакту працівників з оточенням, зниження фізичного і екологічного навантаження на екосистему ділянки та зменшення візуального навантаження; ресурсо-ефективності полягає у зниженні витрат всіх видів ресурсів.

Більша кількість досліджень, що присвячені впровадженню прийомів сталого розвитку, проектуванню ЕОБ та аналізу стратегій активного та пасивного дизайну (проектування), було проведено за кордоном в останні десятиліття. Питаннями проектування комфортного та здорового середовища в будівлях та навколо них, в залежності від клімату та з увагою до питань сталого розвитку вивчаються на базі державних установ, приватних архітектурних та інженерних компанії та вищих навчальних закладів. Найкращі архітектурні школи світу (Великобританія, США, Нідерланди, Італія, Швейцарія, Сінгапур, Японія, Китай) мають кафедри, чи спеціалізовані відділення де удосконалюється архітектурна освіта шляхом викладання та проведення досліджень у сфері екологічного архітектурного дизайну та архітектури сталого розвитку (QS World University Rankings by Subject 2023: Architecture & Built Environment).

Існує популярна думка, що інженери, а не архітектори мають вирішувати всі аспекти пов'язані з ЕЕ будівель. Підтвердженням тому є велика кількість реалізованих будівель ОБ «Інтернаціонального стилю», що мали гомогенізований стиль, що ігнорував прийоми екологічного дизайну – адаптації до місцевих кліматичних умов навколишнього середовища, де механічні системами замінили традиційні підходи до товщини стін, орієнтації за сторонами світла, скління, сонцезахисту та ін. У вступі «*Engineering without engines*» книги (BIG, 2015), архітекторам пропонується повернутися до активної ролі у формуванні екологічних характеристик будівель, замість того, щоб покладатися виключно на інженерні системи ОВіК, спроектовані

інженерами для компенсації екологічно не обґрунтованих архітектурних рішень.

Так, згідно з дослідженням «*The early design stage of a building envelope. Multi-objective search through heating, cooling and lighting energy performance analysis*» (Echenagucia та ін., 2015), оптимізація огорожувальних конструкцій будівлі є важливим етапом ранньої стадії проектування для отримання високої ЕЕ об'єктів архітектури. Взаємозв'язок між формою будівлі, орієнтацією за сторонами світу, КС, розташуванням скління, а також ЗС може значно вплинути на енергопотреби (опалення, кондиціювання, штучне освітлення). Тому належний аналіз на ранній стадії проектування має великий потенціал для зменшення енергопотреб будівлі.

Наприклад, у книзі «*The environmental performance of tall buildings*» (Goncalves та ін., 2010) досліджуються різноманітні стратегії пасивного дизайну для скорочення енергопотреб висотних житлових та ОБ.

Схожа тема досліджується у посібнику з проектування для архітекторів «*Passive house design. Planning and design of energy-efficient buildings*» (Gonzalo і Rainer, 2014), де розглядаються стратегії пасивного дизайну житлових будівель.

В науковій статті «*A holistic approach to energy efficient building forms*» (Okeil, 2010) запропонував цілісний підхід для ЕЕ будівлі, заснований на оптимізації форми будівлі та її орієнтації, використання енергії сонця взимку, пом'якшення ефекту міського теплового острова і впровадженні зелених покрівель.

У публікації «*A comprehensive review on passive design approaches in green building rating tools*» (Chen та ін., 2015) представили вплив форми будівлі, властивостей прозорих і не прозорих огорожувальних конструкцій, природної вентиляції та герметичності на ЕЕ будівель.

В дослідженні «*Optimization of passive solar design strategies: A review*» (Stevanovic, 2013) представлено резюме попередніх досліджень такої тематики:

- оптимізація форми будівлі, включно: триангуляція огорожувальних

конструкцій; різні форми будівель і пропорційні взаємовідношення цих форм; орієнтація по сторонам світу і пропорції; коефіцієнт форм; відносна компактність будівлі; коефіцієнт вплив південної орієнтації; висота різних частин будівлі; висота фасаду; форма будівлі; орієнтація приміщення за сторонами світу; заповнюваність приміщень; варіанти планування ділянки; полігональна форма будівлі в плані;

- не прозорі компоненти огорожувальних конструкцій будівлі, включно: ступені утеплення покрівлі, стін та підлог; товщини утеплення для кожної стіни окремо; структура внутрішніх перегородок; конфігурація і орієнтація листяних дерев навкруги будівлі; термічна маса різних матеріалів стін;

- скління / елементи сонцезахисту, включно: тип скління, розмір і орієнтація по сторонам світу; пропорції скління, розміри південного скління, КС, розмір горизонтального ЗС, розмір і нахил вертикального ЗС; розмір і орієнтація тришарового low-e скління; відношення ширини до глибини ОП; кут нахилу ЗС; відношення площі ЗС до площі скління; типи ЗС; тип скління і орієнтація; кут нахилу планок ЗС; відношення глибини планки ЗС до відстані між планками по вертикалі; колір і положення штор всередині двошарового фасаду, теплопровідність стін; орієнтація; КС; довжина ЗС; орієнтація застаканих терас; коефіцієнт поглинання і теплоємності для стін и підлог; відношення довжини до ширини атріуму в плані; тип скління ліхтарів верхнього світла; відношення площі покрівлі до площі ліхтарів верхнього світла; висоти атріуму;

- повна оптимізація будівлі методом пасивного використання сонячної енергії, що вказує: розрахункові змінні, метод оптимізації, методи комп'ютерного моделювання, розташування об'єкту дослідження.

Дослідження включає такі сфери як: теплопровідність зовнішніх стін; товщини стін, покрівлі і зовнішнього утеплення стін; рівень утеплення будівлі; орієнтація будівлі за сторонами світу, пропорції будівлі; рівень герметичності будівлі; контроль внутрішнього надходження тепла; стратегії вентиляції; рівні нічної вентиляції; термічна маса; колір зовнішніх стін; ЗС; КС;



Рис 24. Аналіз наукової літератури з питань EE ОБ. Основні напрямки досліджень у сфері EE ОБ. Джерело: Автор, 2025

розміри і типи скління; орієнтація скління; глибина терас / навісів; контроль штор і освітленості; типи світлових полиць.

Аналіз наукових статей, присвячених питанням проектування ЕОБ виявив такі напрямки (рис.24):

а) розгляд теоретичних основ сталої архітектури (включно з питанням її EE);

б) розгляд пасивних (архітектурних) стратегій проектування для скорочення енергопотреб ОБ;

в) розгляд активних (інженерних) стратегії проектування для скорочення енергопотреб ОБ та виробництва енергії;

г) розгляд методів оптимізації архітектурних рішень для досягнення ЕЕ;

д) розгляд питань природного та електроосвітлення ОБ у комплексі з ЕЕ;

ж) розгляд методів видобутку енергії із відновлювальних джерел інтегрованих до ОБ;

з) огляд вдалих міжнародних та вітчизняних прикладів ЕЕ та сталих та ЕОБ.

Згідно різноманітності перерахованих вище стратегій пасивного (архітектурного) проектування узагальнено найбільш часто використовувані і обрано для продовження аналізу наукової літератури ті, що найкраще відповідають подальшому дослідженню з точки зору: відповідності кліматичним умовам України, функціонального призначення будівлі (ОБ), можливості комп'ютерного моделювання і верифікації за допомогою ПЗ.

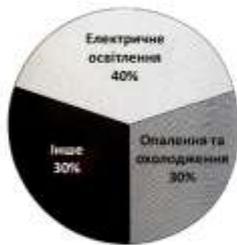
Автором виявлено такі стратегії пасивного проектування для подальшого аналізу літератури і критичної оцінки з точки зору їх впливу на енергопотреби ОБ: вибір форми та орієнтації; захист зовнішньої оболонки; пасивне опалення (взимку); пасивне охолодження (влітку); захист від перегріву (влітку); збільшення природного освітлення.

Вибір форми та орієнтації і вплив на ЕЕ. Традиційна література з проектування (Watson та ін., 1983) для досягнення ЕЕ зазвичай рекомендують: скоротити відношення зовнішньої поверхні до об'єму будівлі за рахунок використання компактних геометричних форм; мінімізувати відношення зовнішньої поверхні до площі будівлі (рис. 25 а).

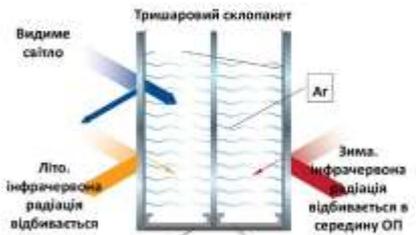
Однак, існує значна кількість обмежень цього підходу, тому інші дослідники (Deresker та ін., 2001) вивчали взаємовідношення між формою будівлі та ЕЕ, для того щоб з'ясувати зв'язок між споживанням тепла будівлею із його формою. Коефіцієнт форми були визначені як відношення між площею зовнішньої поверхні до внутрішнього об'єму будівлі. Паралелепіеди як

- відношення S поверхні до V = 0.157
- відношення S поверхні до V = 0.17
- відношення S поверхні до V = 0.148
- відношення S поверхні до V = 0.12
- відношення S поверхні до V = 0.138
- відношення S поверхні до V = 0.15

б) об'єм будівлі и пропорції сторін будівлі.
Джерело: Albatici i Passerini, 2011



в) загальний розподіл ЕС в ОБ
Джерело: Lechner, 2009

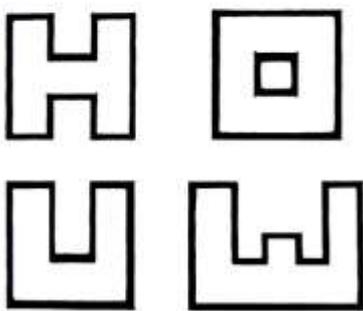


а) відношення площі поверхні до об'єму, та площі підлоги. Джерело: Watson та ін., 1983

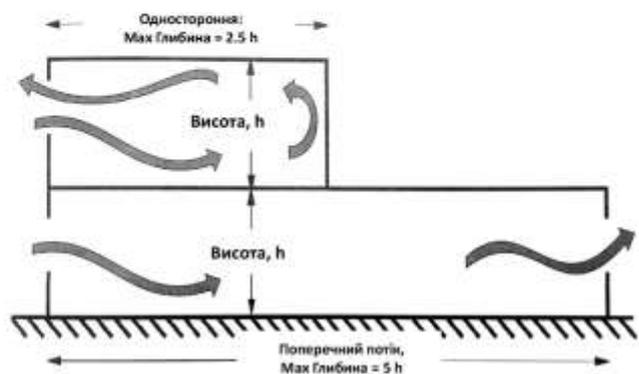
в) фізичні властивості скла (low-E glass)
Джерело: Stanekwindows, 2025



г) денне сонячне випромінювання для: різних пор року; різних орієнтацій; вертикальна/горизонтальна площина. Джерело: Lechner M. 2009



д) стандартні плани крупних будівель до 20-го століття. Джерело: Lechner M. 2009



е) схема організації односторонньої та перехресної вентиляції. Джерело: Liddament M. 1996

Рис 25. Аналіз наукової літератури з питань ЕЕ ОБ. Основні предмети досліджень у сфері пасивного дизайну.

форми будівель які найбільше використовуються в будівельній галузі були обрані для досліджень. Результати показали, що ЕС було зворотно пропорційне компактності у разі холодних, похмурих зим (Париж, Франція). Для цих кліматичних зон ЕС буде сильно пов'язано з коефіцієнтом форми. Якщо ж говорити про м'який клімат з сонячними зимами (Карпантрас, Франція), то втрати тепла більше не впливають в тій же самій пропорції в енергетичний баланс через високу кількість тепла від сонячної енергії, що потрапляє через скління. Вплив зовнішньої поверхні знижується, і зв'язок між ЕС будівлі з коефіцієнт форми більше не простежується. Однак, це дослідження не надає повну картину тому, що воно обмежено тільки споживанням тепла, і не враховує ЕС необхідне для охолодження будівлі. На додаток до цього, тільки одна орієнтація (південна) була вивчена, і не було надано варіацій КС і ЗС.

Взаємозв'язок ЕС житлового будинку (Вена, Австрія) з компактністю будівлі було проаналізовано (Pessenlehner і Mahdavi, 2003) за допомогою аналізу різних орієнтацій, різних КС для паралелепіпедних форм. Результати показали прямий взаємозв'язок між опалювальним навантаженням і відносною компактністю; не знайдено прямого взаємозв'язку (хіба що тільки для високих КС) між охолоджуючим навантаженням та відносною компактністю. Було доведено, що домінуюча південна орієнтація скління потребує нижчого опалювального навантаження, але найвищого охолоджуючого навантаження, в той час як домінуюча північна орієнтація скління потребує найвищого опалювального навантаження і найнижчого охолоджуючого навантаження.

Крім того, було розроблено метод аналізу (Ourghi та ін., 2007) для передбачення вплив форми ОБ на її річне охолоджуюче навантаження і загальне ЕС (Туніс, Кувейт). Метод засновано на комп'ютерному моделюванні за допомогою декількох комбінацій геометрії будівлі, типах скління, КС і рівнях утеплення. Прямий взаємозв'язок було встановлено між відносною компактністю і загальним ЕС будівлі, а також з охолоджуючим навантаженням. На додаток до відносної компактності, було визначено тип і КС, що впливає на

загальне ЕС будівлі. Метод було застосовано до міст (Туніс, Кувейт, Габес, Каір, Рим, Франкфурт, Атланта, Чикаго и Денвер), було знайдено, що він точний для клімату, де домінує охолодження, що є головним обмеженням цього дослідження.

Інший підхід було показано у дослідженні, що аналізує оптимальну форму будівлі, яка мінімізує ЕС під впливом сонячного опромінювання (Caruso і Kampf, 2015). Було використано еволюційний алгоритм вже застосований для максимізації використання сонячної енергії, що використовує модель кумулятивного небосхилу для обчислення кількості сонячного випромінювання що потрапляє на огорожувальні конструкції.

У науковій статті (Kampf і Robinson, 2010), варіанти форми будівлі були досліджені щоб знайти оптимальну форму в містах (Базель, Швейцарія і Дубай, ОАЕ) з радикально різними кліматичними умовами, що розкриває ті риси які має мати будівля для оптимізації ЕС враховуючи сонячне опромінювання.

Інше дослідження рекомендує південну орієнтацію з метою пасивного опалення взимку, згідно графіку (рис. 25 г), південна орієнтація для пасивного сонячного дизайну найбільше підходить тому, що вертикальне південне скління передає максимум сонячного опромінювання взимку і мінімум влітку (Premrov та ін., 2015). Також виявлено, що східне і західне скління приймає на себе в два рази більше сонячного опромінювання влітку ніж південне скління, у зв'язку з цим ЗС має бути передбачено для цих орієнтацій.

Схожа ідея відображена в роботі присвяченій принципам пасивного дизайну, котра стверджує, що кількість тепло-надходжень в приміщення в результаті сонячного опромінювання через вікна з південною орієнтацією в зимовий період (Німеччина) набагато більше, ніж через вікна зі східною, західною чи північною орієнтацією. А в літній період не бажані тепло-надходження через вікна зі східною і західною орієнтацією набагато вище, ніж через вікна з південною орієнтацією (Gonzalo і Rainer, 2014).

Пасивне опалення (взимку) і вплив ЕЕ. Інші вчені (Aianzi та ін., 2009) вивчали вплив форми будівлі (прямокутної, L, U, T, H, X-образної) на ЕЕ, а

також пропорційні співвідношення сторін будівлі, КС і типи скління для будівель в Кувейті. Результати аналізу вказали, що ефект форми будівлі на загальне ЕС залежить в першу чергу від трьох факторів: відносна компактність, КС, і тип скління, що характеризується коефіцієнтом передачі тепла (рис. 25 б). Для будівель з низьким показником КС, визначено, що загальне ЕС зворотно пропорційно відносній компактності будівель незалежно від її форми, в той час як для будівель з високим показником КС, вплив сонця створює варіації в передачі тепла (залежно від площі скління і орієнтації за сторонами світу) і отже впливає на навантаження по охолодженню будівлі. Однак, ЗС не було прийнято до уваги, що обмежує висновки цього дослідження.

Схожий аналіз було здійснено за допомогою динамічного комп'ютерного моделювання (ПЗ EnergyPlus) у Словаччині (Geletka і Sedlakova, 2012). П'ять форм з різними пропорціями, різними орієнтаціями і різними КС були змодельовані. Як результат, було доказано прямий зв'язок між відносною компактністю і ЕЕ, а також серйозний вплив КС і орієнтації будівлі. Однак, самозатінення і використання ЗС не було досліджено.

Дослідження (Premrov, та ін., 2015) було присвячено взаємозв'язку енергопотреб будівлі для опалення і охолодження з формою будівлі (квадрат, прямокутник, L, T та U-образні форми) і КС тільки на південному фасаді для міст Європи (Любляна, Мюнхен, Гельсінкі) за допомогою ПЗ Ecotect. Результати вказали, що загальні річні енергопотреби в опаленні та охолодженні залежить від фактору підвищення форми в більшому ступені в холодному кліматі з низьким сонячним опромінюванням (Гельсінкі). З іншого боку, аналіз в теплом кліматі (Любляна) з вищим сонячним опромінюванням в опалювальний період показав, що вплив форми будівлі на енергопотреби є менш важливим, ніж КС.

Це відображає і результати іншого дослідження (Albatici і Passerini, 2011) в якому визначено, що фактор компактності для пасивних будівель є більш важливим в холодному кліматі. Праця також демонструє, що КС 35% розташований на південному фасаді приводе до мінімального значення ЕС для

опалення і загально річному ЕС для опалення і охолодження. В протилежність попереднім дослідженням ефект самозатінення був освітлений, хоч засоби ЗС і не було досліджено.

Аналогічне дослідження (Goia, 2016), аналізувало оптимальний КС для різних типів клімату та орієнтацій. Визначено оптимальний діапазон: $0.30 < \text{КС} < 0.45$. Відмічено, що тільки фасади з південною орієнтацією в дуже холодному і дуже теплому кліматі потребують КС за межами цього діапазону. Загальне ЕС може зрости в діапазоні від 5–25% коли застосована найгірша конфігурація КС у порівнянні з оптимальним КС.

Щодо позиціонування вікон в огорожувальних конструкціях, автори (Gonzalo і Rainer, 2014) стверджують, що це пов'язано с кількістю тіні, що створює віконний проріз. Якщо встановлювати вікна глибоко в проріз, то це приведе до серйозного скорочення сонячних тепло-надходжень, що може бути затребуваним в літній період. Зворотне трапляється якщо вікна встановлюються близько до зовнішньої площини фасаду. В такому випадку проблему надмірних сонячних тепло-надходжень можна вирішувати за допомогою ЗС.

Захист від перегріву (влітку) і вплив на ЕЕ. У дослідженні, що присвячено впливу ЗС на ЕЕ (Palmero-Marrero та ін., 2010) проаналізоване застосування ЗС у вигляді зовнішніх жалюзі (люверси) на різних фасадах будівлі в різних кліматичних умовах: Мехіко, Мексика; Каїр, Єгипет; Лісабон, Португалія; Мадрид, Іспанія; Лондон, Велика Британія. Енергопотребы будівель в опалювальний і охолоджувальний сезони були підраховані для різних КС і різних площ ЗС, різних кліматичних умов, двох типів ЗС (горизонтального і вертикального). Результат показав, що інтеграція в будівлі ЗС веде до комфортної температури внутрішнього простору і може призвести до значного ЕЗ, порівняно до будівель без ЗС.

У науковій статті (Manzan, 2014) здійснено дослідження ОП з південною орієнтацією вікон для визначення оптимального стаціонарного ЗС. Два різних місця розташування було проаналізовано (Трієсте і Рим, Італія), а також дві

системи скління (стандартне подвійне скління, і скління, спроектоване для запобігання високих сонячних тепло-надходжень). ЗС затінив вікно від прямих сонячних променів, тим самим скоротив навантаження на охолодження будівлі в літній період. Але також вплинувши на рівень природного освітлення і на опалювальне навантаження в зимний період, скорочуючи тим самим сонячні теплонадходження. Таким чином, було досліджено вплив на загальне ЕС будівлі, для кожної конфігурації були отримані різні рішення із скороченням первісного ЕС до 19% у Трієсте і 30% у Римі. Результати демонструють, що електроенергія, що споживається для освітлення ОП має завжди бути врахована для того щоб спроектувати ЕЕ ЗС.

Праця (Kirimtat та ін., 2016) аналізує різне ПЗ для комп'ютерного моделювання ЗС. Було проведено чисельні дослідження різноманітного ЗС для різних типів будівель, з розглядом різних кліматичних зон та застосуванням різних типів скління. Наприклад, стаціонарний ЗС: навіси; горизонтальні жалюзі (люверси); вертикальні жалюзі (люверси); перехресні ребра. А також рухомий ЗС: горизонтальні венеціанські жалюзі; вертикальні жалюзі; рулонні штори; листяні дерева. Дослідження свідчить, що використання ПЗ для вирішення складного взаємозв'язку між кліматом, заповнюваністю приміщення людьми, механічними і електричними системами, ЕЕ і характеристиками проекту є ефективним методом для управління цими проблемами. Виявлено, що ПЗ EnergyPlus було використано найбільш часто в порівнянні з іншими 16 ПЗ по енергомоделюванню. Також стверджується, що інтеграція ЗС в будівлі і використання рухомого типу ЗС має стати пріоритетним для подальшого проєктування.

Природне освітлення і вплив ЕЕ. Дослідження показує (Lechner, 2009), що великі будівлі (палаці) до 20-го століття мали Е, Н, О-образну форму плану, що забезпечувало їх природним освітленням і природною вентиляцією. Вони зазвичай мали ширину корпусу не більше 18 м, отже ні одна точка не була далі ніж 9 м від вікон (рис. 24 д), разом з високими стелями і високими вікнами це дозволяло денному світлу досягати 9м в глибину від зовнішніх стін. Згідно ж

цього самого дослідника, приблизно половина усій електроенергії, що використовується для освітлення в будівлях, і особливо в ОБ, може бути зекономлена за допомогою використання природного освітлення (рис. 25 в). Крім того, використовуючи природне освітлення можна скоротити ЕС на опалення і охолодження будівлі за рахунок пасивного опалювання будівлі в зимовий період і скорочення тепло-надходжень від електроосвітлення в літній час.

Незважаючи на той факт, що більшість сучасних досліджень намагаються мінімізувати втрати тепла в будівлях, використовуючи компактні форми будівель, інші дослідники (Catalina та ін., 2011) вказують, що цей підхід може вести до планувальних рішень з більшою шириною корпусу ОБ. В цій ситуації частина робочих столів співробітників буде знаходитися далеко від периметра природного освітлення. Тому дуже компактні ОБ не бажані з точки зору природного освітлення із-за високого ЕС для електроосвітлення.

Пасивне охолодження (влітку) і вплив на ЕЕ. Різні методи чи їх комбінації, що пов'язані з рушійними силами, такими як: тиск вітру и стековий тиск (stack effect) використовуються для забезпечення природної вентиляції в будівлях (Liddament, 1996). Так, наприклад: перехресна вентиляція; одностороння вентиляція; пасивна стекова вентиляція; вітрові башти; вентиляція через атриум; нічна вентиляція. В зазначеному дослідженні визначається, що одностороння вентиляція є менш ефективною і надійною, перехресна вентиляція залежить від висоти простору (Рис. 25 е), стекова, а також вентиляція, яка організована через атриум потребує дуже ретельного проєктування, а вітрові башти підходять в основному тільки для спекотного клімату.

Природна вентиляція має певні переваги: низький ступінь впливу на навколишнє середовище; можливість досягати високого ЕЗ; застосування для багатьох типів будівель, які розташовуються в м'якому і помірному кліматі; економічність застосування (капітальні, експлуатаційні, витрати на обслуговування) в порівнянні з механічними системами.

Однак, вона має недоліки: не підходить для застосування у шумних, вітряних и забруднених місцях; не може бути застосована для регіонів с суворим кліматом (відповідна тільки для міжсезоння); може бути небезпечною (висотні будівлі); подача і розподіл повітря для будівель з широким корпусом і багатоквартирних будинків може бути ускладнена.

Типовими особливостями будівель з природною вентиляцією є: корпуса завширшки (приблизно 15 м); заввишки від підлоги до стелі приблизно не менш ніж 3 м (для якісного природного освітлення); якісний контроль сонячного випромінювання (орієнтація, КС, ЗС, світові полиці); внутрішні тепло-надходження, що контролюються (ЕЕ обладнання і освітлювальні прилади); висока теплоємкість внутрішніх конструкцій; ретельно спроектовані вікна з вентиляційними отворами, що регулюються (CIBSE, 1998).

Дослідження з ЕС ОБ в США показує переваги природної вентиляції, які підтверджені комп'ютерним моделюванням за допомогою ПЗ Energy Plus (Ben-David і Waring, 2016). Наприклад, природна вентиляція скорочує ЕС завдяки більш широкій групі заданих температур для сценаріїв з природною вентиляцією, а також частково знижує потреби енергії електровентилятора. Було виявлено, що ЕС на охолодження було в усіх вентиляційних стратегіях нижче у порівнянні з мінімальною стратегією, що працює на механічній вентиляції; крім того, ЕС на опалення було також часто скорочено за допомогою стратегій з використання природної вентиляції.

Згідно з дослідженням (Aram і Alibaba, 2019), було проаналізовано тепловий комфорт та ЕЕ атріуму в умовах середземноморського клімату, воно виявило, що північно-східна орієнтація атріуму в моделі ОБ забезпечила достатню ЕЕ та належний тепловий комфорт для користувачів протягом року порівняно з іншими моделями динамічного моделювання. Південно-східна орієнтація атріуму в моделях ОБ забезпечила більш сприятливу температуру в ОП порівняно з іншими моделями, попри те, що відносна вологість повітря в ОП у холодну пору року становила приблизно 51%. У літній період моделі з південно-східною орієнтацією атріуму продемонстрували вищі рівні

теплого комфорту за показниками температури, ніж моделі з іншою орієнтацією.

У науковій статті (Koç i Kalfa, 2019), було досліджено вплив атриумів на ЕЕ ОБ відповідно до кліматичних зон Туреччини. Модель ОБ з центральним внутрішнім двором продемонструвала найвищі показники за сукупним ЕС у помірно-вологодому та жаркому вологодому кліматі. Що стосується холодного клімату, то найкращі результати показав варіант з напівзакритим атриумом, що мав південну орієнтацію.

Згідно з дослідженням (Goncalves i Umakosshi, 2010), континентальний клімат характеризується різницею між спекотним літом і холодною зимою та м'якими проміжними умовами на протязі інших місяців року. Це потребує більшої організації адаптивності фасадів будівель до кліматичних умов протягом року. Рекомендації з проектування ОБ в цьому кліматі включають забезпечення теплоізоляції взимку, і затінення та вентиляцію влітку. По суті, КС і відношення між затіненням та сонячними тепло-надходження на протязі року є головними аспектами в проектуванні фасадів для клімату цього типу.

Виходячи з цього, застосування скляних фасадів має важливе значення тому, що вони генерують парниковий ефект, забезпечують природне освітлення ОП, а також сприяють візуальному зв'язку співробітників офісів з навколишнім середовищем.

На основі проведеного огляду наукових джерел з'ясовано, що досягнення ЕЕ ОБ досягається завдяки двом методам:

- а) збереження (консервація) енергії;
- б) виробництво енергії.

Однак, для досягнення високої ЕЕ ОБ у Північній півкулі важливими чинниками є: використання певних пасивних (архітектурних) стратегій проектування в комбінації з використанням активних (інженерних) стратегій.

Можливо скорочення енергопотреб будівлі в певною мірою за допомогою використання індивідуальних пасивних (архітектурних) стратегій. Однак, досягнення високого рівня ЕЕ потребує використання оптимальної комбінації

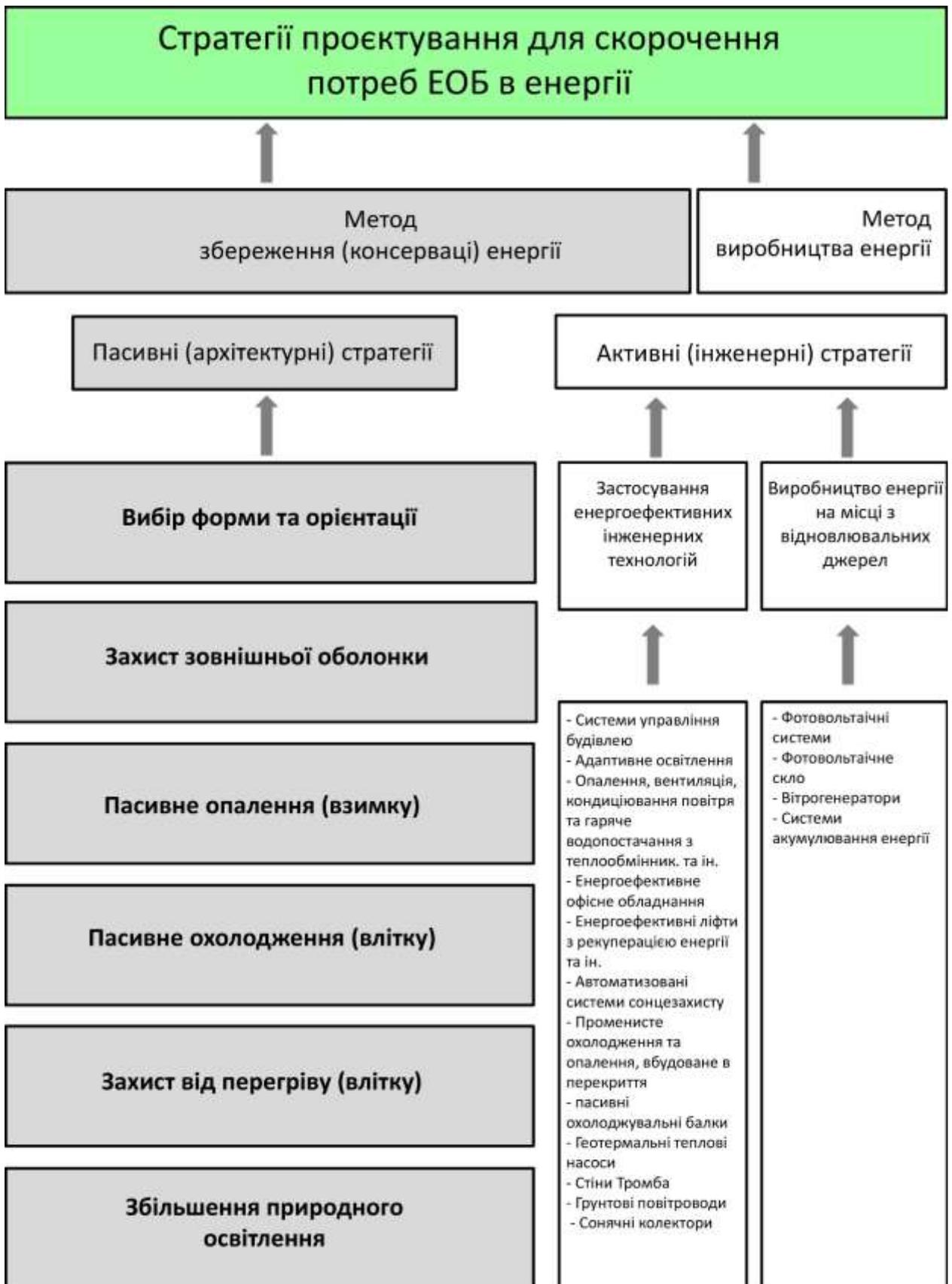


Рис 26. Стратегії проектування для скорочення енергопотреб ОБ згідно наукової літератури. Джерело: автор, 2025

певних пасивних стратегій одночасно. Також, паралельно з використанням пасивних стратегій, мають бути застосовані й активні (інженерні) стратегії проєктування, що призводить до найкращих результатів.

Підсумовано, що до стратегій пасивного проєктування ЕОБ в кліматичних умовах України для скорочення їхніх енергопотреб, відносяться (рис. 26):

- вибір форми та орієнтації;
- захист зовнішньої оболонки;
- пасивне опалення (взимку);
- пасивне охолодження (влітку);
- захист від перегріву (влітку);
- збільшення природного освітлення.

До активних стратегій проєктування ЕОБ в кліматичних умовах України для скорочення енергопотреб та виробництва енергії, відносяться (рис. 26):

- використання ЕЕ інженерних технологій (системи управління будівлею, адаптивне освітлення, опалення / вентиляція / кондиціонування повітря / гаряче водопостачання з теплообмінниками, ліфти з рекуперацією енергії, ЕЕ офісне обладнання, автоматизовані системи ЗС, променисте охолодження та опалення, вбудоване в перекриття, пасивні охолоджувальні балки та ін.) геотермальні теплові насоси, сонячні колектори, стіни Тромба;
- виробництво енергії на місці з відновлювальних джерел (фотовольтаїчні системи, фотовольтаїчне скло, вітрогенератори, системи акумулювання енергії).

Виявлено, що подібні дослідження для ОБ в кліматичних умовах України ще не були проведені, і тому існує пробіл в знаннях в цій сфері.

1.4. Методика проведення дослідження.

Методика дослідження ґрунтується на *методі комплексного функціонально-структурного аналізу*, до якого входять: натурні обстеження, статистичний аналіз, комплексний аналіз факторів впливу, графоаналітичний аналіз вихідних даних, структурне функціонально-просторове моделювання, енергомоделювання та моделювання природного освітлення, пошукове

проектування, та експертне оцінювання.

Застосування основних методів дослідження:

- методом натурних обстежень, фотофіксації, статистичного аналізу, електронних, літературних джерел та проектної документації, а також за допомогою експертного оцінювання систематизовано дані про, напрямки формування та історичні етапи формування ЕОБ;

- за допомогою методу комплексного аналізу та графоаналітичних методів дослідження були опрацьовані та систематизовані зарубіжні та вітчизняні проекти ЕОБ, виявлена їх функціональна структура, об'ємно-планувальні рішення, конструктивні схеми, інженерно-технічні та архітектурно-художні вирішення;

- за допомогою методу функціонального моделювання, визначена функціональна організація та склад основних приміщень ЕОБ;

- на базі методів графічного моделювання, графоаналітичних методів та експериментального проектування встановлено основні типи планувальних рішень, а також їх композиційні, об'ємно-просторової та естетично-образні вирішення ЕОБ;

- за допомогою комп'ютерного моделювання розроблено параметричний метод багатоцільової фасадної оптимізації з точки зору ЕЕ та денного освітлення ОБ, надані пропозиції щодо підвищення ЕЕ та природного освітлення ОБ, за допомогою методів структурного моделювання та експертної оцінки, визначено основні принципи та прийоми проектування ЕОБ, надана послідовність проектування ОБ за критеріями ЕЕ (рис.27).

Послідовність усіх етапів наукового пошуку відображена у трьох розділах, у яких головними стали загальнонаукові методи емпіричного і теоретичного дослідження, а також спеціальні методи. Розділи відображають класичну схему наукової роботи (Білуха, 1997) – від аналізу міжнародної та вітчизняної наукової літератури, через історичний практичний досвід проектування, будівництва та експлуатації ЕОБ, до виявлення факторів, що впливають на їхнє проектування, визначення їхньої класифікації за ознаками, виявлення впливу

Об'єкт дослідження		Предмет дослідження	
Енергоефективні офісні будівлі		Принципи проектування енергоефективних офісних будівель	
Методи дослідження			
Етапи дослідження			
1й етап	2й етап	3й етап	
<ul style="list-style-type: none"> • Аналіз стану дослідженості питання • Аналіз наукових джерел • Метод історичного аналізу 	<ul style="list-style-type: none"> • Метод статистичного аналізу • Графоаналітичний метод • Метод типологічного аналізу • Метод структурного аналізу • Метод синтезу 	<ul style="list-style-type: none"> • Дедукція • Структурний аналіз • Комп'ютерне моделювання 	
<ul style="list-style-type: none"> • Метод натурних обстежень • Порівняльний аналіз 			
<ul style="list-style-type: none"> • Систематизація • Абстрагування • Узагальнення 	<ul style="list-style-type: none"> • Метод комплексного функціонально-структурного аналізу 		

*Рис 27. Методологія дослідження.
Джерело: автор, 2025.*

ЕЕ на об'ємно-планувальну організацію та образ ЕОБ, до визначення особливостей застосування природного освітлення, ЗС, природної вентиляції в ЕОБ. Результатом став параметричний метод аналізу ЕЕ та денного освітлення ЕОБ, пропозиції щодо підвищення ЕЕ та природного освітлення ЕОБ, визначення принципів та прийомів проектування ЕОБ, надання рекомендацій з проектування ЕОБ в кліматичних умовах України, та їхнє

впровадження у архітектурну практику.

Методологія *якісного (Qualitative)* дослідження використовується для аналізу наукової літератури. Здійснюється пошук у міжнародних та вітчизняних наукових періодичних виданнях, спеціалізованих виданнях, нормативних документах та онлайн ресурсах, щоби проаналізувати існуючу базу знань за темою дисертації.

Натурний візуальний аналіз прикладів ЕОБ проводиться автором у різних країнах світу. Результатом цих досліджень є синтез усіх знахідок та ідентифікація основних тенденцій проєктування ЕОБ.

Методологія *кількісного (Quantitative)* дослідження використовується для комп'ютерного моделювання з використанням систем автоматизованого проєктування (САПР) – Rhino, мови візуального програмування – Grasshopper, плагінів – Ladybug Tools та Honeybee, багатоцільової оптимізації – плагін Octopus, та ін.

При розробці методології даного дисертаційного дослідження були враховані напрацювання закордонних та вітчизняних авторів. Їхні розробки стали основою для розв'язання поставлених задач із проєктування ЕОБ.

Використання кожного методу обумовлене поетапним розглядом конкретних аспектів дослідження, які відповідають поставленій меті та завданням кожного розділу. Таким чином, дане дослідження виконане за допомогою упорядкованій системі методів як загальнонаукових, так і спеціальних (рис. 28).

На першому етапі дослідження завдяки емпіричним та теоретичним методам дослідження було проведено збір матеріалів:

- аналіз літературних джерел як вітчизняних, так і зарубіжних авторів, де узагальнено результати їх наукових пошуків, щодо проєктування ЕОБ;
- аналіз нормативно-законодавчої бази з проєктування ЕОБ;
- узагальнення архітектурної практики проєктування, будівництва та експлуатації ЕОБ;

Види дослідження	Методи дослідження	Результати дослідження
1й етап		
<ul style="list-style-type: none"> Збір матеріалів дослідження Пошук, відвідування, фотофіксація, опис ОБ Порівняння закордонних і вітчизняних ОБ 	<ul style="list-style-type: none"> Аналіз стану дослідженості питання 	<ul style="list-style-type: none"> Визначено актуальність обраної теми, мету і задачі, межі, об'єкт та предмет дослідження
	<ul style="list-style-type: none"> Аналіз наукових джерел Порівняльний аналіз, натурні обстеження, спостереження 	<ul style="list-style-type: none"> Узагальнено результати попередніх вітчизняних та зарубіжних наук. досліджень Проаналізована нормативна база об'єкта дослідження, введено термін ЕОБ Встановлені основні напрямки формування ЕОБ
	<ul style="list-style-type: none"> Метод історичного аналізу Метод натурних обстежень 	<ul style="list-style-type: none"> Проведено аналіз практики вітчизняного і зарубіжного досвіду проектування, будівництва та експлуатації ОБ
	<ul style="list-style-type: none"> Теоретичні методи 	<ul style="list-style-type: none"> Обрання методики дослідження
2й етап		
<ul style="list-style-type: none"> Аналіз умов, дослідження факторів Систематизація рішень з пасивного та активного дизайну ЕОБ Виявлення особливостей проектування ЕОБ 	<ul style="list-style-type: none"> Порівняльний аналіз, абстрагування, узагальнення, дедукція Метод типологічного, статистичного, графоаналітичного та структурного аналізу метод синтезу 	<ul style="list-style-type: none"> Виявлені основні фактори, які впливають на споживання енергії у ОБ Запропоновано склад основних приміщень ЕОБ Розроблено класифікацію ЕОБ за ознаками Виявлені особливості проектування ЕОБ в залежності від виду будівництва Проаналізовано вплив енергоефективності на образність ОБ
3й етап		
<ul style="list-style-type: none"> Параметричний метод визначення ЕЕ та денного освітлення ЕОБ Пропозиції щодо підвищення ЕЕ та природного освітлення та природної вентиляції в ЕОБ Розробка рекомендацій з проектування ЕОБ в кліматичних умовах України Визначення принципів та прийомів проектування ЕОБ 	<ul style="list-style-type: none"> Систематизація, абстрагування, узагальнення Дедукція Структурний аналіз Комп'ютерне моделювання Метод комплексного функціонально-структурного аналізу 	<ul style="list-style-type: none"> Запропоновано метод фасадної оптимізації з метою досягнення оптимальних значень КПО, ІВД та мінімального ЕС за допомогою параметричного моделювання та багатоцільової оптимізацією в кліматичних умовах України Експериментально перевірені і порівняні оптимальних фасадні рішення ЕОБ на прикладі клімату Києва та Одеси Визначені принципи проектування ЕОБ Визначені прийоми проектування ЕОБ Надані рекомендації з проектування ЕОБ в залежності від кліматичних зон України Надана послідовність проектування ЕОБ

*Рис 28. Методи дослідження принципів проектування ЕОБ.
Джерело: автор, 2025.*

- проведена фотофіксація, опис та аналіз ЕОБ в містах України та за кордоном методом натурних обстежень;

- створена відповідна теоретична модель дослідження на основі зібраної інформації та її систематизації.

На другому етапі дослідження були задіяні методи емпіричного та теоретичного аналізу та спеціальні методи:

- метод абстрагування і системного аналізу дав змогу виявленню фактори, що впливають на проектування ЕОБ;

- метод аналізу та синтезу сприяв визначенню класифікація ЕОБ за ознаками;

- методи типологічного аналізу дав змогу виявити типологічні особливостей ЕОБ;

- методом дедукції, було визначено вплив ЕЕ на об'ємно-планувальну організацію та образ ЕОБ;

- систематизація отриманих даних дозволила виявити особливості застосування природного освітлення, ЗС, природної вентиляції в ЕОБ;

- метод порівняльного аналізу дав можливість знайти відмінності у проектуванні ЕОБ у різних кліматичних умовах;

- метод структурного аналізу, сприяв виявленню особливості проектуванні ЕОБ у кліматичних умовах України;

- метод синтезу, задіяний при узагальненні набутої інформації, був використаний для подальшої перевірки гіпотез та пропозицій автора.

На третьому етапі дослідження поряд із перерахованими вище методами, були задіяні спеціальні методи:

- метод моделювання за допомогою САПР – Rhino, параметричного моделювання засобами мови візуального програмування – Grasshopper, плагінів – Ladybug Tools, Honeybee та багатоцільовою оптимізацією дав можливість перевірити експериментально відомості, що були отримані із літературних джерел. Виявлено найбільш ефективні стратегії пасивного дизайну проектування ОБ для скорочення їхніх енергопотреб в та визначено, в

якому ступені ці стратегії роблять внесок в скорочення енергопотреб ОБ.

- метод дедукції дав можливість на основі виявлених особливостей, визначити науково обґрунтовані принципи та прийоми архітектурного формування ЕОБ;

- метод структурного аналізу було використано для розробки рекомендацій з проектування ЕОБ в кліматичних умовах України за критеріями ЕЕ.

Метод комплексного функціонально-структурного аналізу став всеохоплюючим методом даної наукової роботи на усіх рівнях та дав змогу досліджувати ЕОБ, як об'єкт у системі множини елементів в сукупності їх відношень та зав'язків між ними.

Висновки розділу 1:

1. На основі проведеного огляду наукових джерел встановлено основні напрямки формування ЕОБ: архітектура сталого розвитку, проектування в рамках міжнародної добровільної екологічної сертифікації, проектування в рамках міської та національної екологічної сертифікації, проектування замкненого циклу (Circular design), здорові офісні будівлі (стандарт WELL), біофільний дизайн (Biophilic design), інтегроване проектування (Integrated design), різноформатне планування ОП.

2. В результаті проведеного аналізу практики міжнародного та вітчизняного досвіду проектування, будівництва та експлуатації ОБ, визначено шість етапів розвитку ОБ: Чиказька школа (з початку будівництва висотних будівель 1885 р., до Закону зонінгу Нью-Йорку, 1916 р.); Стиль Ар-Деко (з Закону зонінгу Нью-Йорку 1916 р., до закінчення Великої Депресії, 1939 р.); Інтернаціональний стиль, «сонячна архітектура» (з появи стійко-рігельного скляного фасаду 1951 р., до енергетичних криз 1973, 1979 рр.); Постмодернізм (з енергетичних криз 1973, 1979 рр., до 2000-х рр.); Плюралізм: Хай-Тек, деконструктивізм, неомодернізм, біоніка, зелена архітектура, (з підвищення екологічної свідомості, Кіотський протокол (1997), з 1997 р. до 2012 р.); Сталий розвиток (з імплементації кліматичних угод, Дохійська поправка (2012), Паризька угода (2015), 2012 р - 2030 р.). Надані архітектурно-технічні характеристики цих етапів. Проаналізовано і критично оцінено більше 50 ОБ.

3. Виявлені напрямки попередніх досліджень: розгляд теоретичних основ сталої архітектури (включно з питанням її ЕЕ; розгляд пасивних (архітектурних) стратегій проектування для скорочення енергопотреб ОБ; розгляд активних (інженерних) стратегій проектування для скорочення енергопотреб ОБ; розгляд методів оптимізації архітектурних рішень для досягнення ЕЕ; розгляд питань природнього та електроосвітлення ОБ у комплексі з ЕЕ; розгляд методів видобутку енергії із відновлювальних джерел інтегрованих до ОБ; огляд вдалих міжнародних та вітчизняних прикладів ЕЕ та сталих та ЕОБ.

4. Визначено, що скорочення енергопотреб ОБ можливо за допомогою використання індивідуальних пасивних (архітектурних) стратегій проєктування. Однак, використання оптимальної комбінації пасивних стратегій одночасно веде до подальшого скорочення енергопотреб ОБ.

5. З'ясовано, що паралельно з використанням пасивних стратегій, мають бути застосовані й активні (інженерні) стратегії проєктування, для максимального скорочення енергопотреб ОБ.

6. Виявлено, що до стратегій пасивного проєктування ЕОБ в кліматичних умовах України для скорочення енергопотреб, відносяться: вибір форми та орієнтації; захист зовнішньої оболонки; пасивне опалення (взимку); пасивне охолодження (влітку); захист від перегріву (влітку); збільшення природного освітлення.

7. Виявлено, що до активних стратегій проєктування ЕОБ в кліматичних умовах України для скорочення їхніх енергопотреб та виробництва енергії, відносяться: використання ЕЕ інженерних технологій (системи управління будівлею, адаптивне освітлення, опалення / вентиляція / кондиціонування повітря / гаряче водопостачання з теплообмінниками, ліфти з рекуперацією енергії, ЕЕ офісне обладнання, автоматизовані системи ЗС, променисте охолодження та опалення, вбудоване в перекриття, пасивні охолоджувальні балки та ін.); виробництво енергії на місці з відновлювальних джерел (фотовольтаїчні системи, фотовольтаїчне скло, сонячні колектори, вітрогенератори, геотермальні теплові насоси, стіни Тромба, системи акумулювання енергії).

8. Розроблено методику дослідження, що відповідає меті і завданням, передбачає виконання дослідження у три етапи, відображає хід дослідження та послідовність наукового пошуку. Емпіричні, теоретичні, спеціальні методи та метод комплексного функціонально-структурного аналізу дозволили поетапно розглянути конкретні аспекти дослідження.

РОЗДІЛ 2

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ОФІСНИХ БУДІВЕЛЬ

2.1. Фактори, які впливають на формування ЕОБ.

На основі проведених досліджень виявлені фактори, які впливають на споживання енергії у ЕОБ. Ці фактори можна підрозділити на (рис.29):

- соціально-економічні;
- містобудівні;
- природно-кліматичні;
- екологічні;
- архітектурно-типологічні;
- конструктивно-технічні;
- естетичні.

Соціально-економічні фактори, пов'язані з власністю ОБ та їх співробітниками. Вони визначаються за такими складовими:

- *законодавчі та нормативні документи* в галузі ЕС будівель постійно оновлюються та вдосконалюються, вимоги до енергозбереження постійно підвищуються, що стимулює зменшення ЕС будівлями;

- *підготовленість співробітників* будівель залежить від їхньої освіченості та поінформованості в сфері економії ЕС, тому поведінка більш обізнаних та поінформованих співробітників, які усвідомлено використовують більш ЕЕ офісне обладнання, чи регулюють час роботи цього обладнання може призводити до зменшення ЕС будівлями;

- *соціокультурні особливості* залежать від цінностей суспільства та його ставлення і усвідомлення екологічних проблем та питань енергозбереження на загальнодержавному та світовому рівнях. Більш розвинені суспільства мають тенденції до більш ощадного використання енергоресурсів;

- *розвиток науки у сфері ЕЕ* має прямий вплив на ЕЕ будівель, тому дослідження цього питання на базі ВУЗів, наукових установ, комерційних

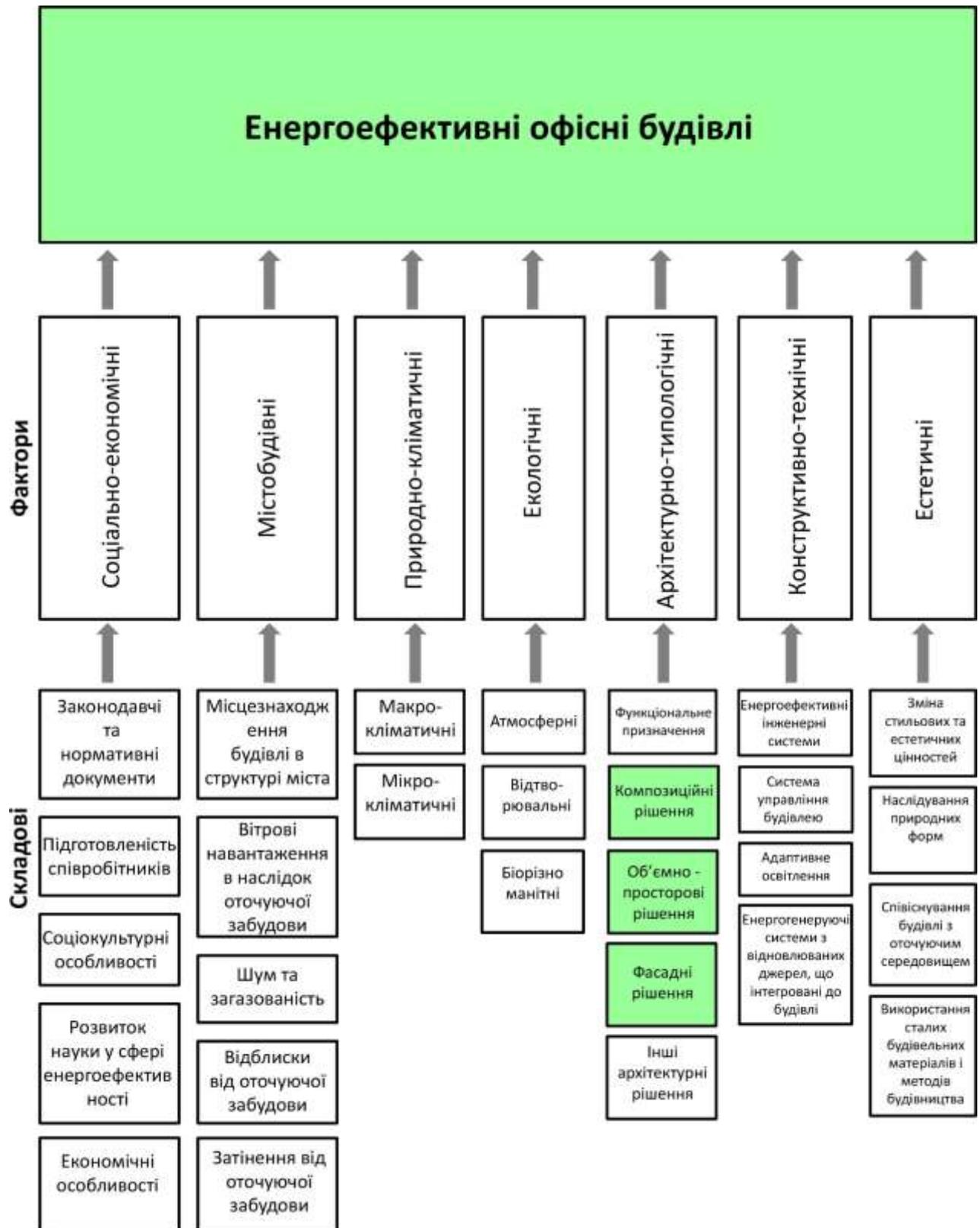


Рис 29. Фактори, які впливають на формування ЕОБ.

Джерело: автор, 2025

підприємств та ін. сприяє зменшенню ЕС будівель;

- *економічні особливості*, такі як вартість енергоресурсів (теплопостачання, електроенергія, газопостачання та ін.) впливають на ЕС будівель, а високі ціни мотивують користувачів (власників будівель, орендарів та співробітників) до економії енергоресурсів.

З іншого боку, вартість сучасних ЕЕ архітектурних та інженерних рішень є високою, а період окупності – довгим. Тому вартість цих рішень значно впливає на кінцеву вартість будівництва квадратного метра ОБ, що в свою чергу може стримувати замовників та девелоперів від їхнього впровадження.

До *містобудівних факторів* можна віднести позитивні або негативні впливи на екологічність та ЕЕ ОБ:

- *місцезнаходження ОБ в структурі міста* створює деякі обмеження для проєктувальників, що часто призводить до нехтування принципами екологічного дизайну. Наприклад, ділянки на березі водойм диктують максимізацію кількості внутрішніх просторів з видом на цю водойму, що може негативно вплинути на ЕС. Аналогічно, у центральних районах міст, де існують високі ціни на земельні ділянки будівлі мають велику щільність і широкі корпуси, що зменшує можливість використання природної вентиляції та природного освітлення, що збільшує ЕС.

- *вітрові навантаження внаслідок оточуючої забудови* можуть призводити до дискомфорту при знаходженні на прибудинковій території, а також негативно впливати на можливість природної вентиляції будівель;

- *шум та загазованість* щільного автомобільного потоку в місті можуть перешкоджати природній вентиляції будівель і таким чином негативно впливати на ЕЕ;

- *відблиски від оточуючої забудови* можуть створювати дискомфорт для працівників ОП, що призводить до більш активного використання внутрішніх сонцезахисних пристроїв (штор та жалюзі), що в свою чергу зменшує рівень природної освітленості і збільшує використання штучного освітлення, що призводить до збільшення ЕС;

- *затінення ОБ від оточуючої забудови* зменшує рівень природної освітленості робочих місць, що призводить до збільшення ЕС штучного освітлення ОП. Так, будівлі, які перевищують загальні рівні оточуючої забудови, отримують більше прямого сонячного опромінювання, ніж ті, що нижче, оскільки оточуюча забудова протягом дня створює затінення (Оке, 1974). Наразі у місцях з більшою концентрацією багатоповерхових будівель затінення збільшується, а вплив сонячної радіації зменшується;

Природно-кліматичні фактори поділяються на макрокліматичні та мікрокліматичні:

- *макрокліматичні*, це загальні кліматичні показники притаманні великій території, такі як: температура зовнішнього повітря, інтенсивність сонячної радіації, кількість сонячних днів на рік, напрямок та сила вітру та ін. Ефективне використання особливостей клімату в архітектурному проектуванні має потенціал до зниження ЕС будівель, генерації електроенергії з відновлювальних джерел безпосередньо на ділянці чи на будівлі та створення комфортних умов на робочих місцях. Так, наприклад, скління південних фасадів можна використовувати як сонячний колектор, що працює за принципом парникового ефекту в зимовий період, а на самому південному фасаді можливе ефективне встановлення фотовольтаїчних систем для генерації електроенергії на місці. Крім того, наявність ОП в ЕОБ з вікнами, що орієнтовані на північ у північній півкулі, може призводити до зменшення ЕС, за рахунок зменшення витрат енергії на штучне освітлення. Це є можливим тому що в ОП зі склінням з північного боку природне освітлення є більш рівномірним і розсіяним, а також ризики появи відблисків (glare) є мінімальним, що означає що у використанні штор чи внутрішніх жалюзі не має потреби (Clair, 2011);

- *мікрокліматичні*, будівлі піддаються різним мікрокліматичним умовам, до яких можна віднести: зелені насадження навколо будівель, водойми у безпосередній близькості до будівель, наявність підземних вод, перепади рельєфу на ділянках проектування та в безпосередній близькості. Вдале

використання особливостей мікроклімату та відновлювальних природних ресурсів ділянки при проектуванні ОБ може призводити до зниження ЕС.

Екологічні фактори поділяються на атмосферні, відновлювальні, біорізноманітні:

- *Атмосферні* використовуються для зменшення викидів CO₂ в атмосферу, пов'язано з новітніми вимогами Паризької кліматичної угоди Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (UNFCCC) від 2015 р., щодо кліматичних цілей і зменшення викидів CO₂ в атмосферу. Передбачається, що зобов'язання зі скорочення шкідливих викидів в атмосферу беруть на себе всі держави, незалежно від ступеня їхнього економічного розвитку. Викиди CO₂ в атмосферу в тому числі спричиняється будівельною галуззю та ОБ зокрема, тому питання їх проектування з дотриманням умов зменшення викидів CO₂ під час будівництва, експлуатації та демонтажу стають актуальними і впливають на покращення ЕЕ будівель;

- *відтворювальні* сприяють підвищенню якості повітря у містах, для запобігання несприятливого впливу забруднення повітряного середовища на здоров'я людей. Цей фактор стимулює перехід на більш екологічне інженерне обладнання будівель та використання обладнання, що генерує енергію з відновлювальних джерел задля зменшує ЕС будівлями;

- *біорізноманітні* впливають на стан довкілля, для запобігання негативного впливу на флору та фауну у містах. Цей фактор має на меті збільшення біорізноманіття у населених пунктах і також залежить від рівня екологічності інженерного обладнання будівель та використання альтернативної енергетики;

Архітектурно-типологічні фактори пов'язані з архітектурними вирішеннями ОБ та її складовими. Вони можуть мати позитивний чи негативний вплив на ЕЕ (Elotefya та ін., 2015). До них належать – функціональне призначення, композиційні рішення, об'ємно-просторові рішення та фасадні рішення.

- *Функціональне призначення* залежить від кількості співробітників та

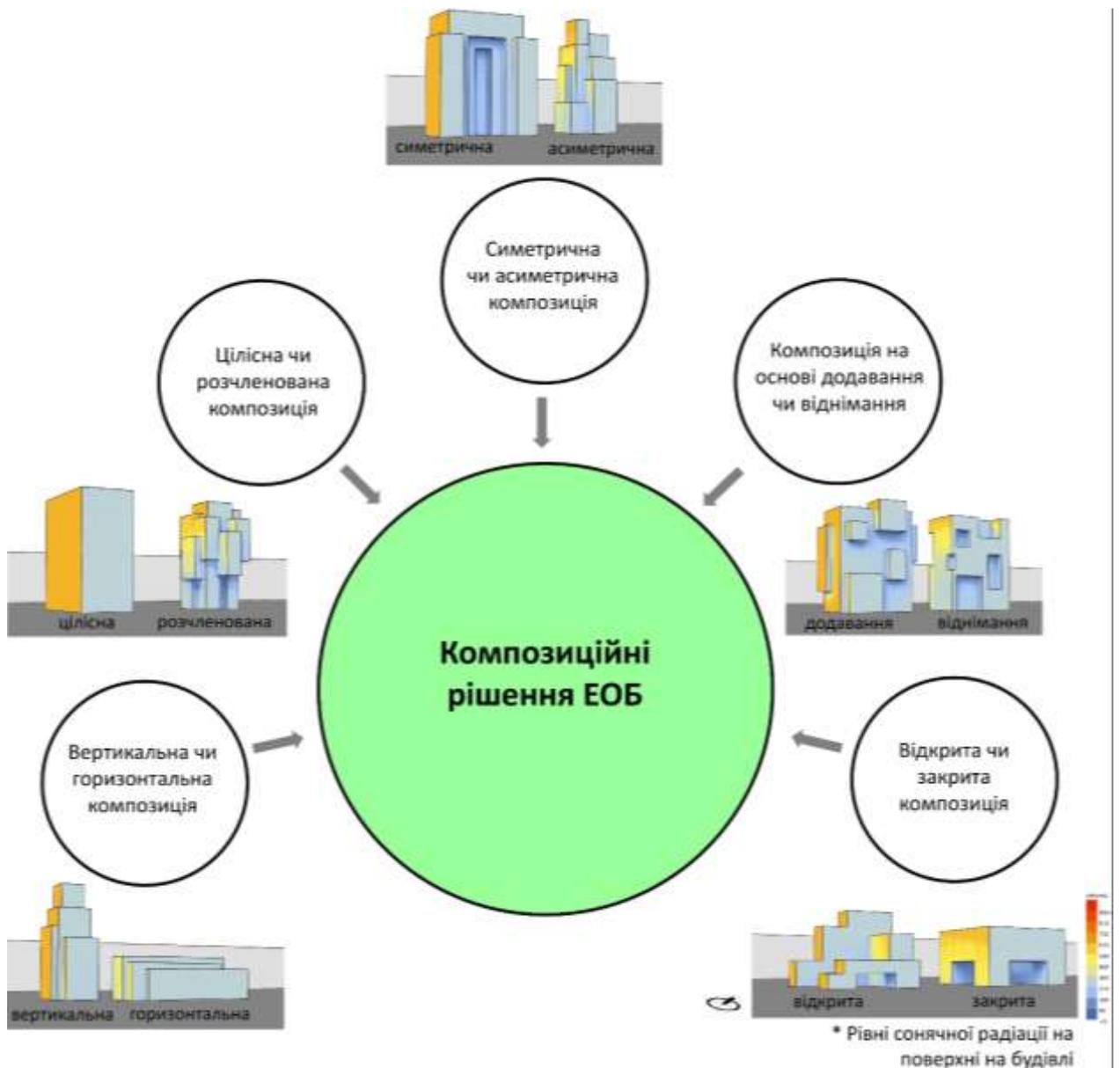


Рис 30. Композиційні рішення ЕОБ, що впливають на ЕЕ.

Джерело: автор, 2025

відвідувачів будівлі, типу їх роботи (більше чи менше фізичне навантаження), а також кількості і типу обладнання, що використовується у ОБ. Таким чином воно безпосередньо впливає на ЕС ОБ. Наприклад, деякі типи офісної роботи (приміщення біржі та ін.) мають велику кількість співробітників на м² площі та відвідувачів, що призводить до більшого ЕС ліфтами та системами охолодження, на додаток до теплових навантажень від обладнання, офісного устаткування та освітлення. З іншого боку, інші типи офісної роботи, можуть

мати менше ЕС.

Розміщення функцій з вищою щільністю на нижчих рівнях (ресторани, кафе, конференц зали, кімнати для переговорів, тощо) зменшує ЕС будівлі, що необхідна для вертикальних транспортних систем (ліфти).

Організація комфортного просторового взаємозв'язку приміщень будівель призводить до зменшення площі, необхідної для вертикальних і горизонтальних транспортних мереж (транзитних просторів), що в свою чергу зменшує енергопотреби, необхідної для освітлення, вентиляції та охолодження цих приміщень.

Визначається наступне функціональне призначення ОБ: офісні (адміністративні) будівлі, науково-дослідні інститути, проектні та конторські організації, інформаційні центри, установи органів управління, правоохоронні організації, установи громадських організацій, установи кредитування, страхування та комерційного призначення, банки та біржі.

- *композиційні рішення* (рис.30) значно впливають на ЕЕ ОБ. До об'ємних архітектурно-композиційні рішення ОБ відносяться:

а) вертикальна чи горизонтальна композиція. Вертикальні композиції зазвичай мають вище ЕС через більшу кількість поверхів, що призводить до більшої кількості ліфтів і більш складних інженерні рішення з ОВіК, також ці композиції характеризуються меншими площами покрівлі, що обмежує можливості встановлення фотовольтаїчних систем для генерації енергії на місці. Горизонтальні композиції навпаки, мають нижче ЕС через меншу кількість ліфтів і менш складні інженерні рішення з ОВіК, ці композиції характеризуються великими площами покрівлі, що надає можливості встановлення фотовольтаїчних систем для генерації енергії на місці;

б) цілісна чи розчленована композиція. Цілісні композиції мають більшу компактність і тому можуть мати нижче ЕС особливо в більш холодному кліматі з низьким рівнем сонячної радіації. Розчленовані композиції мають нижчий рівень коефіцієнту компактності і тому можуть мати вище ЕС в холодному кліматі з низьким рівнем сонячної радіації, але у більш теплом кліматі з

вищим рівнем сонячної радіації за рахунок розчленованої композиції може досягатися затінення частин будівлі що також може призводити до зменшення ЕС (на охолодження);

в) симетрична чи асиметрична композиція. Симетричні композиції зазвичай менше відповідають кліматичним умов ділянки і тому такі рішення можуть призводити до вищого ЕС, а асиметричні композиції є більш гнучкими і мають вищий потенціал до врахування кліматичних умов ділянки, що може призводити до нижчого ЕС;

г) композиція на основі додавання (additive) чи віднімання (substructive). Обидві композиційні прийоми мають ознаки нижчого коеф. компактності і тому можуть мати вище ЕС в холодному кліматі з низьким рівнем сонячної радіації, але у більш теплом кліматі з вищим рівнем сонячної радіації за рахунок об'ємів, що виступають чи западають може досягатися затінення частин будівлі, що може призводити до зменшення ЕС (на охолодження);

г) відкрита чи закрита композиція та ін. Відкриті композиції є більш інтегрованими в оточуюче середовище і краще реагують на особливості рельєфу і мікроклімату ділянки, тому такі рішення можуть призводити до нижчого ЕС, навпаки, закриті композиції протиставляють будівлю навколишньому середовищу і можуть таким чином можуть ігнорувати особливості мікроклімату ділянки проектування, що може призводити до вищого ЕС.

- *об'ємно-просторові рішення (ОПР)* (рис.31) значно впливають на ЕЕ ОБ.
До ОПР ОБ відносяться:

а) коефіцієнт компактності форми ОБ (КК). Він має високе значення у холодному кліматі. Більш компактні ОПР призводять до меншого ЕС в зимовий період, хоча занадто компактні ОПР (ОБ з глибокими планами) можуть призводити до збільшення ЕС на електроосвітлення. КК може бути: високим, середнім та низьким;

б) поверховість ОБ (висота). Висотні, підвищеної поверховості та

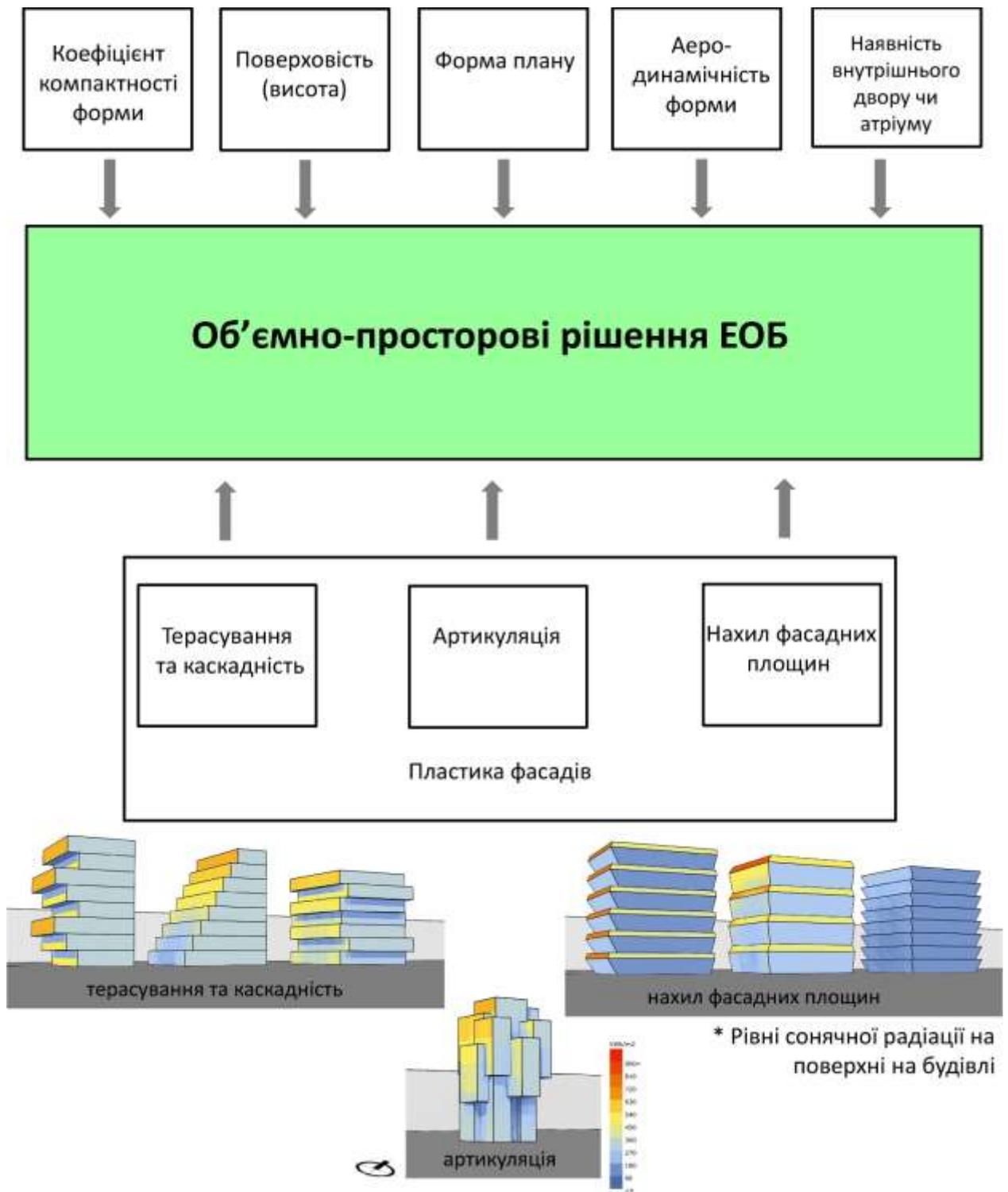


Рис 31. Об'ємно-просторові рішення ЕОБ, що впливають на ЕЕ.
Джерело: автор, 2025

багатоповерхові ОБ мають вище ЕС, а ОБ середньої поверховості та малоповерхові мають нижче ЕС. Це пояснюється тим, що висотні ОБ, як правило, більш ізольовані від міського навколишнього середовища, що призводить до збільшення ЕС для нагрівання та охолодження води та транспортування співробітників на більш високі рівні за допомогою ліфтів (Yeang, 2008), також дослідження (Rovers, 2008) показало збільшення ЕС на одиницю площі ОБ, пов'язане із збільшенням висотності. Крім того, при збільшенні висоти будівель спостерігається зниження температури повітря, так звана швидкість затримки температури, збільшення швидкості вітру, тиску повітря, швидкості інфільтрації повітря на фасадах, та зниження вологості (Clair, 2010). Висотні будівлі мають більш високу швидкість втрати тепла при ясного неба, і цей показник зменшується при хмарності. Також будівлі, що знаходяться вище за позначку оточуючої забудови міста мають більш високу швидкість втрат тепла протягом ночі (Lowry, 1991);

в) аеродинамічність форм ОБ. Менш аеродинамічні форми (особливо в висотних ОБ) є мають вищу повітропроникність, що в свою чергу підвищує ЕС. Використання аеродинамічних форм зменшує турбулентність вітру та хвилі навколо будівель, що призводить до зменшення первинної енергії, витраченої на несучі конструкції ОБ та матеріали її оболонки. Це також створює більш постійний тиск повітря навколо будівлі, що покращує природну вентиляцію, а також може підвищувати ефективність інтегрованих енергогенеруючих систем на основі вітру;

г) форма плану ОБ впливає на ЕС, так існує велика кількість варіацій форми плану ОБ (прямокутник, квадрат, трикутник, багатокутник, П-подібні, Н- подібні, Т- подібні, коло, еліпс, кільце, півкільце, комбіновані та ін.). Форма плану у комбінації з оптимальною орієнтацією засклених фасадів за сторонами світла, оптимальною шириною корпусу ОБ та ін. сприяє зменшенню ЕС;

д) наявність внутрішнього двору чи атріуму може покращувати природне освітлення та вентиляцію, що зменшує теплове та вентиляційне навантаження в ОБ (Kleiven, 2003). Завдяки різним типам атріумів забезпечується природне

освітлення та вентиляція в центрі будівлі, що сприяє ЕЕ. Також за допомогою внутрішніх дворів чи атриуму можливе забезпечення природної вентиляції ОП, що також сприяє ЕЕ (Saxon, 1983);

є) пластика фасадів значно впливає на ЕЕ ОБ, включає в себе такі архітектурні прийоми: терасування та каскадність, розчленованість фасадів, нахил фасадних площин.

- терасування та каскадність – це архітектурні прийом, при якому об'єм будівлі розбивається на уступи або тераси, що розташовані на різних рівнях. Цей підхід часто застосовується на схилах або для створення додаткових відкритих просторів (дахів-садів, терас) для відпочинку. Терасування допомагає інтегрувати будівлю в рельєф і зменшити її візуальний вплив на навколишній ландшафт. Каскадність – передбачає розташування частин будівлі зі зниженням висоти, створюючи візуальний ефект "спадання" або "каскаду". Створення динамічної та виразної форми;

- артикуляція фасадів. Цей вид ОПР також сприяє само-затіненню фасадів ОБ. У більш теплом кліматі з більшою кількістю сонячної радіації контраст між загальною формою ОБ та об'ємною структурою її поверхні допомагає зменшити ЕС. Такий підхід допомагає контролювати напрямки вітру та зменшує вплив сонячної радіації на фасади ОБ, забезпечуючи сонцезахист;

- нахил фасадних площин, також сприяє само-затіненню фасадів ОБ і тому може зменшувати ЕС. Похилі фасади можуть бути використані для захисту від сонця, щоб зменшити тепло-надходження влітку, або для оптимізації пасивного сонячного обігріву взимку.

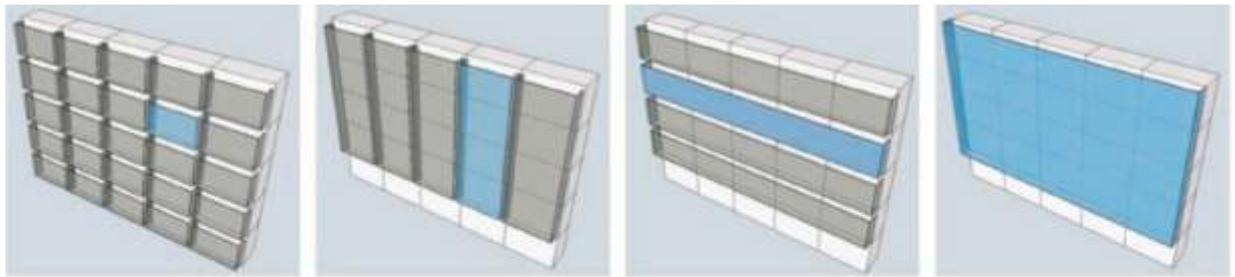
Ці прийоми ОПР (терасування та каскадність, розчленованість фасадів, нахил фасадних площин) створюють самозатінення ОБ, що впливає на сонячне опромінення ОБ. Так, певні форми отримують більше сонячного опромінення, ніж інші, що призводить до більш високих навантажень на системи охолодження ОБ в літній період (Ling, Ahmad і Ossen, 2007), і навпаки зменшують навантаження на опалення в зимовий період;

- *фасадні рішення* це вирішення огорожувальних конструкцій ОБ, що відділяють внутрішнє середовище ОБ від зовнішніх кліматичних умов. Вони впливають на кількість сонячної радіації що потрапляє до будівлі, рівні вологості, внутрішню температуру та ін. Матеріали огорожувальних конструкцій будівлі мають великий вплив на ЕС будівлі тому що мають різні теплові властивості, такі як: теплопровідність, тепло-акумуляційна здатність, відбиваюча здатність (Naase і Amato, 2006) та ін. Огорожувальні конструкції будівель поділяються на прозорі (стіни, колони та ін.) та не прозорі (вікна, вітражі та ін.).

Невід’ємною частиною фасадів ЕОБ є скління, тому його фізичні властивості (світло-пропускання, теплопередача, сонячні тепло-надходження) значно впливають на ЕС у ЕОБ. Коефіцієнт світло-пропускання важливий для високого рівня природного освітлення в ОП, коефіцієнт теплопередачі (U-value) відповідає за теплоізоляцію, а коефіцієнт сонячного теплового надходження (SHGC) за – тепло-надходження за рахунок сонячного опромінювання. Тришаровий склопакет стає загальноприйнятою практикою в офісному будівництві для клімат. умов України, завдяки своїм високим теплоізоляційним властивостям, при цьому за теплоізоляцію відповідає повітряний чи заповнений інертним газом (аргон) прошарок. На додаток до цього, може застосовуватися низько-емісійне скло (Low-E), де *емісійність* матеріалу вказує на його здатність випромінювати інфрачервону енергію; чим нижча емісійність, тим краща здатність відбивати інфрачервону енергію. Це скло має мікроскопічно тонке, прозоре покриття – яке відбиває інфрачервону енергію, замість того, щоб її поглинати (Guardian Industries Holdings Site, 2025). За допомогою використання низько-емісійного скла можна зменшити тепло-надходження до ОП від сонячної радіації ззовні (влітку), а також зменшити втрати тепла із ОП назовні (взимку) – і тим самим покращити ЕЕ у ОБ.

Можна виділити такі сучасні типи фасадних систем:

а) вологий фасад - це система утеплення та оздоблення зовнішніх стін будівлі, в якій шари матеріалів (утеплювач, армуюча сітка, штукатурка,



1. Камерний фасад (box window façade)

2. Фасад із вертикальними шахтами (shaft-box façade)

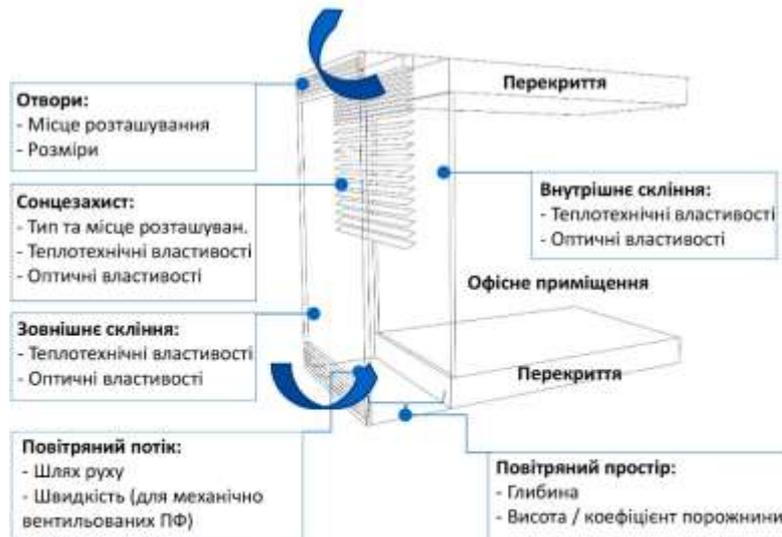
3. Фасад-коридор (corridor façade)

4. Баратоперховий (multi-storey)

а) типи подвійних фасадів (ПФ). Загальний вигляд. Джерело: Oesterle et al., 2001



б) варіанти руху повітря у ПФ. Загальний вигляд. Джерело: Hachem-Vermette C, 2020



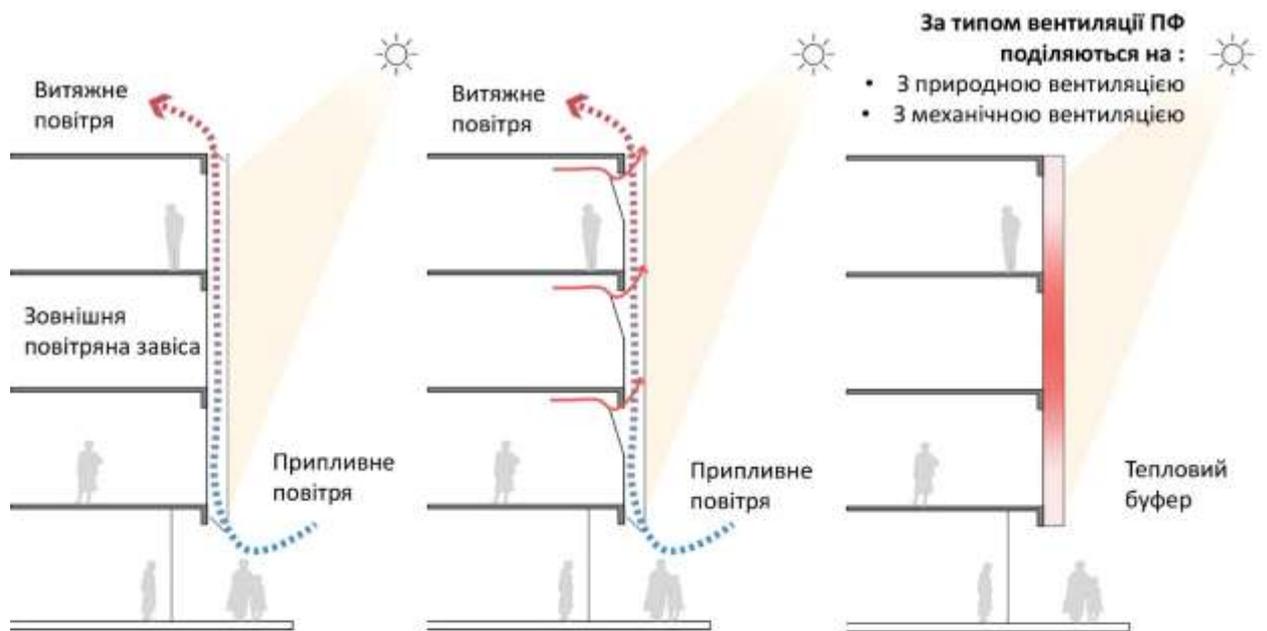
в) архітектурно-технічні елементи ПФ, що мають вплив на їхню ефективність.

Джерело: Jankovic та Goia, 2021

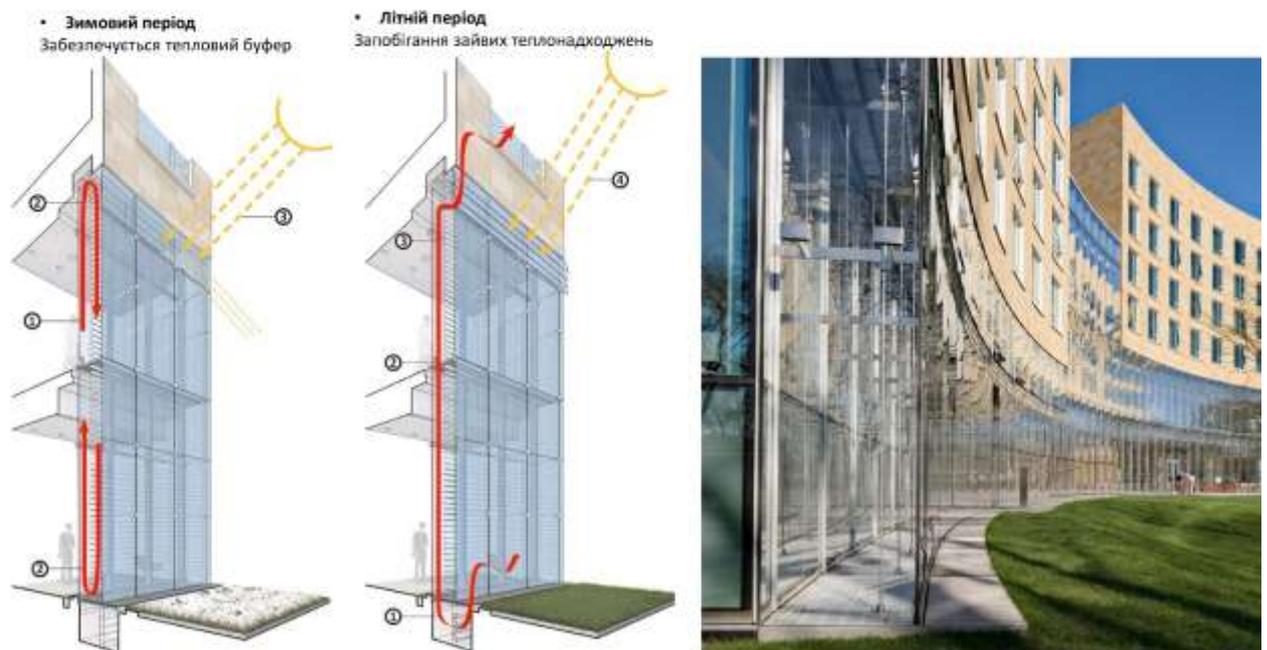
Переваги: зниження потреб в опаленні та охолодженні; забезпечення природного освітлення і краєвидів; поліпшення тепло- та звукоізоляції; забезпечення природної вентиляції та здорового внутрішнього середовища.

Недоліки: висока початкова вартість будівництва; витрати простору на ПФ; вимоги до обслуговування; може функціонувати не належним чином, якщо значно змінюються умови довкілля.

Рис 32.1. Енергоефективні фасадні рішення.
Подвійні фасади (ПФ)



а) варіанти роботи багатоповерхового ПФ. Джерело: Souza, 2024



б) Harvard Business School's Tata Hall, Харвард, США, 2014, арх. William Rawn Associates.
Джерело: William Rawn Associates, 2022

Рис 32.2. Енергоефективні фасадні рішення.
Подвійні фасади (ПФ)

декоративне покриття) наносяться у вологому стані, тобто з використанням розчинів та клеїв. Назва походить від технології, яка передбачає використання рідких сумішей для монтажу;

б) навісний фасад (curtain wall) – це зовнішня огорожувальна конструкція будівлі, яка не є несучою, тобто не несе вертикальних навантажень від будівлі, а лише власну вагу та навантаження від вітру, дощу, снігу тощо;

в) елемент фасад (element façade) – це тип навісного фасаду, який складається з заводських готових елементів (модулів), що встановлюються безпосередньо на будівельному майданчику у вигляді повністю зібраних секцій, включно зі склінням, ущільненням, теплоізоляцією тощо. Вищезгадані типи фасадів мають приблизно однаковий вплив на ЕЕ ОБ так як їх основним показником є коефіцієнт теплопередачі;

г) подвійний фасад (double skin façade) – це більш ЕЕ фасадна система, яка складається з двох шарів скління (зовнішнього одинарного та внутрішнього подвійного), між якими є вентиляований повітряний простір (Shameri та ін., 2011). Цей простір може бути відкритим, контрольовано вентиляованим або механічно вентиляованим. Окрім покращення теплотехнічних характеристик і природного освітлення, подвійні фасади (ПФ) також забезпечують покращення звукоізоляції, теплового комфорту та можуть надавати візуальну привабливість ОБ. ПФ підрозділяються на такі типи (Oesterle та ін., 2001) (рис.32.1, а):

- камерний фасад (box window façade) – ПФ, у якому простір між двома шарами розділяється горизонтально та вертикально відповідно до кожного внутрішнього приміщення, або за кожним віконним блоком окремо. У такій конфігурації вікна внутрішнього шару можуть відкриватися, що дозволяє організувати природну вентиляцію приміщень;

- фасад із вертикальними шахтами (shaft-box façade) – ПФ, у якому неперервні камери утворюють вертикальну шахту, що проходить через кілька поверхів і забезпечує ефект димоходу (stack effect). Така типологія потребує менше отворів у зовнішній оболонці будівлі та позитивно впливає на звукоізоляцію від зовнішнього шуму;

- фасад-коридор (corridor façade) – ПФ, який передбачає розділення проміжного простору між двома шарами фасаду на рівні кожного поверху, з

горизонтальними поділом по довжині фасаду. Отвори для подачі та витяжки повітря у зовнішньому шарі фасаду розташовуються поблизу підлоги та стелі. Особлива увага приділяється звукоізоляції повітряного простору, а також контролю того, щоб вихідне повітря з приміщень одного поверху не потрапляло в приміщення, що розташовані поверхом вище;

- багатоповерховий фасад (multi-storey façade) – ПФ, де повітряний простір простягається вертикально та горизонтально, охоплюючи кілька приміщень або навіть усю будівлю цілком. Вентиляція цього простору здійснюється через великі отвори, що розташовані на нижніх та верхніх поверхах ОБ. Такі рішення використовуються, коли рівень зовнішнього шуму є значним;

У фасадній порожнині ПФ можливі різні варіанти руху повітря (Nachem-Vermette, 2020): коли ззовні через порожнину подається припливне повітря завдяки природної вентиляції; коли з середини через порожнину видаляється витяжне повітря завдяки природної вентиляції; кліматичний фасад – це коли внутрішнє повітря проходячи через порожнину пасивно охолоджується чи нагрівається і потім подається до системи ОВіК для подальшої обробки; тепловий буфер – повітряний простір слугує проміжною зоною між зовнішнім і внутрішнім фасадами для зменшення тепловтрат або тепло-надходжень, вирівнювання коливань температури та зниження потреби в активному опаленні або охолодженні; зовнішня повітряна завіса – це потік повітря, що потрапляє ззовні у фасадну порожнину і видаляється завдяки природної вентиляції, цей потік повітря може охолоджувати чи нагрівати фасадну порожнину; внутрішня повітряна завіса – це потік повітря, що подається у фасадну порожнину із середини приміщень і проходить пасивне опалення чи охолодження в фасадній порожнині і подається знову у внутрішнє приміщення (Nachem-Vermette, 2020) (рис.32.1, б).

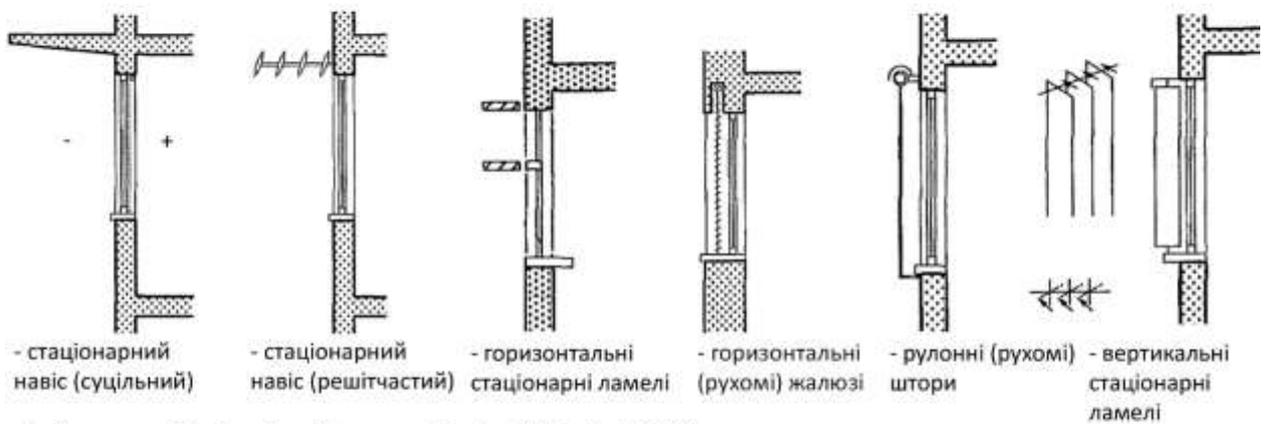
Серед чинників, що впливають на ЕЕ ПФ віділяються (Jankovic i Goia, 2021): розташування та розміри вентиляційних отворів; тип, розташування, теплотехнічні та оптичні властивості сонцезахисту; теплотехнічні та оптичні



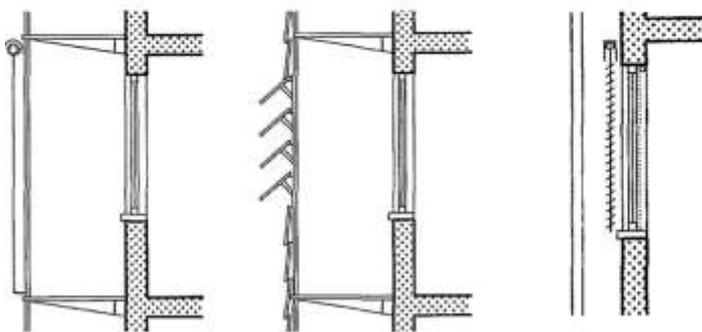
а) типи ЗС. Джерело: автор, 2025.



б) комірчаста (egg crate). Джерело: 2030palette, 2025



в) різновиди ЗС. Розрізи. Джерело: Neufert i Neufert, 2012



- рулонні (рухомі) штори на зовнішньому - горизонтальні (рухомі) скляні ламелі на - горизонтальні (рухомі) жалюзі на внутрішньому



д) горизонтальні скляні ламелі з інтегрованими фотоелектричними

Рис 33.1. Енергоефективні фасадні рішення. Зовнішній сонцезахист. Фіксований та рухомий



а) автоматизована система сонцезахисту з поворотним екраном, що затінює верхні поверхи, рухаючись за траєкторією сонця навколо будівлі. Kuggen, Гетеборг, Швеція, арх. Wingardh Arkitektkontor, 2011 р. Джерело: Archdaily, 2011

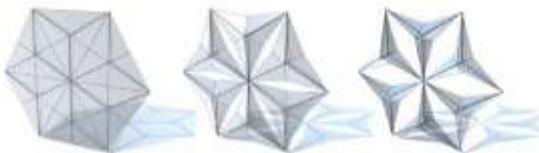
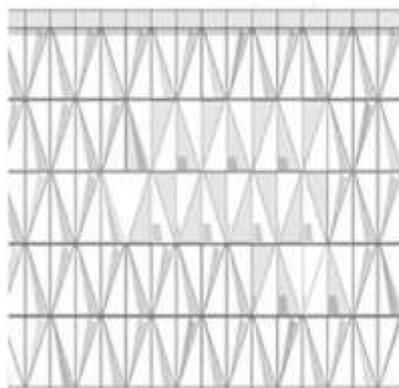


Схема трансформації

Динамічний ЗС, що реагує на сонячне опромінювання та траєкторію руху сонця на протязі року



б) адаптивний (кліматично реагуючий) фасад. Реагує на сонячне опромінення та зміну траєкторією сонця на протязі року. Al Bahar Towers, Абу-Дабі, ОАЕ, арх. Aedas Architects, 2012 р. Джерело: Archdaily, 2012



Фрагмент фасаду



в) адаптивний фасад з трикутних перфорованих панелей. Campus Kolding, Коллінг, Данія, арх. Henning Larsen, 2014 р. Джерело: Archdaily, 2014

*Рис 33.2. Енергоефективні фасадні рішення.
Автоматизовані динамічні системи ЗС*

властивості зовнішнього та внутрішнього скління; шлях та швидкість руху повітряного потоку, що проходить крізь фасадну порожнину; глибина та висота / коефіцієнт фасадної порожнини (рис.32.1, в).

Водночас, велика площа скління у системі ПФ може демонструвати гірші показники (особливо в теплий період року, коли можливі великі теплонадходження від сонячної радіації) ніж традиційна фасадна система, якщо фасад не правильно спроектований або неефективно експлуатується.

Загалом серед переваг ПФ можна відділити: зниження потреб в опаленні та охолодженні; забезпечення природного освітлення і краєвидів; поліпшення тепло- та звукоізоляції; забезпечення природної вентиляції та здорового внутрішнього середовища.

До недоліків ПФ відносяться: висока початкова вартість будівництва; витрати простору на ПФ; вимоги до обслуговування; може функціонувати не належним чином, якщо значно змінюються умови довкілля.

Прикладами будівель, з ПФ є: Harvard Business School's Tata Hall, Харвард, США, арх. William Rawn Associates, 2014 (рис.32.2, б), а також Stadttor, Дюссельдорф, Німеччина, Архіт. Petzinka Pink & Partners, 1998; Manitoba Hydro place, Вінніпег, Канада, арх. KPMB Architects, 2009 та ін.

- зовнішній сонцезахист (ЗС) як фасадне рішення, це архітектурний засіб, що має великий вплив на зменшення ЕС у ОБ. Його цілями є: зменшення та контроль тепло-надходжень від сонячного опромінення; уникнення засліплення (відблисків); забезпечення більшого проникнення денного освітлення в глибину ОП (Neufert i Neufert, 2012).

ЗС ділиться на стаціонарний та динамічний. Стаціонарний ЗС поділяється на (рис.33.1):

- *горизонтальний стаціонарний навіс* (суцільний / решітчастий) – поширений тип ЗС, що є ефективним з південного боку;

- *горизонтальні стаціонарні ламелі* – це універсальний тип ЗС, що є ефективним з усіх боків, але може мати недолік з точки зору видів на зоні. Ламелі зазвичай виробляються із алюмінію, НРЛ, кераміки, скла та ін. Склані

ламелі, виконуючі функцію сонцезахисту дозволяють також мати вищі рівні освітленості в ОП і не погіршувати зв'язок з навколишнім середовищем;

- **комбіновані** – це горизонтальні навіси, поєднані з горизонтальними жалюзі, що дають змогу зменшити винос навісу;

- **вертикальні ребра** – це тип ЗС, що є ефективним з західного та східних напрямків;

- **комірчаста** (eggcrate) – це поєднання вертикальних ребр з горизонтальними навісами в одну систему. Цей тип ЗС може бути ефективним з усіх напрямків;

- **горизонтальні чи вертикальні ламелі** з інтегрованими фотоелектричними системами. Цей тип ЗС не тільки захищає від сонячного опромінення а ще і генерує «чисту» енергію;

- **світлові полиці** – це навіси, розташовані таким чином, щоб захищати приміщення від прямих сонячних променів і водночас забезпечувати додаткове природне освітлення приміщень завдяки відбиттю від верхньої поверхні світлової полиці (рис.34).

Основні сучасні типи рухомого ЗС:

- горизонтальні (рухомі) ламелі – це тип ЗС, при якому нахил ламелей може контролюватися в ручну чи автоматично.

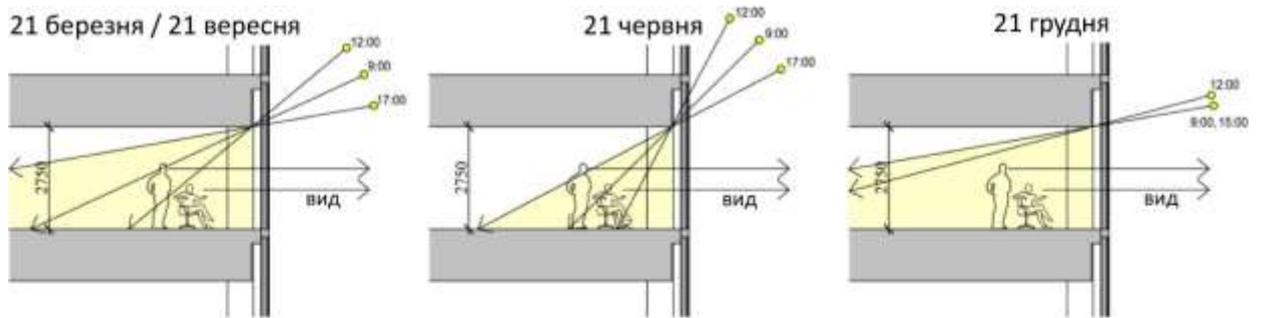
- горизонтальні (рухомі) жалюзі (сонцезахисні рафштори) – нахил та опуск жалюзей може контролюватися в ручну чи автоматично;

- рулонні (рухомі) штори – опускаються вертикально вниз у площині вікна, в ручну чи автоматично. Затінювальний елемент це полотно;

- вертикальні рухомі ребра – це тип ЗС, при якому нахил вертикальних ребер може контролюватися в ручну чи автоматично;

- автоматизовані системи ЗС (рис.33.2) – більш складні динамічні системи ЗС, що реагують на кліматичні зміни (траєкторії руху сонця та ін.).

Динамічний (кінетичний) ЗС включає в себе комплекс датчиків (контроль освітлення, температури, вітру, наявності/відсутності людей в ОП та ін.) і механізмів, керування якими здійснюється за заданими програмами відповідно



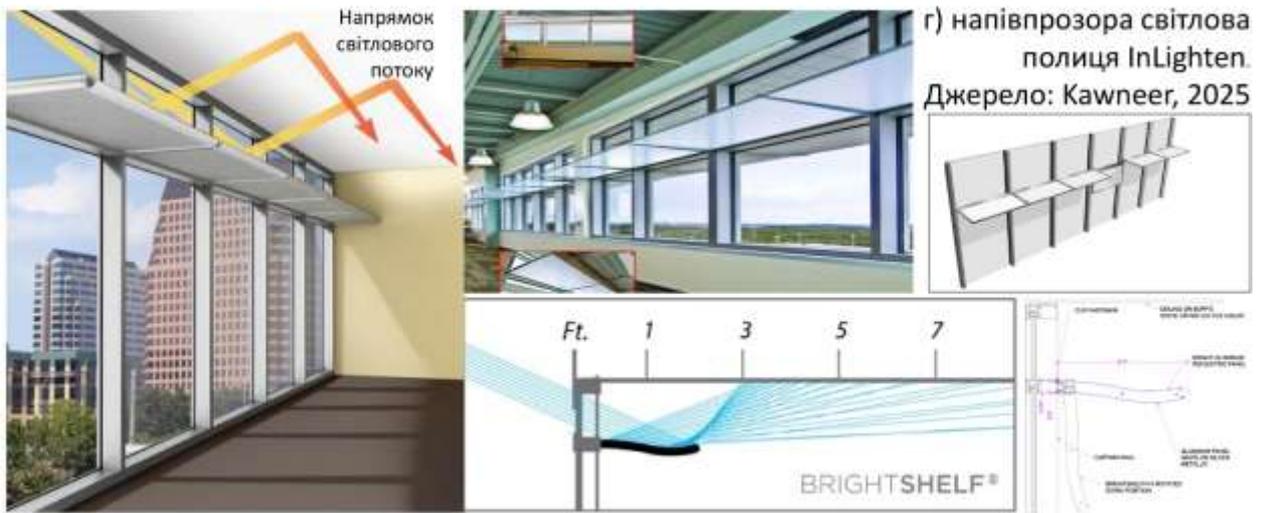
а) розріз зовнішньої стіни без світлової полиці. Джерело: автор, 2025.

Розріз стіни характеризується панорамним склінням від підлоги до стелі, що збільшує природне освітлення. Однак це може призводити до перегріву влітку та тепловтрат взимку.



б) варіант розрізу зовнішньої стіни зі світловою полицею. Джерело: автор, 2025.

Розріз стіни характеризується використанням світлових полиць, які можуть створити менш контрастне денне світло всередині ОП, глибше спрямувати денне світло в приміщення завдяки відбиттям та затінити зовнішнє скління, щоб зменшити тепло-надходження влітку, з незначним впливом взимку.



в) схема світлового потоку при застосуванні світлових полиць.
Джерело: Designing Buildings Ltd, 2025

д) криволінійна світлова полиця Brightshelf.
Джерело: Brightshelf, 2015

Рис 34. Енергоефективні фасадні рішення.
Світлові полиці в ЕОБ

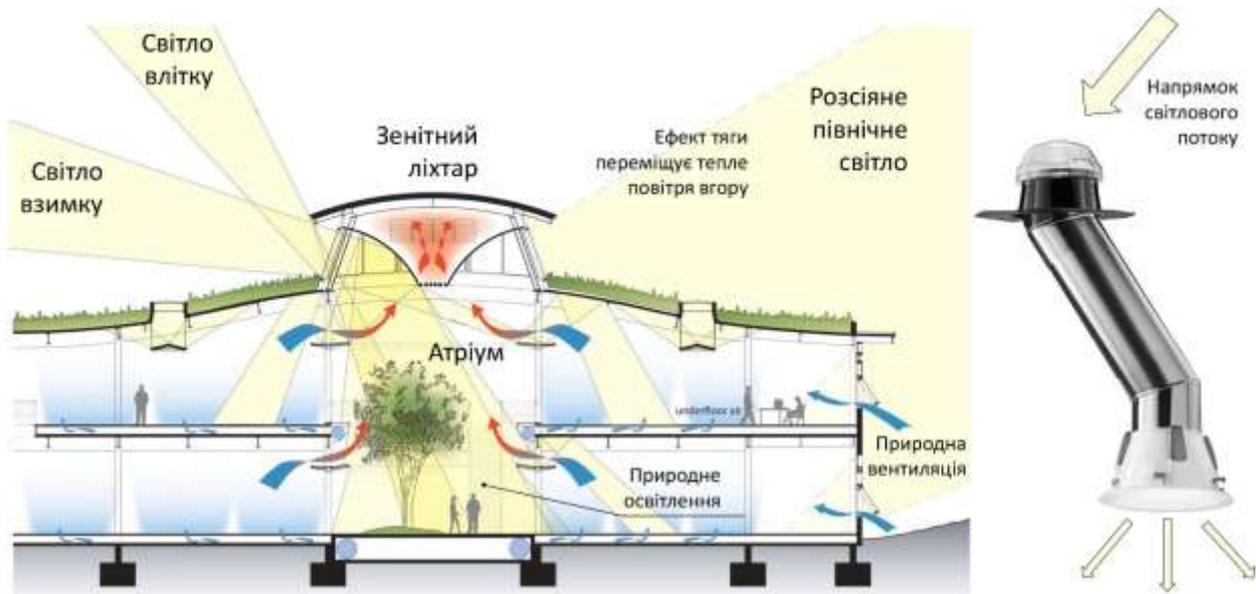
до сигналів, що надходять від датчиків. Управління динамічним ЗС відбувається в єдиному комплексі з опаленням, вентиляцією та охолодженням будівлі, що дає змогу досягти значної економії енергетичних ресурсів кліматичних систем. Такі системи мають великий потенціал, тому що можуть в автоматичному режимі створювати комфортні умови денного освітлення в ОП та регулювати теплонадходження від сонячного опромінення. Їх недоліками є висока вартість первісних інвестицій та технічного обслуговування.

Прикладами таких будівель є: Kuggen, Гетеборг, Швеція, арх. Wingardh Arkitektkontor, 2011 р.; SDU Campus Kolding, Коллінг, Данія, арх. Henning Larsen, 2014 р.; Al Bahar Towers, Абу-Дабі, ОАЕ, арх. Aedas Architects, 2012 р. та ін.

- *інші архітектурні рішення.* До них відносяться: ліхтарі верхнього світла (зенітні ліхтарі) та світлові тунелі (light tubes); горизонтальне та вертикальне озеленення та ін. Так, зенітні ліхтарі забезпечують проникнення природнього освітлення в приміщення (верхніх поверхів) ОБ чи інших поверхів через атриум, а також сприяють природній вентиляції через ефект тяги (stack ventilation). Зенітні ліхтарі можуть мати такі форми: аочні, одно-, дво-, трьох-схильні та ін., напівкруглі, призматичні та ін. Вони можуть бути глухими та, таким що відкриваються (автоматичні, чи прив'язаних до сенсорів повітря, температури чи диму). Використання зенітних ліхтарів може призводити до небажаних тепло-надходжень завдяки сонячній радіації, тому вони також потребують застосування належного ЗС. Світлові тунелі (light tubes) – забезпечують глибоке проникнення природнього освітлення в приміщення, що знаходяться в глибині ОБ (рис.35).

Прикладами таких будівель є: YouTube Headquarters, Сан Бруно, США, арх. William McDonough + Partners, 1997 р.; Forum Chriesbach, Дюбендорф, Швейцарія, арх. Bob Gysin + Partner, 2006 р. та ін.

Горизонтальне та вертикальне озеленення («зелені» стіни та «зелені» покрівлі та ін. – забезпечують додаткову теплоізоляцію, скорочення не



а) YouTube Headquarters, 1997, Сан Бруно, США, арх. William McDonough + Partners. Розріз через центральний атриум, та зенітний ліхтар, що демонструє схему природнього освітлення та схему природньої вентиляції. Джерело: Mcdonoughpartners.com, 2025

б) світловий тунель. Джерело: Solatube.com, 2025



в) основні типи зенітних ліхтарей. Глухі та ті, що відкриваються. Арочні, одно-, дво-, трьох-схильні та ін., напівкруглі, призматичні та ін. Джерело: Toiture.pro, 2025

г) розріз ОБ з використанням зенітних ліхтарів та світлових тунелів. Джерело: Cannondesign.com, 2025.

*Рис 35. Інші енергоефективні рішення.
Ліхтарі верхнього світла та світлові тунелі в ЕОБ*

бажаних тепло-надходжень та пасивне охолодження ОП, а також покращують мікроклімат наших міст – насамперед завдяки зменшенню ефекту «острова міської спеки» та накопиченню дощової води, а також поглинанню вуглекислого газу й пилу, приглушенню шуму, підтримці біорізноманіття та покращенню нашого загального самопочуття людей.

Серед недоліків: висока початкова вартість будівництва, додаткові навантаження на несучі конструкції ОБ, висока вартість поточного обслуговування та ін. (рис.36, 37).

Існує два основних типи зелених покрівель, які відрізняються за складністю улаштування, вагою та вимогами до догляду.

Інтенсивні зелені покрівлі – це сади на даху, які можуть включати газони, квіти, кущі та навіть дерева. Вони багатофункціональні, їх можна використовувати як зони відпочинку. Цей тип озеленення має значну вагу (150-500 кг/м²) і вимагає глибокого шару ґрунту (від 15 см до 1 м). Такі покрівлі потребують регулярного поливу та ретельного догляду.

Екстенсивні зелені покрівлі є більш легким та невибагливим варіантом. Рослинний шар складається з посухостійких рослин, таких як седуми та злаки. Завдяки невеликій товщині субстрату (5-20 см) та малій вазі (50-150 кг/м²), вони не створюють значного навантаження на конструкцію даху. Цей тип покрівлі не потребує інтенсивного догляду та постійного поливу.

Щодо, «зелених» стіни та інтегрованих зелених насаджень, то треба виділити такі види: внутрішні і зовнішні. Вони підрозділяються на основні типи за конструктивними рішеннями та видами рослинності:

- а) чіпкі самостійно виткі рослини у відкритому ґрунті;
- б) самостійно виткі рослини з шпалерами або дротами;
- в) підвісні або вбудовані контейнери для рослин;
- г) фасадні панелі або пластикові плантери з кишнями / секціями для вирощування (Рис.36).

Прикладами таких будівель є: Муніципалітет, Венло, Нідерланди, арх. Kraaijvanger Architects, 2016 р.; Муніципалітет, Фрайбург, Німеччина, арх.



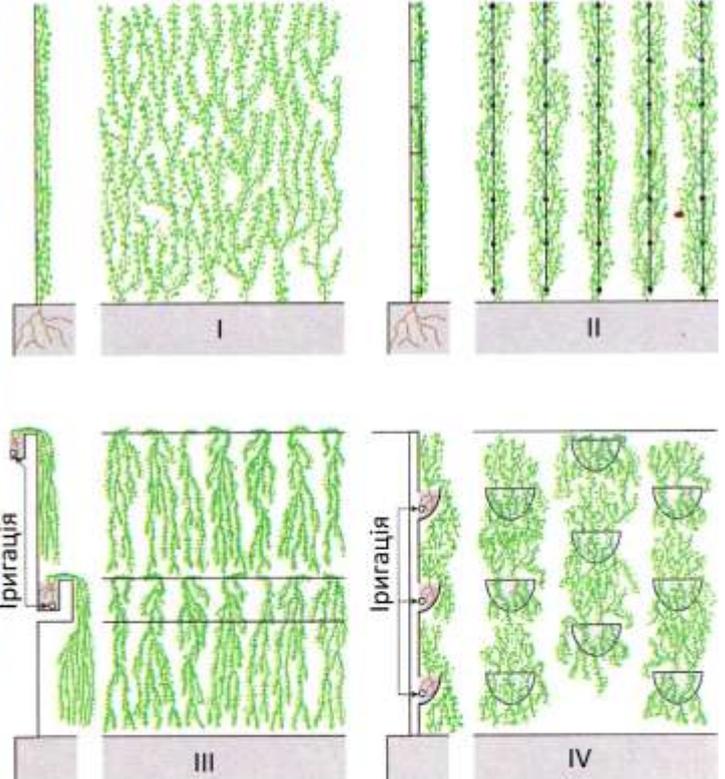
а) Kō-Bogen II, 2020, Дюсельдорф, Німеччина, арх. Ingenhoven Architects. Фрагмент розрізу плантерів. Джерело: Ingenhoven Architects, 2025



г) Gemeentehuis Haarlemmermeer, Гофддорп, Нідерланди, 2021, арх. RAU. Фрагмент розрізу. Джерело: RAU, 2023



б) Муніципалітет, Венло, Нідерланди, арх. Kraaijvanger Architects, 2016. Загальний вигляд «зеленої» стіни. Джерело: Kraaijvanger Architects, 2025



в) основні типи «зелених» стін. I - Чіпкі самостійно виткі рослини у відкритому ґрунті, II - Самостійно виткі рослини з шпалерами або дротами, III - Підвісні або вбудовані контейнери для рослин. IV - Фасадні панелі або пластикові плантери з кишнями/секціями для вирощування. Джерело: Deckere, 2025

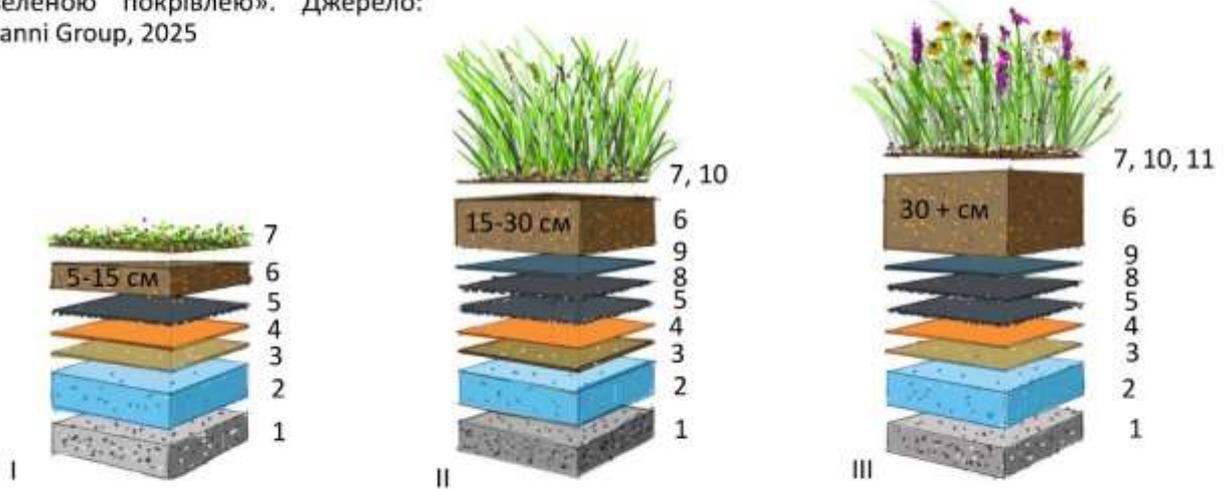
- Переваги: скорочення не бажаних тепло-надходжень влітку; пасивне охолодження; зменшення ефекту «острова міської спеки»; поглинання вуглекислого газу й пилу; приглушенню шуму; підтримка біорізноманіття; покращенню загального самопочуття співробітників (well-being);
- Недоліки: висока початкова вартість будівництва; додаткові навантаження на несучі конструкції ОБ; висока вартість поточного обслуговування;

Рис 36. Інші енергоефективні рішення. «Зелені» стіни та зелені насадження



- Переваги:**
- Забезпечення додаткової теплоізоляції;
 - Скорочення не бажаних теплонадходжень влітку;
 - Пасивне охолодження;
 - Зменшення ефекту «острова міської спеки»;
 - Накопичення дощової води;
 - Поглинання вуглекислого газу й пилу;
 - Приглушенню шуму;
 - Підтримка біорізноманіття;
 - Створення додаткових рекреаційних зон на покрівлі;
 - Покращенню загального самопочуття співробітників (well-being);
- Недоліки:**
- Висока початкова вартість будівництва;
 - Додаткові навантаження на несучі конструкції ОБ;
 - Висока вартість поточного обслуговування;

а) розріз офісного приміщення із «зеленою покрівлею». Джерело: Manni Group, 2025



1 - плита перекриття покрівлі; 2 - утеплювач; 3 - роздільний шар; 4 - гідроізоляційна мембрана; 5 - захисний шар; 6 - рослинний субстрат; 7 – очиток; 8 - дренажний шар; 9 – геотекстиль; 10 - місцеві злакові трави; 11 - місцеві трав'янисті квіткові рослини.

б) основні типи «зелених» покрівель. I - Екстенсивні, II - Напівінтенсивні, III - Інтенсивні. Джерело: Rainscaping Iowa, 2015

Рис 37. Інші енергоефективні рішення.
«Зелені» покрівлі»

Ingenhoven Architects, 2017 p.; Acros Fukuoka International Hall, Фукуока, Японія, арх. Emilio Ambasz, Takenaka Corporation, 1994 p.; Kō-Bogen II, Дюсельдорф, Німеччина, арх. Ingenhoven Architects, 2020 p.; 1000 Trees, Шанхай, Китай, арх. Heatherwick Studio, 2021 p.; Toranomon Hills Business Tower, Токіо, Японія, арх. Ingenhoven Architects, 2022 p. та ін.

Конструктивно-технічні фактори. Інженерно-технологічні досягнення останніх десятиліть, що сприяють підвищенню добробуту в різних аспектах життя, призводять до збільшення ЕС. Однак новітні технології навпаки допомагають досягти покращення ЕЕ ОБ. До них відносяться:

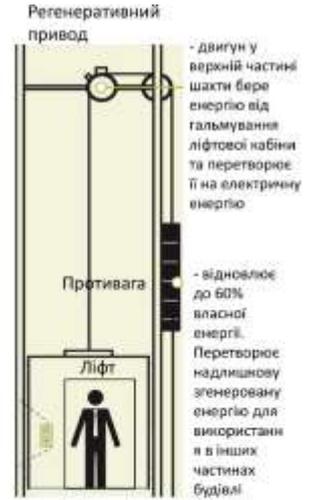
- *сучасні енергоефективні інженерні системи* (рис.38), (система управління будівлями, адаптивне освітлення, опалення / вентиляція / кондиціонування повітря та гаряче водопостачання з теплообмінниками, ліфти з рекуперацією енергії, енергоефективне офісне обладнання, автоматизовані системи ЗС, променисте охолодження та опалення, що вбудоване в перекриття, пасивні охолоджувальні балки та ін.).

- *система управління будівлями (Building Management System)* - автоматизована система управління будівлею. Мета системи полягає в тому, щоб інтегрувати BMS обладнання в процеси, що відбуваються в будівлі. Система пов'язує усі компоненти в одне ціле, що дозволяє ефективним і економічним способом керувати будівлею з одного місця. BMS контролює робочі параметри кожної системи (опалення, вентиляція, кондиціонування, штучне освітлення, сонцезахист та ін.) та повідомляє про помилки. Система зазвичай має графічний інтерфейс, який дозволяє переглядати та змінювати параметри роботи BMS в залежності від ситуації;

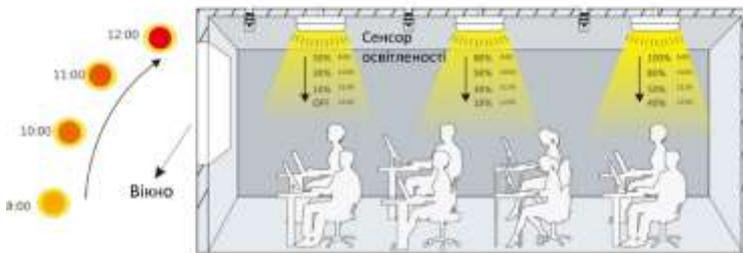
- *адаптивне освітлення (Dimming)* – димірування освітлення сприяє економії ЕС. Світильники з димером – це освітлювальний прилад для внутрішнього освітлення приміщення з можливістю налаштування необхідного рівня світлового потоку. Такі прилади використовуються з метою економії електроенергії і створення максимально комфортного освітлення. Світильник з автодимером працює безперервно, проте його яскравість



а) система управління будівлею (BMS). Джерело: Gajjelli, 2026



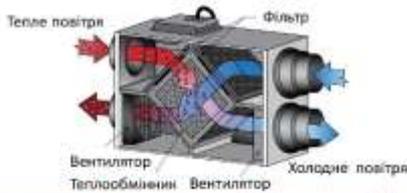
г) ліфти з рекуперацією енергії. Джерело: Bullitt Foundation, 2013



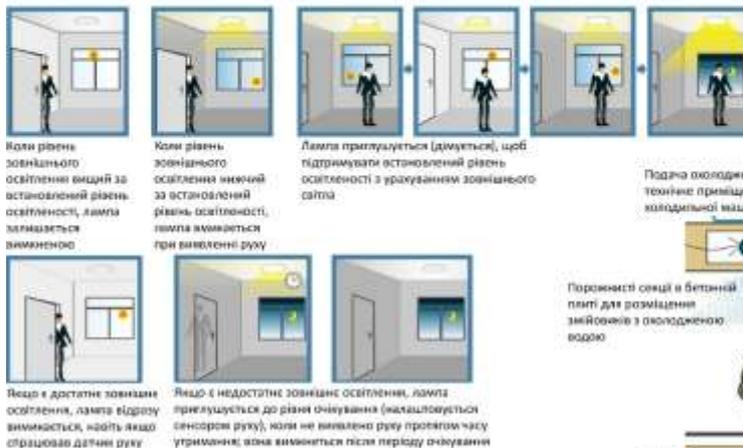
б) адаптивне освітлення. Джерело: Magnatech LED, 2026



ж) система водяного опалення з теплообмінником. Джерело: Woolf Plumbing & Gas, 2026



д) теплообмінник (типу повітря - повітря). Джерело: IQS Directory, 2026



в) адаптивне освітлення в різний час доби. Джерело: Magnatech LED, 2026



і) Схема променевої системи охолодження. Джерело: Nzebindia, 2026

Рис 38. Інші енергоефективні рішення.
Сучасні енергоефективні інженерні системи в ЕОБ

змінюється залежно від зовнішніх умов. При якісному денному освітленні прилад світить на мінімумі, а в похмуру погоду потужність світлового потоку автоматично зростає.

Димірування в автоматичному режимі також використовується з метою попередження: при включенні освітлення, щоб не допустити негативного впливу на очі або перед швидким відключенням світла;

- *опалення / вентиляція / кондиціонування повітря та гаряче водопостачання з теплообмінниками* – це системи, які забезпечують комфорт у будівлях, контролюючи температуру повітря, його циркуляцію та нагріваючи воду. Теплообмінники використовуються для передачі тепла між двома середовищами без їхнього змішування, що є ключовим для ефективної роботи цих систем. Теплообмінники відіграють важливу роль у всіх цих системах, забезпечуючи ефективну передачу тепла. Вони можуть бути різних типів, наприклад, пластинчасті теплообмінники, кожухотрубні теплообмінники, тощо;

- *енергоефективне офісне обладнання* – це техніка, яка споживає менше електроенергії для виконання тих самих завдань, що й звичайне обладнання. Це може включати комп'ютери, монітори, принтери, багатофункціональні пристрої, кондиціонери та інше обладнання, яке використовується в ОП;

- *ліфти з рекуперацією енергії* – це ліфти, які використовують систему, що повертає енергію, яка зазвичай втрачається під час гальмування або спуску, назад у електромережу будівлі. Це дозволяє знизити загальне ЕС ліфта та ОБ в цілому;

- *автоматизовані системи ЗС* – були описані вище;

- *променисте охолодження та опалення що вбудоване в перекриття* – це рішення, коли на стадії будівництва в перекриття закладаються контури труб що являють собою комбіновану систему охолодження та опалення. Система використовує теплоємність та масу бетонного перекриття, щоб акумулювати тепло або холод в конструкції будівлі. Таким чином, стелі і підлоги стають джерелом випромінення енергії, та забезпечують природне кондиціонування

приміщень влітку й опалення взимку.

- *пасивні охолоджувальні балки* (passive chilled beams) – це пристрій для охолодження, який використовує природну конвекцію для розподілу прохолодного повітря по приміщенню. Зазвичай вона складається із змійовика, по якому циркулює охолоджена вода, охолоджуючи навколишнє повітря. Це охолоджене повітря потім опускається, створюючи конвекційний потік, який циркулює повітря та забезпечує охолодження без необхідності використання вентиляторів чи повітроводів.

- *геотермальні теплові насоси* (Geothermal heat pumps) – системи центрального опалення і / або охолодження, яка використовує тепло землі. Земля в геотермальних системах є радіатором в літній період або джерелом тепла в зимовий період. Різниця температур ґрунту використовується, щоб підвищити ефективність і знизити експлуатаційні витрати системи обігріву та охолодження, і може доповнюватися сонячним опаленням. Геотермальні теплові насоси використовують явище теплової інерції: температура землі нижче 6 метрів приблизно дорівнює середньорічній температурі повітря в даній місцевості і слабо змінюється протягом року. Існує декілька різновидів геотермальних теплових насосів: замкнутого типу (горизонтальні, вертикальні, водні, з безпосереднім теплообміном); відкритої контуру;

- *стіни Тромба* (Trombe wall) – масивна будова (бетонна, цегляна, кам'яна та ін.), яка встановлюється на південному фасаді будівлі за фасадним склінням. Ця стіна може бути покрита селективною-поглинаючою фольгою або пофарбована в чорний колір. Залежно від товщини стіни Тромба забезпечується більш тривала затримка в віддачі тепла приміщенню. Щоб поліпшити тепловіддачу стіни створюються спеціальні отвори внизу і зверху стіни для забезпечення природної конвекції повітря, а для більш ефективної тепловіддачі встановлюють вентилятори, для примусової циркуляції. Сонячні промені проходячи через склопакет і потрапляють на бетонну стіну, яка встановлюється на відстані від скління. Ультрафіолетові промені від сонця потрапляючи на поверхню стіни нагрівають її, і частина променів

відбиваються від стіни у вигляді інфрачервоного випромінювання, яке не проходить крізь скла, нагріваючи, таким чином, ще й повітря (Гусєв і Клімов, 1965);

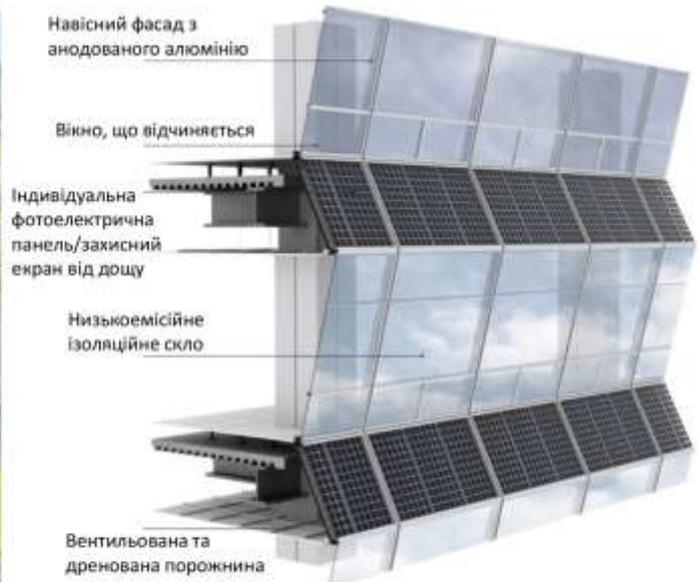
- *сонячні теплові колектори* (Solar thermal collector) – використовуються для підігріву теплоносія від сонячної радіації: «*плоский сонячний колектор*, складається з елементу, що поглинає сонячне випромінювання, прозорого покриття та термоізолюючого шару. Поглинаючий елемент називається абсорбентом; він з'єднаний з теплопровідною системою. Прозорий елемент зазвичай виконується з загартованого скла з пониженим вмістом металів» (Центр Енергоефективного Будівництва, 2025); *вакуумний сонячний колектор*, характеризується використанням багатошарового скляного покриття, герметизації або створення в колекторах вакууму. У таких колекторах знайшли застосування теплові трубки, що виконують роль провідника тепла. При опроміненні установки сонячним світлом, рідина, що знаходиться в нижній частині трубки, нагріваючись перетворюється на пару. Пари піднімаються у верхню частину трубки (конденсатор), де конденсуючись передають тепло колектору.

- *Енергогенеруючі системи з відновлюваних джерел*, що інтегровані до будівлі (рис. 39):

а) *фотовольтаїчні системи* (PV panels) – «метод генерації електроенергії шляхом перетворення енергії сонячного випромінювання у постійний електричний струм з використанням напівпровідникових матеріалів, які проявлять фотоелектричний ефект. Система використовує панелі сонячних батарей, які складаються із множини сонячних елементів для отримання корисної сонячної електроенергії» (Центр Енергоефективного Будівництва, 2025). Виробництво електроенергії за допомогою цих систем досить давно розглядається як екологічно чиста, стала енергетична технологія (Pearce, 2002), яка оснований на використанні найбільш доступного і багатого джерела відновлюваної енергії планети – енергії Сонця. Пряме перетворення сонячного світла в електроенергію відбувається без будь-яких рухомих механізмів чи



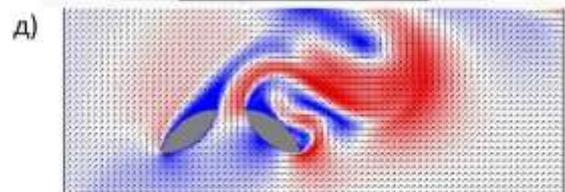
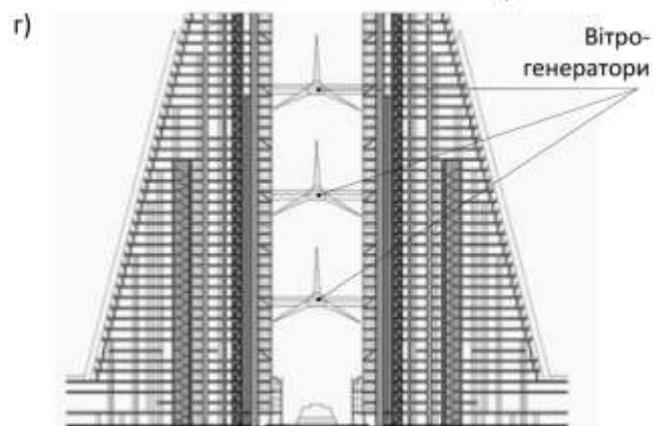
а) фотовольтаїчні панелі на даху у комбінації із «зеленою» покрівлею ОБ. Джерело: Wallbarn, 2023



б) фотовольтаїчні панелі, що інтегровані до фасаду будівлі. FKI Tower, Сеул, Південна Корея, арх. Adrian Smith + Gordon Gill Architecture LLP, 2013. Джерело: Adrian Smith + Gordon Gill Architecture LLP, 2026



в) фотовольтаїчне скло як елемент склопакету для вікон ОБ. Джерело: Onyx Solar Energy SL and Onyx Solar Group LLC, 2026



г) розріз. Bahrain World Trade Centre, Манамі, Бахрейн, арх. Atkins, Killa Design, 2008. Джерело: Killa Design, 2026; д) план-схема руху повітря. Джерело: Minamoto, 2014

Рис 39. Інші енергоефективні рішення. Енергогенеруючі системи з відновлюваних джерел в ЕОБ

викидів у довколишнє середовище під час експлуатації пристрою. Сонячні панелі можуть бути встановлені на дахах будівель, бути інтегрованими до фасадів будівель, формувати різноманітні навіси та ін.

Прикладами таких будівель є: Bullitt center, Сіетл, США, арх. Miller Hull Partnershipта, 2013; FKI Tower, Сеул, Південна Корея, арх. Adrian Smith & Gordon Gill Architecture LLP, 2013; Sino-Italian Ecological and Energy-Efficient Building, Пекін, Китай, арх. Mario Cucinella Architects, 2006 р. та ін.

б) фотовольтаїчне скло це прозоре скло, що здатне генерувати енергію за допомогою сонця. Це скло вбудовано в огорожувальні конструкції ОБ, перетворюючи їх на генератори відновлюваної енергії, а також покращуючи ізоляцію та фільтруючи шкідливе випромінювання. Для генерації електроенергії використовуються такі огорожувальні конструкції як: ліхтарі верхнього світла, навісні фасади, вентилязовані фасади, навіси, парапети, підлоги та ін. Прикладами виробників є: Onyx Solar, Ertex Solar та ін;

в) вітрогенератори – пристрої для перетворення кінетичної енергії вітру на електричну, що складається з вітрової турбіни, електрогенератора та допоміжного обладнання. За конструкцією вітрової турбіни вітрогенератори поділяються на апарати з горизонтальною та вертикальною віссю. Наприклад: Bahrain World Trade Centre, 2008, Манама, Бахрейн, арх. Atkins, Killa Design; Strata SE, 2010, Лондон, Велика Британія, арх. BFLS; Pearl River Tower, 2011, Гуанджоу, Китай, арх. Gordon Gill Skidmore, Owings & Merrill, Guangzhou Chengzong Design Institute; Clean Technology Tower, 2008, проект, арх. Adrian Smith & Gordon Gill Architecture LLP; та ін.

Естетичні фактори. Творчість екологічно свідомих архітекторів призводить до якісних змін естетики сучасної архітектури. Вираження мовою архітектури таких ідей як: дбайливе відношення до довкілля, зменшення споживання енергії та інтеграція з природним середовищем – стає новою парадигмою сучасної архітектури. Компроміс між екологічним дизайном заснованим на наукових дослідженнях та естетичним підходом може призвести до сталих, екологічно свідомих архітектурних рішень.

Згідно кандидатської дисертації (Чижмак, 2012), архітектурно художня виразність екологічних висотних адмінбудівель досягається завдяки: пластичності поверхонь, впровадженню динамічних конструкцій та імітуванню біонічних форм.

Згідно з дослідженнями (Олійник, 2023), є чотири основні напрями в сучасній органічній архітектурі. Перший це гармонійне поєднання природи, архітектури і людини, де термін «органічний» означає «підпорядкований умовам природного ландшафту», тобто кліматичним умовам середовища та сукупності його естетичних якостей. Другий – біоморфізм, що наслідує природні форми. Третій – охорона природи завдяки енергозберігаючим технологіям. Четвертий – ресайклінг у будівельній галузі.

Перехід до сталої естетики в архітектурі також вимагає фундаментальної переоцінки використання будівельних матеріалів і методів будівництва, цей вибір матиме значний вплив на довкілля в довгостроковій перспективі.

Таким чином, складовими естетичних факторів, які впливають на формування естетики сучасної екологічної архітектури і ЕОБ зокрема є:

- зміна стильових та естетичних цінностей;
- часткове наслідування природних форм;
- гармонійне співіснування будівлі з оточуючим середовищем;
- використання сталих будівельних матеріалів і методів будівництва.

Отже, на основі подальшого узагальнення міжнародного та вітчизняного досвіду проектування, будівництва та експлуатації ЕОБ та аналізу наукової літератури з питань ЕОБ, було виведено фактори, які впливають на формування ЕОБ, а також архітектурні та інженерні засоби та прийоми, що впливають на ЕЕ.

2.2. Класифікація ЕОБ за ознаками.

Згідно з проведеного історичного аналізу та узагальнення міжнародного та вітчизняного досвіду проектування, будівництва та експлуатації ЕОБ з'ясовано, що наприкінці ХХ, початку ХХІ ст. формується п'ятий етап розвитку ОБ з точки зору ЕЕ, а у 20-х роках ХХІ ст. остаточно формується

шостий етап розвитку ОБ. В рамках цього етапу розвинулись основні сучасні напрямки розвитку ЕОБ в загальному контексті розвитку сучасної архітектури та у руслі концепції архітектури сталого розвитку.

Автор пропонує наступну класифікацію ЕОБ за такими ознаками (рис. 40):

1. За кліматичною зоною.
2. За розміщенням у структурі міста.
3. За архітектурно - планувальними рішеннями.
4. За об'ємно - просторовими рішеннями.
5. Функціональним призначенням.
6. Поверховості (умовною висотою).
7. Конструктивних рішень.
8. Застосування будівельних матеріалів.
9. Інженерного обладнання.
10. Споживанням енергії.
11. Викидів в атмосферу.
12. Комерційності.

Відповідно до кліматичної карти Корпен-Geiger (Beck та ін., 2018), Україна має шість основних типів клімату включно з: посушливий, степовий, холодний (BSk); помірний, без сухого сезону, спекотне літо (Cfa); помірний, без сухого сезону, тепле літо (Cfb); холодний, без сухого сезону, спекотне літо (Dfa); холодний, без сухого сезону, тепле літо (Dfb); холодний, без сухого сезону, холодне літо (Dfc). Ця карта базується на середньомісячних та середньорічних показниках температури й опадів. Основна частина України позначається кодом Dfb, проте існують певні регіональні кліматичні особливості (рис. 45, а). У таблиці 1 наведено порівняння кліматичних зон України згідно карти Корпен-Geiger. Вона дозволяє побачити кліматичне різноманіття України: від майже напівпустельних ділянок на півдні до субарктичних умов на вершинах Карпат.

Згідно ДСТУ «Будівельна кліматологія» (Мінрегіонбуд України, 2011), що частково втратив чинність Україна мала п'ять кліматичних районів: I –

Північно-західний, (Полісся, Лісостеп); II – Південно-східний, (Степ); III – Українські Карпати (III А – Карпатський (Передкарпаття, Гірські Карпати); III Б – Закарпатський); IV – Південний Берег Криму; V – Кримські гори (рис. 41).

Кліматичної зони	<ul style="list-style-type: none"> - Будівлі, що розміщуються у I-й кліматичній зоні - Будівлі, що розміщуються у II-й кліматичній зоні 						
Розміщення у структурі міста	<ul style="list-style-type: none"> - У щільній міській забудові - Будівлі, що розміщуються на ділянках за містом (без оточуючої забудови) 						
Архітектурно - планувальних рішень	<table border="1"> <tr> <td>За планувальними схемами</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Коридорні - Атріумні </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Анфіладні - Комбіновані </td> </tr> <tr> <td>За планувальними рішеннями</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Відкрите планування - Кабінетне планування - Реверсивне планування - Групове планування - Змішане (різноформатне планування) </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - СЛВ в центрі - СЛВ з півн. боку - СЛВ з західн. боку </td> </tr> </table>	За планувальними схемами	<ul style="list-style-type: none"> - Коридорні - Атріумні 	<ul style="list-style-type: none"> - Анфіладні - Комбіновані 	За планувальними рішеннями	<ul style="list-style-type: none"> - Відкрите планування - Кабінетне планування - Реверсивне планування - Групове планування - Змішане (різноформатне планування) 	<ul style="list-style-type: none"> - СЛВ в центрі - СЛВ з півн. боку - СЛВ з західн. боку
	За планувальними схемами	<ul style="list-style-type: none"> - Коридорні - Атріумні 	<ul style="list-style-type: none"> - Анфіладні - Комбіновані 				
За планувальними рішеннями	<ul style="list-style-type: none"> - Відкрите планування - Кабінетне планування - Реверсивне планування - Групове планування - Змішане (різноформатне планування) 	<ul style="list-style-type: none"> - СЛВ в центрі - СЛВ з півн. боку - СЛВ з західн. боку 					
Форма плану	<ul style="list-style-type: none"> - Прямокутник, квадрат, трикутник, багатокутник та ін. - П-образні, Н-образні, Т-образні та ін. - Коло, еліпс, кільце, півкільце та ін. - Комбіновані 						
Функціонального призначення	<table border="1"> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Офісні (адміністративні) будівлі - Науково-дослідні інститути - Проектні та конторські організації - Інформаційні центри - Установи органів управління - Правоохоронні організації - Установи громадських організацій </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Установи кредитування, страхування та комерційного призначення - Банки - Біржі </td> </tr> </table>	<ul style="list-style-type: none"> - Офісні (адміністративні) будівлі - Науково-дослідні інститути - Проектні та конторські організації - Інформаційні центри - Установи органів управління - Правоохоронні організації - Установи громадських організацій 	<ul style="list-style-type: none"> - Установи кредитування, страхування та комерційного призначення - Банки - Біржі 				
<ul style="list-style-type: none"> - Офісні (адміністративні) будівлі - Науково-дослідні інститути - Проектні та конторські організації - Інформаційні центри - Установи органів управління - Правоохоронні організації - Установи громадських організацій 	<ul style="list-style-type: none"> - Установи кредитування, страхування та комерційного призначення - Банки - Біржі 						
Поверховості (умовною висотою)	<table border="1"> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Малоповерхові - Середньої поверховості (згідно закордонного досвіду) </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Багатоповерхові - Підвищеної поверховості - Висотні </td> </tr> </table>	<ul style="list-style-type: none"> - Малоповерхові - Середньої поверховості (згідно закордонного досвіду) 	<ul style="list-style-type: none"> - Багатоповерхові - Підвищеної поверховості - Висотні 				
<ul style="list-style-type: none"> - Малоповерхові - Середньої поверховості (згідно закордонного досвіду) 	<ul style="list-style-type: none"> - Багатоповерхові - Підвищеної поверховості - Висотні 						
Конструктивних схемам	<table border="1"> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Стінові - Великопанельні безкаркасні </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Каркасні - З об'ємних блоків </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Стовбурні - Комбіновані </td> </tr> </table>	<ul style="list-style-type: none"> - Стінові - Великопанельні безкаркасні 	<ul style="list-style-type: none"> - Каркасні - З об'ємних блоків 	<ul style="list-style-type: none"> - Стовбурні - Комбіновані 			
<ul style="list-style-type: none"> - Стінові - Великопанельні безкаркасні 	<ul style="list-style-type: none"> - Каркасні - З об'ємних блоків 	<ul style="list-style-type: none"> - Стовбурні - Комбіновані 					
Застосування конструктивних будівельних матеріалів	<table border="1"> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Дрібнорозмірні - Залізобетон </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Метал - Інженерна деревина </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Комбіновані </td> </tr> </table>	<ul style="list-style-type: none"> - Дрібнорозмірні - Залізобетон 	<ul style="list-style-type: none"> - Метал - Інженерна деревина 	<ul style="list-style-type: none"> - Комбіновані 			
<ul style="list-style-type: none"> - Дрібнорозмірні - Залізобетон 	<ul style="list-style-type: none"> - Метал - Інженерна деревина 	<ul style="list-style-type: none"> - Комбіновані 					
Застосуванням інженерного та ін. обладнання	<ul style="list-style-type: none"> - Висока і середня енергоефективність (класи «А», «В», «С», «D») - Низька енергоефективність (класи «Е», «F», «G») 						
Класу енергоефективності	<table border="1"> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Найбільший рівень - «А» - Високий рівень - «В» - Мінімально допустимий - «С» </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Трохи не відповідають вимогам - «D» - Задовільний - «Е» - Низький - «F» - Найнижчий - «G» </td> </tr> </table>	<ul style="list-style-type: none"> - Найбільший рівень - «А» - Високий рівень - «В» - Мінімально допустимий - «С» 	<ul style="list-style-type: none"> - Трохи не відповідають вимогам - «D» - Задовільний - «Е» - Низький - «F» - Найнижчий - «G» 				
<ul style="list-style-type: none"> - Найбільший рівень - «А» - Високий рівень - «В» - Мінімально допустимий - «С» 	<ul style="list-style-type: none"> - Трохи не відповідають вимогам - «D» - Задовільний - «Е» - Низький - «F» - Найнижчий - «G» 						
Споживанням енергії 	<table border="1"> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> - З ультранизьким ЕС (ULEB) - З майже нульовим ЕС (NZEВ) </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - З нульовим ЕС (ZEB) - Енергопозитивні будівлі (PEB) </td> </tr> </table>	<ul style="list-style-type: none"> - З ультранизьким ЕС (ULEB) - З майже нульовим ЕС (NZEВ) 	<ul style="list-style-type: none"> - З нульовим ЕС (ZEB) - Енергопозитивні будівлі (PEB) 				
<ul style="list-style-type: none"> - З ультранизьким ЕС (ULEB) - З майже нульовим ЕС (NZEВ) 	<ul style="list-style-type: none"> - З нульовим ЕС (ZEB) - Енергопозитивні будівлі (PEB) 						
Рівня викидів в атмосферу 	<ul style="list-style-type: none"> - З низьким рівнем викидів в атмосферу (LCB) - З нульовим рівнем викидів в атмосферу (ZEB) 						
Комерційності	<ul style="list-style-type: none"> - Будівлі класу А+ - Будівлі класу В - Будівлі класу А 						

Рис 40. Класифікація ЕОБ за ознаками.
Джерело: автор, 2025.

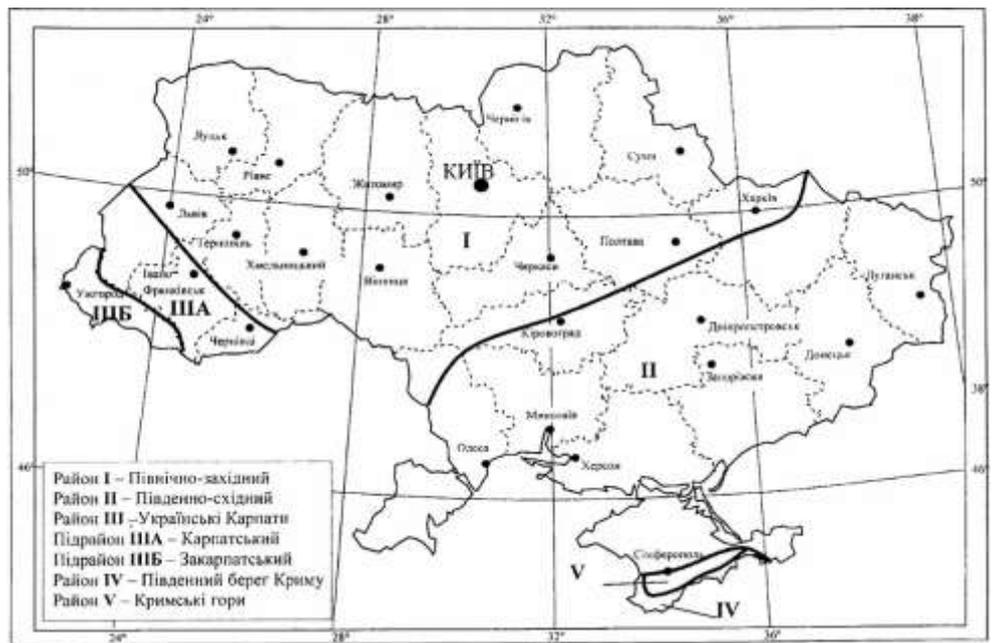


Рис 41. Архітектурно-будівельне кліматичне районування території України. Джерело: Мінрегіонбуд України, 2011.

Таблиця 1

Порівняння кліматичних зон України за Коррен-Гейгер

Код	Тип клімату	Регіони України	Характеристика
Bsk	Холодний, посушливий, степовий	Північний Крим, Присивашся, узбережжя Одещини та Херсонщини	Дуже мало опадів, високе випаровування. Посушливе літо, дефіцит вологи
Cfa	Вологий субтропічний	Південний берег Криму	М'яка зима (температура вище 0° C), спекотне літо. Опади рівномірні або з максимумом взимку
Cfb	Помірний морський	Гірські райони Криму, окремі райони Закарпаття	М'яка зима, але літо не таке спекотне, як у субтропіках. Більш волого
Dfa	Вологий континентальний (спекотне літо)	Степова зона: Південь та Південний Схід України	Чітко виражена морозна зима та дуже спекотне літо (середня температура липня >22° C)
Dfb	Вологий континентальний (тепле літо)	Лісостеп та Полісся: Північ, Захід, Центр України	Найпоширеніший тип. Морозна зима та помірно тепле літо (середня температура липня <22° C)
Dfc	Субарктичний (субальпійський)	Високогір'я Карпат (пояс хвойних лісів та криволісся)	Коротка прохолодна вегетація (менше 4 місяців із температурою >10° C). Сувора зима

Однак, згідно з чинного ДБН «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» (Мінрегіон України, 2022), Україна має дві кліматичні зони (рис. 45, б);

За ознаками кліматичної зони ЕОБ поділяються на:

- а) будівлі, що розміщуються у I-й кліматичній зоні.*
- б) будівлі, що розміщуються у II-й кліматичній зоні.*

Згідно кліматичних карт, схем переважних напрямків та швидкості вітру, даних щодо сонячної та теплової радіації, опадів та снігового покриву, вологості повітря, хмарності, фактору мутності атмосфери, природної освітленості та інших кліматичних даних (Мінрегіонбуд України, 2011), а також аналізу наукової літератури та узагальнення міжнародного та вітчизняного досвіду проєктування, будівництва та експлуатації ЕОБ виявлено, що архітектурні та інженерні рішення ЕОБ мають відрізнятися в залежності від конкретних кліматичних умов України.

За ознаками розміщення у структурі міста ЕОБ поділяються на:

а) будівлі, що розміщуються у щільній міській забудові. Як правило це ЕОБ, що оточені забудовою з двох, чи більше боків. Ці ОБ мають дуже обмежені можливості стосовно використання такої стратегії пасивного архітектурного проєктування, як «Вибір форми та орієнтації», тому що в даному випадку форма будівлі у плані продиктована містобудівним контекстом. Для таких ОБ більш актуальним архітектурним прийомом для досягнення ЕЕ є оптимізація фасадних рішень. Наприклад: Штаб-квартира Bloomberg, Лондон, Велика Британія, арх. Foster + Partners, 2017; Bullitt center, Сіетл, США, арх. Miller Hull Partnership, 2013; Google King's Cross, Лондон, Велика Британія, арх. Heatherwick Studio, BIG, 2015, проєкт; та ін.

б) Будівлі, що розміщуються на ділянках за містом (без оточуючої забудови). За звичай це ОБ, чи комплекси, що займають великі земельні ділянки, розміщуються поза центральною частиною міста, чи за містом, та оточені просторими зеленими зонами. Для цих типів ОБ може бути активно застосована така архітектурна стратегія пасивного проєктування, як «Вибір

форми та орієнтації», тому що відстані між ОБ можуть бути досить великими, а вплив однієї будівлі на іншу – мінімальним, що забезпечує високу варіативність проєктування. Наприклад комплекси: Googleplex, Маунтейн Вью, США, арх. Clive Wilkinson Architects, 2005; Google Bay View, Маунтейн Вью, США, арх. BIG, Heatherwick Studio, 2022; Штаб-квартира Microsoft, Редмонд, США, арх. SOM, 2018; Apple Park, Купертіно, США, арх. Foster and Partners, 2017; та ін.

За ознаками архітектурно-планувальних рішень ЕОБ поділяються на дві категорії: за планувальними схемами та за планувальними рішеннями.

Згідно планувальних схем ЕОБ поділяються:

а) коридорна є найбільш розповсюдженою в архітектурній практиці. Існує наступні варіанти компоновки ОП при коридорному плануванні: *однорядні, дворядні і трирядні*.

Згідно (Neufert і Neufert, 2012), однорядне планування офісних поверхів можливе тільки при широкому корпусі будівлі, що погіршує показники природнього освітлення і тим самим погіршує ЕЕ. Такі рішення є скоріш винятками ніж типовими рішеннями у загальній практиці проєктування.

Дворядне планування є більш розповсюдженим і більш економічно ефективним ніж однорядне, а також має значно кращу ЕЕ за рахунок кращих показники природнього освітлення.

Трирядне планування є більш типовим для висотних, багатоповерхових та будівель підвищеної поверховості. Такі ОБ мають розвинені СЛВ, а глибина приміщень вздовж зовнішніх стін становить не більше ніж 7 м. Влаштування світлових колодязів для проникнення природнього освітлення до центрального ряду може покращувати ЕЕ.

б) при атріумній планувальній схемі замість коридорів ОП з'єднуються галереями. Атріумна схема має переваги з точки зору можливості природної вентиляції через атріум (stack effect) та можливості нічного провітрювання, а також за рахунок природнього освітлення галерей та освітлення приміщень, що примикають до галерей. Наприклад: Manitoba Hydro place, Вінніпег, Канада,

архіт. KPMB Architects, 2009; Stadttor, Дюссельдорф, Німеччина, архіт. Petzinka & Partners, 1998; Forum Chriesbach, Дюбендорф, Швейцарія, архіт. Bob Gysin Partner, 2006; та ін.

в) *анфіладна* є послідовним розташуванням приміщень, які безпосередньо один за одним об'єднуються між собою через прорізи в стінах наскрізним проходом, формується система прохідних залів - приміщень. Це схема є рідкою і характерна для пристосованих чи реконструйованих об'єктів.

д) *комбінована* є такою, що поєднує елементи всіх попередніх планувальних схем.

Згідно планувальних рішень ЕОБ поділяються:

а) *відкрите планування* – ця «концепція, з'явилася у 1960-х роках з такими аргументами, як прозорість і керованість трудових процесів, розвиток почуття корпоративної свідомості, раціонально організоване багатофункціональне ОП» (Neufert і Neufert, 2012). Цей тип планування характеризується великими приміщеннями глибиною 20-30 м, високою вартістю будівництва та експлуатації, обмеженими можливостями для реконструкції, не високою гнучкістю у світлі сучасних вимог: відкриття вікон, керування освітленням, кондиціонування та електропостачання. Згідно (Henkel, 1989), концепція відкритого планування отримала негативне сприйняття з боку офісних співробітників завдяки низькому акустичному та візуальному комфорту, соціальному контролю та ін.

З точки зору ЕЕ такий тип планування ОБ веде до підвищеного ЕС завдяки високій залежності від штучного освітлення та механічної вентиляції.

б) *кабінетне планування* – класичне офісне планування, де ОП призначається для одного або декількох співробітників, чи не великих груп. Цей тип планування є більш прийнятний для малих офісних організацій, коли на поверсі ОБ розташовуються одразу багато офісних організацій. Показники теплового комфорту, вентиляції, кондиціонування та ін. при кабінетному плануванні легко змінювати в залежності від потреб співробітників.

З погляду ЕЕ такий тип планування ОБ має нижче ЕС завдяки тому, що

будівлі мають не велику ширину корпусу (до 17 м), що покращує показники природнього освітлення та меншу залежність від механічної вентиляції.

б) *реверсивне планування* – покращений тип *відкритого планування*, де часто є проблеми із: відсутністю диференційованого кондиціонування повітря, нестачею природнього освітлення, візуального та акустичного дискомфорту), а також спробою щодо покращення економічної ефективності та ЕЕ. Можливість встановлення пересувних перегородок для створення приміщень кабінетного типу для більш концентрованої роботи значно покращило потенціал щодо гнучкості приміщень.

Такий тип планування ОБ є значно кращим з погляду ЕЕ завдяки тому, що інженерні системи (опалення, кондиціонування, вентиляція) працюють більш диференційовано у різних приміщеннях.

в) *групове планування* – менші за розмірами приміщення з відкритим плануванням для групової роботи. В цьому варіанті офісного планування робочі місця віддалені від вікон не більше ніж на 7.5 м, що покращує умови роботи з точки зору: природнього освітлення, природньої вентиляції та ін.

Такі приміщення не потребують повного кондиціонування повітря, в них можна використовувати резервну вентиляцію (*back up ventilation*), а також відкривання вікон, що робить ОБ з таким типом планування більш ЕЕ.

г) *змішане (різноформатне планування)* – (*combi-office*) за (Neufert і Neufert, 2012) забезпечує відповідними приміщеннями в залежності від вимог офісної організації. Це передбачає гнучке планування приміщень, для групової чи індивідуальної роботи, а також *hot desking* – не персоналізовані робочі місця, що можуть використовуватися різними працівниками за потреби. Такий тип офісного планування підходить для офісних організацій де місце роботи працівників може змінюватися відповідно до щоденних робочих обов'язків. Офіси з таким типом планування мають кабінети відокремлені скляними перегородками від відкритих приміщень, а також гнучку «клубну» атмосферу, що сприяє гарному самопочуттю та здоров'ю співробітників.

Зміна цінностей щодо робочих місць, високі ціни на енергоносії та вимоги

щодо вуглецевої нейтральності призводять до появи нових архітектурно-планувальних рішень, що призначені для регулювання температури в ОП та природної вентиляції (зимові сади, холи, подвійні фасади). Тому змішане планування ОБ зазвичай має переваги комфортної праці та високої ЕЕ.

До планувальних рішень також відноситься розміщення СЛВ у ОБ. За розміщенням СЛВ, ЕОБ поділяються на:

а) в центрі будівлі. Таке розміщення СЛВ дає можливість збільшити площу ОП вздовж зовнішніх стін ОБ, що в свою чергу підвищує показники денного освітлення;

б) з північного боку будівлі дає змогу зменшити вплив таких несприятливих кліматичних умов як: напрямок панівних вітрів в зимовий період, недостатній рівень денного освітлення та відсутність прямих сонячних променів;

в) з західного боку будівлі дає змогу зменшити вплив таких несприятливих кліматичних умов як: велика інтенсивність сонячної радіації у другій половині дня, що веде до небажаних теплонадходжень у літній період, низький кут сонячних променів у другій половині дня, що створює відблиски і візуальний дискомфорт в ОП;

г) з східного чи південного боку будівлі. Розміщення СЛВ зі східного чи південного боку будівлі є не бажаним тому, що ці сторони є найбільш сприятливими з точки зору кліматичних умов України;

За формою плану ЕОБ поділяються на:

а) Прямокутник, квадрат, трикутник, багатокутник ін.;

б) П-образні, Н-образні, Т-образні ін.;

в) Коло, еліпс, кільце, півкільце та ін.;

г) Комбіновані;

Форма плану ОБ значно впливає на її ЕЕ, однак вона має розглядатися у сукупності з КС, шириною корпусу та орієнтацією засклених фасадів будівлі за сторонами світла. Так, ОБ з однаковими формами плану але різними орієнтаціями засклених фасадів за сторонами світла будуть мати різні

показники ЕЕ. Так само, ОБ з однаковими формами плану але різними КС будуть мати різні показники ЕЕ.

Основними показниками форми ОБ у плані є КК та ширина корпусу. Більш компактні будівлі у холодному кліматі мають тенденцію до вищої ЕЕ. Але занадто компактні будівлі можуть означати високу ширину корпусу будівлі, що погіршує можливість денного освітлення ОП і сприяє підвищенню енергозатрат на електроосвітлення. Тому компроміс між компактністю та шириною корпусу будівлі забезпечує ЕЕ. Зазвичай ширина корпусу становить 13-18 м тому що природне освітлення з одного боку проникає на глибину до 7 м.

Важливим є розробка плану ОБ таким чином, щоб південний фасад мав більшу довжину для отримання максимальної кількості сонячної радіації (для пасивного нагрівання взимку), а східний та західний фасади – мінімальну. Таким чином, можна виділити два види форми планів ЕОБ:

меридіональні (орієнтація осі Північ-Південь, більшість вікон виходить на схід, захід);

широтні (орієнтація осі Схід-Захід, більшість вікон виходить на північ, південь).

Варіанти форми планів будівель на основі паралелепідів, еліпсів, напів кола та інших форм розвинутих по осі Схід-Захід (широтних) є потенційно більш ЕЕ в кліматичних умовах України;

За функціональним призначенням ЕОБ поділяються (згідно додатку А, ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будинки та споруди. Основні положення») на:

а) *офісні (адміністративні) будівлі* – можуть мати стандартне ЕС через стандартні нормативні рівні освітленості (300 lux), але воно може змінюватися в залежності від кількості співробітників на м² площі ОП та кількості офісного обладнання;

б) *науково-дослідні інститути* – можуть мати вище ЕС, через більш високі нормативні рівні освітленості (500 lux), та використання специфічного енергоємного обладнання;

в) проєктні та конторські організації – також можуть мати вище ЕС, через більш високі рівні освітленості (500 lux), та використання специфічного енергоємного обладнання;

г) інформаційні центри – можуть мати підвищене ЕС, через використання великої кількості офісного та ін. обладнання;

д) установи органів управління – стандартне ЕС;

е) правоохоронні організації – стандартне ЕС;

е) установи громадських організацій – стандартне ЕС;

ж) установи кредитування, страхування та комерційного призначення – стандартне ЕС;

з) банки – стандартне ЕС;

і) біржі – можуть мати підвищене ЕС, через велику кількість працівників на м² площі операційного приміщення та пов'язані з цим енергозатрати на охолодження приміщень;

За поверховістю (умовною висотою) ЕОБ поділяються (згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги») на:

а) Малоповерхові (заввишки $H \leq 9\text{м}$), мають високу ЕЕ завдяки значно меншому ЕС для функціонування систем ОВіК, ліфтів та ін.;

б) Середньої поверховості (згідно закордонного досвіду, 4 - 10 поверхів) та зокрема великі у плані ОБ середньої поверховості (groundscraper, landscraper) демонструють високу ЕЕ завдяки, в тому числі, меншому ЕС для функціонування систем ОВіК, ліфтів та ін.;

в) Багатоповерхові (заввишки $9\text{м} < H \leq 26,5\text{м}$) демонструють трохи нижчу ЕЕ завдяки більшому ЕС для функціонування систем ОВіК, ліфтів та ін.;

г) Підвищеної поверховості (заввишки $26,5\text{м} < H \leq 47\text{м}$) демонструють нижчу ЕЕ завдяки більшому ЕС для функціонування систем ОВіК, ліфтів та ін.;

д) Висотні (заввишки $H > 47\text{м}$) демонструють нижчу ЕЕ завдяки більшому ЕС для функціонування систем ОВіК, ліфтів та ін.;

За ознаками конструктивних схем ЕОБ поділяються на такі типи:

а) *Стінові* – в залежності від розташування несучих стін, розрізняють: перехресно-стінову, поперечно-стінову і поздовжньо - стінову конструктивні схеми. До ОБ із стіною конструктивною схемою зазвичай відносяться існуючі будівлі, що можуть підлягати реновації та термо-модернізації.

б) *Великопанельні безкаркасні* – складаються з несучих стінових панелей і несучих перегородок. Просторова жорсткість без каркасних ОБ забезпечується конструкціями СЛВ, міжповерховими перекриттями та ін. Це збірні конструкції, що характеризуються високою швидкістю будівництва, зменшенням кількості будівельників на майданчику, зменшенням опалубних та ін. робіт на місці, покращенням точності і контролем якості, довговічністю та естетичною привабливістю, а також зменшенням негативного впливу на навколишнє середовище.

в) *Каркасні та каркасно-панельні* – несучий каркас будівель складається із несучих вертикальних колон (стойок каркаса), горизонтальних ригелів (прогонів), на які спираються плити перекриття і діафрагми жорсткості. В залежності від типу з'єднання вертикальних колон і горизонтальних ригелів, виділяють три варіанти конструктивних схем: рамну, рамно-зв'язкову і зв'язкову. Монолітно-каркасні – це окремий випадок каркасної конструктивної схеми з використанням монолітного залізобетону. Це економічно вигідний метод будівництва що підходить для великомасштабних об'єктів, що характеризуються не високою швидкістю будівництва, великою кількістю будівельників на майданчику, не високою точністю і якістю будівництва, негативним впливом на навколишнє середовище.

г) *З об'ємних блоків* – блокові, блоково-панельні і каркасно-блокові. Характеризуються дуже високою швидкістю будівництва, невеликою кількістю кваліфікованих будівельників на майданчику, високою міцністю та якістю матеріальної структури елементів, низьким впливом на навколишнє середовище.

д) *Стовбурні* – з консольними перекриттями; з консольними платформами; з перекриттями, підвішеними на сталевих підвісках до консольних оголовків;

комбіновані – із стовбуром, жорсткості та колонами каркаса.

є) *Комбіновані* конструктивні схеми можливі в рамках великомасштабних проектів, де до різних частин об'єкта можуть бути використані різні конструктивні схеми.

За застосуванням конструктивних будівельних матеріалів ЕОБ поділяються на:

а) *Дрібнорозмірні* – це традиційні конструктивні матеріали, що зазвичай використовуються стінових та каркасних конструктивних системах. До них відносяться: цегла; керамоблоки; газо-, перліто-, шлако- бетонні блоки та ін. Ці матеріали використовують в малоповерховій забудові, а також для заповнення в каркасних будівлях. Перевагою цих матеріалів є їхні високі тепло ізолюючі характеристики.

б) *Залізобетонні* – це найбільш розповсюджений будівельний матеріал у світі. Але його використання має негативний вплив на навколишнє середовище, включаючи вуглецевий слід до 5% від світових викидів. Впровадження інноваційного бетону, що може зберігати CO₂ може стати сталим рішенням у будівництві. Залізобетонні конструкції підлягають повторній переробці що підвищує їхню сталість.

в) *Металеві* – сталеві конструкції забезпечують великі прольоти поверхів ОБ без колон. Завдяки їхньому використанню підвищується швидкість будівництва за рахунок попереднього виготовлення конструктивних елементів будівель на заводі. Виготовлення металевих конструкцій вимагає використання великої кількості енергії і великих викидів CO₂ в атмосферу, але ці конструкції підлягають повторній переробці що значно підвищує їхню сталість.

г) *З інженерної деревини* – це стале рішення, виготовлене з відновлюваних продуктів, де деревина ефективно блокує вуглець у будівельній конструкції, а не викидає його в атмосферу. Ці конструкції можуть бути попередньо виготовленими в заводських умовах, що робить їх монтаж і будівництво швидким, тихим і безпечнішим, а також зменшує відходи. Інженерна деревина

працює так само добре, як і традиційні будівельні матеріали, щодо теплоізоляції, звукоізоляції та протипожежної безпеки. Існують такі різновиди інженерної деревини: Поперечно-клеєна деревина (CLT); Ламінована деревина (DLT); Клеєна деревина (glulam); Клеєний брус (LVL); та ін. Наприклад: Bullitt center, Сієтл, США, арх. Miller Hull Partnershipта, 2013; Black & White Building, Лондон, Велика Британія, арх. Waugh Thistleton Architects, 2023 р.; The Soto Office Building, Сан Антоніо, США, арх. BOKA Powell, Lake Flato Architects, 2020 р.; та ін.

д) *Комбіновані*. Сучасні ЕОБ часто поєднують конструктивні елементи із різних матеріалів. Ефективним з точки зору сталості є поєднання залізобетонних чи металевих конструкцій для окремих частин будівлі (сходово-ліфтове ядро, перші та підземні поверхи та ін.) та інженерної деревини для інших частин будівлі.

Згідно з рішенням Європейської Комісії, інженерне та інше обладнання поділяється на класи від А до G (Directorate-General for Energy, 2025). «А» – цей клас поки є порожнім, щоб залишити місце для розробки більш енергоефективних моделей; «В» – надвисока висока енергоефективність; «С» – висока ЕЕ; «D» – середня ЕЕ. «Е» – ЕЕ нижче за середню; «F» – низька ЕЕ; «G» – дуже низька ЕЕ. Класи енергоефективності інженерного обладнання можуть відрізнятися в залежності від країни. **За використанням інженерного та іншого обладнання ЕОБ поділяються на:**

а) *Використання обладнання з високою і середньою енергоефективністю (класи «А», «В», «С», «D»).*

б) *Використання обладнання з низькою енергоефективністю (класи «Е», «F», «G»).*

ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» (Мінрегіон України, 2022) регламентує вимоги до розділу проекту – *енергоефективність*. Цей розділ є обов'язковим для нового будівництва, реконструкції, у тому числі з метою термомодернізації громадських будівель.

Згідно закону України “Про енергетичну ефективність

будівель“ (Відомості ВР України, 2017), до складу проектної документації має входити *енергетичний сертифікат* – це документ розробляється згідно встановленої форми і відображає клас енергоефективності з відповідними показниками. Енергетичний сертифікат розробляється на етапі вводу будівлі в експлуатацію і надає план підвищення ЕЕ будівлі, що оцінюється з врахуванням місцевих кліматичних умов. Він включає в себе такі дані про будівлю: рік прийняття в експлуатацію, кількість поверхів, місце розташування, функціональне призначення, площу та об’єм будівлі, характеристику огорожувальних конструкцій, фактичні показники ЕС будівлі та клас ЕЕ, рекомендації щодо підвищення класу енергоефективності будівлі.

Наказ «Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель» (Мін. регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018) встановлює механізм визначення ЕЕ будівель. Згідно документу визначається *питоме енергоспоживання будівлі* для опалення, охолодження, постачання гарячої води, вентиляції та освітлення, що належить до одиниці опалюваної (охолоджувальної) площі будівлі. За ЕС ОБ поділяються на класи ЕЕ. Класи – це умовні рівні (А, В, С, D, Е, F, G), де клас А – найкращий, а G – найгірший. Встановлений мінімум для комфортної роботи, це клас С.

Таким чином за класом ЕЕ ЕОБ поділяються на:

- а) А найбільш ЕЕ (ЕС менше 45% від норми);
- б) В високий рівень ЕЕ (від 45% до 80% від норми);
- г) С мінімально допустимий клас ЕЕ (від 80% до 100% від норми);
- д) D трохи не відповідають вимогам ЕЕ (від 100% до 120% від норми);
- е) Е задовільний рівень ЕЕ (від 125% до 160% від норми);
- е) F низька ЕЕ (від 160% до 210% від норми);
- ж) G найнижчий рівень ЕЕ (понад 210% від норми);

Згідно зарубіжних джерел існують різні типи будівель за ЕС. Класифікація будівель різниться в залежності від країни. Українське законодавство зазвичай слідує термінології Європейського Співтовариства

(European Commission, 2018).

Так, Закон (Відомості ВР України, 2017) надає визначення поняття будівлі з близьким до нульового рівня ЕС, це аналог терміну Європейської Комісії (*Nearly zero energy / Net zero energy buildings (nZEB/NZEB)*) – це будівлі, що мають дуже високу ЕЕ, тоді як майже нульова або дуже низька кількість необхідної енергії має покриватися в дуже значній мірі за рахунок енергії з відновлюваних джерел, вироблену на місці або поблизу Також, Наказ «Вимоги до будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії та ін.» (Мін. розвитку громад та територій України, 2025) конкретизує вимоги до будівель з близьким до нульового рівня ЕС, включно з вимогами: до теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій; до герметичності оболонки; до інженерних систем.

Таким чином **за споживанням енергії** ЕОБ поділяються на:

а) *будівля з ультранизьким енергоспоживанням (Ultra low energy buildings)*. Це будівлі з наднизьким ЕС (ULEB) є подальшим розвитком будівель з низьким ЕС, які вимагають до 90% менше споживання первинної енергії, ніж звичайні нові будівлі. Будівля з ультранизьким ЕС максимізує потенціал енергоефективності будівлі. Щоб досягти цих низьких рівнів ЕС, потрібен підхід підвищеної ефективності. Будівлі з ультранизьким ЕС встановлюють більш амбітні стандарти ЕЕ, використовуючи найбільш енергоефективні компоненти та системи, доступні для зменшення споживання енергії. Це споживання енергії бажано покривати за рахунок відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна енергія, геотермальна енергія, енергія біомаси та ін. (bigEE Buildings Guide, 2013).

б) *будівля з близьким до нульового рівнем споживання енергії (nZEB/NZEB)* створюються на основі двох принципів – зменшення енергоспоживання будівлі шляхом підвищення її ЕЕ та виробництво енергії на місці з використанням відновлюваних джерел. «Це будівля з рівнем енергетичної ефективності, що перевищує встановлені мінімальні вимоги, в якій для формування належних умов життєдіяльності людей використовується енергія із значною часткою

енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії». Цей термін прийнятий в ЄС та Україні (Відомості ВР України, 2017);

в) *будівля з нульовим енергоспоживанням (Zero-energy buildings)*. Це енергоефективна будівля (ZEB), для якої фактичне річне постачання енергії, менше або дорівнює енергії, що генерується на місці з відновлювальних джерел. Цей термін прийнятий у США (US Department of energy. Energy efficiency and renewable energy, 2015), (European Union, 2024, April).

г) *енергопозитивні будівлі (Plus energy buildings/Positive energy buildings)*. Будівлі (PEB), в яких енергетичний баланс між відновлюваною енергією (сонячна енергія, геотермальна енергія, енергія вітру, енергія біомаси та ін.), що вироблена та спожита будівлею є позитивним, то вони можуть вважатися енергопозитивними, оскільки вони здатні передавати надлишок енергії в інші будівлі або в електромережу. Цей термін прийнятий в ЄС (European Commission, 2023).

За викидами в атмосферу ЕОБ поділяються на такі типи:

а) *з низьким рівнем викидів в атмосферу (Low carbon buildings)*. Згідно (The UK Green Building Council, 2019), будівлі з низькими викидами вуглецю в атмосферу мають виконувати наступні кроки: проводити та оприлюднювати оцінку викидів вуглецю за весь термін експлуатації будівлі, щоб сприяти скороченню цим викидам; втілений вуглецевий вплив на всіх стадіях процесу будівництва слід вимірювати та компенсувати при завершенні; зменшення енергопотреб будівлі має бути пріоритетним над іншими заходами; споживання енергії будівлі має розраховуватися та оприлюднюватися на щорічній основі; пріоритетним має бути видобуток енергії на місці із відновлювальних джерел; відновлювані джерела енергії за межами ділянки повинні мати додатковий статус; будь-який залишок вуглецю слід компенсувати за допомогою визнаної системи компенсації; сума використаних взаємозаліків повинна бути публічно оприлюднена.

б) *З нульовим рівнем викидів в атмосферу (Zero-emission buildings)*. Тип будівлі (ZEB) визначається, як будівля з дуже високою ЕЕ, для якої необхідна

дуже низька кількість енергії, що майже повністю покривається за рахунок енергії з відновлюваних джерел і майже без викидів вуглецю на місці від викопного палива. Основне завдання полягає в скороченні експлуатаційних викидів парникових газів. Визначення ZEB додатково включає розрахунок потенціалу глобального потепління протягом життєвого циклу і його розкриття в сертифікаті EE будівлі. Ці будівлі мають прийти на заміну NZEB будівлям. Згідно (European Union, 2024), такими будівлями мають бути нові громадські будівлі до 2028 р. і усі інші нові будівлі до 2030 р. (European Commission, 2018).

За ознаками комерційної ЕОБ поділяються на:

а) ОБ класу А+, це нові будівлі, що характеризуються централізованим управлінням системами життєзабезпечення, контролем мікроклімату, температури, вологості та ін.), а також наявністю місць для відпочинку і прийняття їжі (ресторани, кафетерії), ефективним плануванням, світлими приміщеннями з великими вікнами і високими стелями. Зазвичай такі ОБ мають високі показники щодо EE та комфорту співробітників (Древич, 2024).

б) ОБ класу А, це нові та реконструйовані будівлі, з менш ефективним плануванням простору та меншою кількістю вікон, а також нижчим рівнем систем підтримки мікроклімату. Такі ОБ мають дещо нижчі показники щодо EE та комфорту.

в) ОБ класу В, це реконструйовані чи пристосовані будівлі, з меншим рівнем комфорту офісних приміщень і нижчим рівнем систем інженерного забезпечення (опалення, вентиляція, кондиціонування, водопостачання). Такі ОБ мають значно нижчі показники щодо EE та комфорту.

2.3. Особливості проєктування ЕОБ в залежності від виду будівництва.

Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» (Відомості ВР України, 2011) визначає, види будівництва як: нове будівництво, реконструкція, реставрація, капітальний ремонт об'єкта будівництва. Виходячи з цього проєктування ЕОБ має особливості для:

- а) нового будівництва;
- б) в умовах реконструкції;
- в) в умовах реставрації;
- г) в умовах капітального ремонту.

Автором розроблена аналітична таблиця (за винятком капітального ремонту), що розкриває ці особливості (рис. 42).

При новому будівництві поза історичних ареалів міст проєктування здійснюються на основі вимог містобудівної документації, вимог замовника та ін. При цьому майже без обмежень можуть використовуватися усі стратегії, методи та прийоми для досягнення ЕЕ ОБ. Серед них такі **пасивні архітектурні стратегії** як:

- оптимізація форми будівлі;
- оптимізація орієнтації закслених фасадів за сторонами світу;
- оптимізація КС фасадів;
- оптимізація пропорцій скління фасадів;
- оптимальний вибір типу скління фасадів;
- використання фіксованого ЗС;
- самозатінення скління за рахунок об'ємно-просторових рішень;
- пасивне опалення за рахунок сонячної радіації;
- використання природної вентиляції;
- широке використання денного світла;
- оптимізація вузлів огорожувальних конструкцій;
- використання підвищеної теплоізоляції (зовнішнє) ;
- досягнення мінімальної інфільтрації;
- використання «зелених» покрівель і стін, інтеграція озеленення;
- використання внутрішніх конструкцій з високою теплоємністю;
- використання «подвійних фасадів»;



	1	2	3
Пасивні архітектурні стратегії			
- Оптимізація форми будівлі	•		
- Оптимізація орієнтації засклених фасадів за сторонами світу	•		
- Оптимізація коефіцієнту скління фасадів	•	•	
- Оптимізація пропорцій скління фасадів	•	•	
- Оптимальний вибір типу скління фасадів	•	•	
- Використання фіксованого зовнішнього сонцезахисту	•	•	
- Самозатінення скління за рахунок об'ємно-просторових рішень	•	•	
- Пасивне опалення за рахунок сонячної радіації	•	•	•
- Використання природної вентиляції	•	•	•
- Широке використання денного світла	•	•	•
- Оптимізація вузлів огорожувальних конструкцій	•	•	
- Використання підвищеної теплоізоляції (зовнішнє)	•	•	
- Досягнення мінімальної інфільтрації	•	•	•
- Використання «зелених» покрівель і стін, інтеграція озеленення	•	•	
- Використання внутрішніх конструкцій з високою теплоємністю	•	•	•
- Використання «подвійних фасадів»	•	•	
Активні інженерні стратегії			
- Системи управління будівлею	•	•	•
- Енергоефективні інженерні системи	•	•	•
- Адаптивне освітлення	•	•	•
- Використання автоматизованого зовнішнього сонцезахисту	•	•	
- Інтеграція до фасадів та покрівель енергогенеруючих систем	•	•	
- Оснащення енергогенеруючими системами	•	•	•
Методи термомодернізації та реставрації			
- Заміна вікон та зовнішніх дверей	•	•	
- Збереження та реставрація автентичних частин		•	•
- Збереження матеріальної складової пам'ятки			•
- Утеплення фасадів (внутрішнє) та покрівель			•

*Має бути збережено висотність, масштабність, пластичне вирішення форм, характер, оздоблювальні матеріали та ін. Межі історичних ареалів - згідно історико-архітектурного опорного плану

** Мають бути виконані вимоги щодо не допуску спотворення архітектурної форми пам'ятки як ззовні, так і в інтер'єрі; бути безпечною для персоналу і відвідувачів об'єкта; забезпечувати надійне і довговічне збереження пам'ятки в автентичному стані, а також не впливати негативно її історико-культурний образ

Рис 42. Особливості проєктування ЕОБ в залежності від виду будівництва
Джерело: автор, 2025

А також такі **активні інженерні стратегії** як:

- системи управління будівлею;
- енергоефективні інженерні системи (приточно-витяжна вентиляція з теплообмінниками; геотермальні та інші теплові насоси та ін.);
- адаптивне освітлення;
- використання автоматизованого зовнішнього сонцезахисту;
- інтеграція до фасадів та покрівель енергогенеруючих систем з відновлювальних джерел (фотовольтаїчні, сонячні теплові та ін.);

При новому будівництві в історичних ареалах (історичному середовищу міст) має бути збережено висотність, масштабність, ритмічні особливості, оздоблювальні матеріали та ін. Це робиться для того щоб зберегти ідентичність і характер історично успадкованого середовища певної території міста. При цьому намагання імітувати архітектурні стилі минулих епох вважається не доречним рішенням, таким що девальвує цінність оригінальної оточуючої забудови. В цьому випадку існують деякі обмеження для при використанні стратегій, методів та прийомів для досягнення енергоефективності ОБ.

Реновація існуючих будівель з підвищенням їхньої ЕЕ має економічне, екологічне, соціальне та культурне значення. Ефективне продовження часу експлуатації існуючих будівель сприяє сталому розвитку міст і загальним цілям сталого розвитку. Під час реновації існуючих ОБ та ЕЕ реставрації пам'яток виникає питання – як досягнути їх ЕЕ без спотворення образу цих будівель, зберегти автентичність та не втратити їхнього пам'яткоохороного статусу.

Так, (Rizzo, Örn та Luciani, 2019) надали методи енергомодернізації об'єктів культурної спадщини методи з одночасним збереженням автентичності. (Кащенко і Кордияка, 2024) розглянули загальні обмеження, що обумовлені історичним контекстом та специфічні характеристики конкретної будівлі, проєктні обмеження (Кащенко і Колісник, 2023) висвітлили процеси дослідження стану ЕЕ історичної забудови і окреслили основні застосовані

методики. У науко́й статті (Прибе́га, 2021) обґрунтовано визначення терміну «історичне середовище» старовинного міста; визначено, що матеріальною основою середовища є історично успадкований просторовий каркас міського утворення, який характеризується історико-культурною змістовністю, й відповідно розглядається як об'єкт охорони. У наук. статті (Прибе́га, 2022) за результатами морфологічного аналізу пам'ятки й осмислення основних складників, зокрема архітектурної форми, матеріальної структури та інших, розкрив пам'яткоохоронну сутність матеріальної субстанції об'єкта культурної спадщини та визначено поняття автентичності, як стану матеріальної субстанції пам'ятки.

Важливим питанням є дослідження принципів та прийомів ЕЕ реновації існуючих ОБ, функціональної адаптації будівель та реставрації пам'яток. Диференціювання підходів до ЕЕ реновації та реставрації в залежності від її місцезнаходження будівлі (історичні ареали) та її пам'яткоохоронного статусу.

З плином часу існуючі будівлі перестають відповідати сучасним потребам, нормативам та вимогам, зокрема і вимогами щодо ЕЕ. Реновація надає можливість адаптувати історичні будівлі під нові функції, і підвищити показники їхньої ЕЕ.

Під час реновації існуючих будівель має бути застосований загальний підхід, що відповідає цілям сталого розвитку (United Nations, 2023), який включає в себе: збереження культурної спадщини; зменшення вуглецевого сліду під час будівництва і експлуатації будівель; підвищення ЕЕ будівлі; видобуток енергії на місці з відновлюваних джерел; та ін. Реновація є сталим підходом до будівництва, тому що замість знесення і нового будівництва будівлі – продовжується її строк експлуатації, що значно зменшує витрати втіленої енергії та загалом вуглецевий слід будівлі. Але, для досягнення ЕЕ використовуються різні прийоми в залежності від пам'яткоохоронного статусу цих будівель.

Можна виділити три різні підходи до енергореновації в залежності від місцезнаходження будівель та їх пам'яткоохоронного статусу:

- а) існуючі будівлі, що знаходяться поза історичних ареалів міст;
- б) існуючі будівлі, що знаходяться в історичних ареалах міст;
- в) пам'ятки архітектури.

Існуючі будівлі, що не є пам'ятками і не знаходяться в історичних ареалах – не мають обмежень щодо змін поверховості, планувальної структури та зовнішнього вигляду. Тому зазвичай прийняття рішень залежать від: вимог містобудівної документації; вимог замовника; та професійної етики архітектора. При реновації чи реконструкції таких будівель використовуються наступні методи:

- збереження та реставрація автентичних частин існуючої будівлі;
- термомодернізація існуючих частин будівлі;
- розширення існуючої будівлі (прибудова чи надбудова) та ін.

При реновації існуючих будівель (фонова забудова) які не є пам'ятками але знаходяться в історичних ареалах має бути збережено висотність, масштабність, пластичне вирішення форм, характер, оздоблювальні матеріали та ін. Підґрунтям визначення меж історичних ареалів слугує історико-архітектурний опорний план. Будівельні роботи з реновації і в історичних ареалах мають бути узгоджені з органами охорони пам'яток (НДПМістобудування, 2012; НДПМістобудування, 2016; УкрНДПроектреставрація, 2016).

Будівлі, що є пам'ятками можуть мати історичну, культурну чи архітектурну цінність. При їх модернізації чи реставрації з метою підвищення енергоефективності має бути максимально збережена матеріальна складова пам'ятки, що визначає її автентичність. Тому існує цілий ряд обмежень, що висвітлені у Законах України, нормативних документах (Відомості ВР України, 2000; Кабмін України, 2001; Кабмін України, 2001;) та ін.

При реновації та енергореставрації також використовуються пасивні (архітектурні) стратегії, та активні (інженерні) стратегії. Основним методом досягнення енергоефективності цих будівель є – термомодернізація (Відомості ВР України, 2017), також можливе оснащення будівель енергогенеруючими

системами.

При реконструкції та реновації використовуються такі самі пасивні архітектурні стратегії та активні інженерні стратегії як і при новому будівництві. За винятком наступних:

- оптимізація форми будівлі;
- оптимізація орієнтації зашкленених фасадів за сторонами світу.

При енергореставрації це наступні пасивні архітектурні стратегії:

- досягнення мінімальної інфільтрації;
- використання внутрішніх конструкцій з високою теплоємністю;
- пасивне опалення за рахунок сонячної радіації;
- використання природної вентиляції;
- широке використання денного світла.

А також такі активні інженерні стратегії:

- системи управління будівлею;
- енергоефективні інженерні системи;
- адаптивне освітлення;
- оснащення енергогенеруючими системами з відновлювальних джерел.

Та такі заходи з термомодернізації та реставрації:

- збереження та реставрація автентичних частин;
- збереження матеріальної складової пам'ятки;
- утеплення фасадів (внутрішнє) та покрівель.

При енергомодернізації пам'яток основними підходами до оснащення інженерним обладнанням мають бути вимоги щодо не допуску спотворення архітектурної форми пам'ятки як ззовні, так і в інтер'єрі; бути безпечною для персоналу і відвідувачів об'єкта; забезпечувати надійне і довговічне збереження пам'ятки в автентичному стані, а також не впливати негативно на історико-культурний образ пам'ятки. Ступінь автентичності визначає якість реставрації: чим вище ступінь автентичності відреставрованої будівлі – тим вища якість її реставрації. Ці обмеження значно впливають на рівень підвищення енергоефективності, наприклад: можливе менш ефективне

внутрішнє утеплення будівлі замість зовнішнього якщо фасади мають цінність, а її інтер'єри не збереглися в аутентичному вигляді; заміна покрівлі будівлі з її утепленням, якщо оригінальна покрівля не вціліла; заміна вікон та дверей на більш енергоефективні, якщо аутентичні не збереглися та ін.

Згідно з вимог до будівель з близьким до нульового рівня споживання енергії (Мін. розвитку громад та територій України, 2025):

- при новому будівництві, вони мають відповідати класу ЕЕ «А».
- при реконструкції, вони мають відповідати класу ЕЕ не нижче «В».

В зарубіжній практиці енергореновації існуючих ОБ та функціональної адаптації будівель в історичному середовищі є дуже поширена і складається з таких заходів:

- підвищення відсотку денного освітлення;
- заміна вікон та зовнішніх дверей на більш енергоефективні;
- використання екологічних (сталіх) будівельних матеріалів;
- досягнення мінімальної інфільтрації;
- використання природної вентиляції;
- встановлення енергоефективних інженерних систем;
- встановлення енергогенеруючих систем та ін.

Прикладами є: K118 Korfbau Halle 118, Вінтертур, Швейцарія, арх. In-Situ, 2021. Існуючу адміністративну будівлю промислового підприємства було надбудовано триповерховим офісним блоком, збережено фасади існуючої будівлі, використано сталі екологічні будівельні матеріали (деревина, солома), матеріали вторинної переробки та повторного використання, встановлені зовнішні сонцезахисні ролети, встановлені ліхтарі верхнього світла, будівлю оснащено ЕЕ інженерними системами, встановлено фотовольтаїчні панелі на даху (рис. 43 а, б).

Реновація колишньої промислової будівлі під ОБ – Ombú, Мадрид, Іспанія, арх. Foster + Partners, 2022. Зовнішній вигляд існуючої будівлі було майже повністю збережено, внутрішні простори перебудовані з використанням екологічних матеріалів (деревина), додано ліхтар верхнього світла для

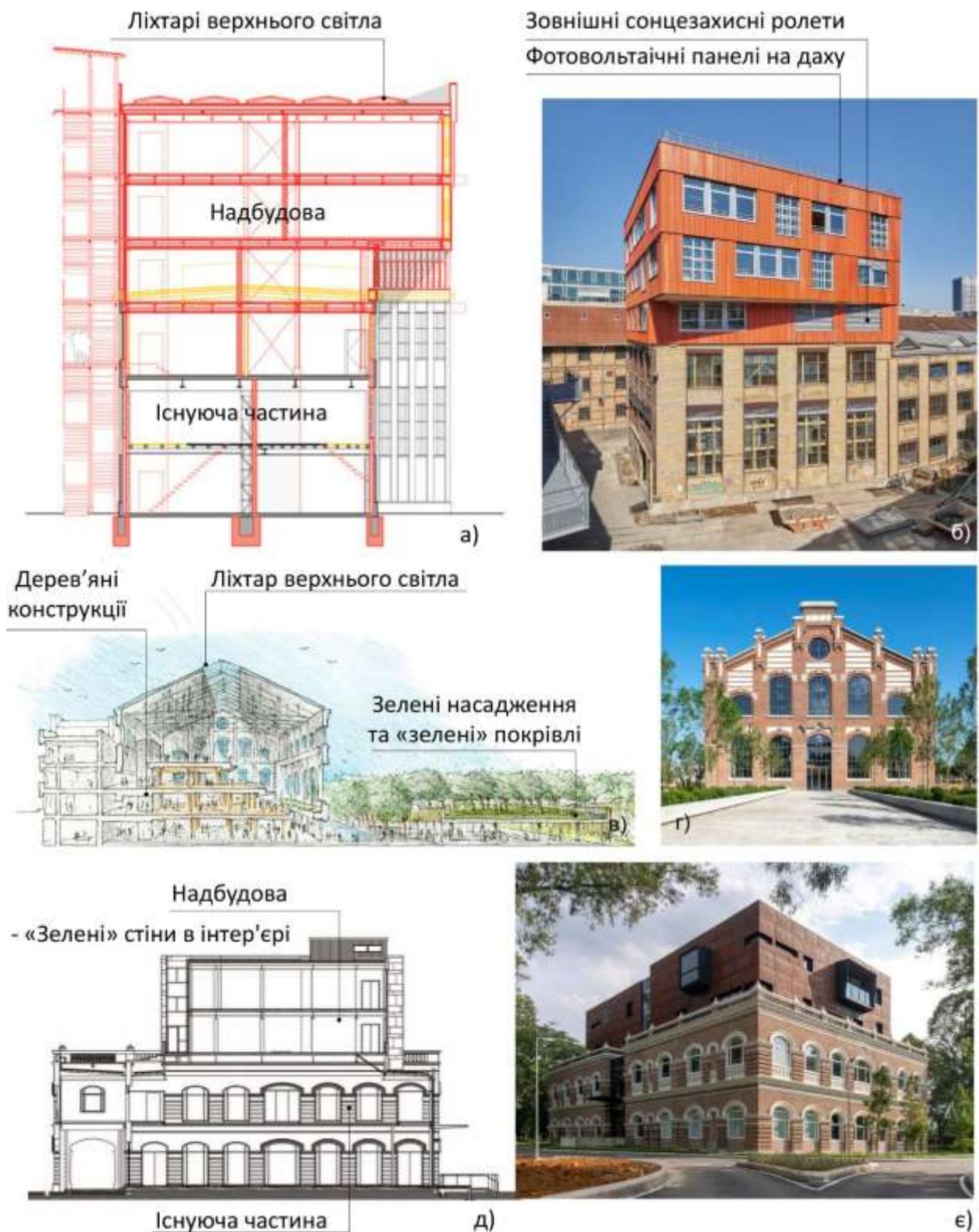


Рис 43. Міжнародна практика енергorenovaції існуючих ОБ.

а, б) – K118 Корфbau Halle 118, Вінтертур, Швейцарія, арх. In-Situ, 2021. Джерело: Archdaily, 2024; в, г) – Ombú, Мадрид, Іспанія арх. Foster + Partners, 2022. Джерело: Archdaily, 2024; д, е) – Реновація будівлі колишньої залізничної компанії під офісну функцію, Куала-Лумпур, Малайзія, арх. O2 Design Atelier, YTL Land & Development, 2021. Джерело: Archdaily, 2024; Джерело: ArchDaily, 2024

забезпечення ОП природним освітленням, будівлю було обладнано EE інженерним системами, скління із фотовольтаїчного скла виробляє електроенергію, зелені насадження та «зелені покрівлі» інтегровані до проєкту (рис. 43 в, г)..

Реновація будівлі колишньої залізничної компанії під офісну функцію, Куала-Лумпур, Малайзія, арх. O2 Design Atelier, YTL Land & Development, 2021. До реновації від існуючої будівлі залишалися тільки зовнішні стіни та частково внутрішні стіни. Двоповерхову будівлю було надбудовано ще двома поверхами, симетричну композицію існуючої будівлі було збережено, сучасний об'єм було підпорядковано існуючому об'єму будівлі, збережено фасади та внутрішні стіни існуючої будівлі, внутрішні конструкції будівлі з високою теплоємністю залишені відкритими, додано «зелені» стіни в інтер'єрі (рис. 43 д, є).

В Україні також існують приклади реновації, реконструкції, функціональної адаптації та реставрації існуючих будівель в історичному середовищі з підвищенням їхньої енергоефективності (серед них: Реновація фабрики «Рошен», Київ, Арх: In-Situ, AER, Kotsiuba Landscape Architecture, 2018. Будівлю було адаптовано під офісні функції, надбудовано мансардні поверхи, розширено, збережено і відреставровано фасади існуючої будівлі.

Будівля Посольства Японії в Україні, Київ, арх. Urban Design, 2021. Існуюча будівля не мала статусу пам'ятки, але перебувала в історичному ареалі міста. Реконструкція будівлі, поєднала такі прийоми як відтворення історичного головного фасаду з добудовою нової частини. Існуючий фасад оригінальної будівлі було утеплено ззовні і облицьовано сучасно цеглою, головні елементи оригінальної будівлі (цегляні архітектурні деталі та ліпнина) були відтворені. Таким чином можна констатувати, що існуюча будівля була часткова збережена, історична частина будівлі підвищила свою енергоефективність, але при цьому втратила автентичність.

Реновація торгово-офісного центру «La Fabrica», арх. Украина О., Украина Л., Дніпро, 2019. Існуючу двоповерхову будівлю було надбудовано та

розширено, змінено архітектурно-планувальні рішення, але при цьому фасади існуючої будівлі було збережено і відреставровано.

Будинок по вул. Богдана Хмельницького 9-а, Київ, арх. Віхарєв Реставрація, 2021. Двоповерхова будівля була відреставрована, але при цьому її було надбудовано двома мансардними поверхами, головний фасад зберігся, частково були демонтовано існуючі архітектурні деталі (карнизи та ін.).

Будинок по вул. Андріївський узвіз 10, Київ, 2021. Об'єкт є пам'яткою місцевого значення тому була проведена його реставрація. Частина об'єкту було демонтовано, але висотність та головний фасад зберігся. При цьому було змінено планувальні рішення, замінено покрівлю та ін.

Загалом існує значний потенціал щодо реновації та реконструкції існуючих ОБ, функціональної адаптації будівель інших функцій під офісну функцію та модернізацію із реставрацією пам'яток з метою досягнення енергоефективності. Рівень енергоефективності залежить від рівня втручання в матеріальну структуру цих об'єктів, що у свою чергу обмежується місцезнаходженням об'єкту (історичні ареали міст) та його пам'яткоохоронним статусом.

Досліджено, що проектування ЕОБ має особливості в залежності виду будівництва. При новому будівництві майже без обмежень можуть використовуватися усі наявні стратегії, методи та прийоми для досягнення енергоефективності ОБ. ЕЕ в умовах реконструкції та в умовах реставрації також забезпечується завдяки пасивним архітектурним та активним інженерним стратегіям проектування, але з певними обмеженнями. Основною відмінністю у методах енергореновації та термомодернізації стає:

- знаходження об'єктів в історичному ареалі міст;
- пам'яткоохоронний статус.

Енергомодернізація пам'яток має здійснюватися з дотриманням наукових методів реставрації задля досягнення максимально високого рівня збереження матеріальної складової пам'ятки та її автентичності.

Енергореновація існуючих будівель та енергомодернізація пам'яток веде

до значного продовження часу експлуатації будівель, що сприяє сталому розвитку міст і загальним цілям сталого розвитку.

2.4. Вплив енергоефективності на образність ОБ.

Питання архітектурної виразності сталих будівель та ЕОБ зокрема, де рисам як: екологічність, сталість, вуглецева нейтральність та ЕЕ у створенні образу ОБ та взагалі формування екологічної естетики сучасних будівель присвячено велика кількість наукових праць. Згідно (Lee, 2011), естетичні характеристики будівель вимірюються у відповідності до візуальній якості використаних матеріалів, але також щодо їхньої продуктивності, довговічності та потенційних небезпек. Автори (Sauerbruch і Hutton, 2011) закликають екологічно свідомих архітекторів виражати зміну парадигми використовуючи відповідну та позитивну мову архітектури, яка означає новий початок по відношенню до довкілля. Дослідник (Frampton, 2011), наголошує, що сталість може бути основою натхнення для збагачення та поглиблення естетики архітектури, а не як обмеження його естетичних можливостей.

Починаючи з другої половині ХХ-му ст. образність ОБ була заснована на проектних рішеннях інтернаціонального стилю, а саме на суцільно зашкленених фасадах. Великий вплив на формування цієї естетики мала творчість арх. Ludwig Mies van der Rohe. Його функціональний, мінімалістичний стиль, характеризувався чистими лініями, чіткими геометричними формами та обмеженою кольоровою палітрою. На противагу цьому, арх. Frank Lloyd Wright у ХХ-му ст. розвивав органічний стиль, котрий характеризувався природними, пластичними формами та гармонійною інтеграцією будівлі в навколишнє середовище. Ці два напрямки (модернізм, органічний стиль) заклали основи для розвитку сучасної образності та естетики сталої архітектури та ЕОБ зокрема.

В ХХІ-му ст. завдяки зміні цінностей архітектури в бік сталого розвитку та більш науковому підходу до проектування образність ЕОБ переживає зміни. Образність, візуальна мова (семіотика та семантика) сталої архітектури знаходиться на етапі формування і важливим є визначення її цінностей та

знайдення шляхів їхньої виразності. Автор (Bothwell, 2011) підсумовує, якщо архітектори будуть логічно та послідовно використовувати гуманістичний та раціональний підхід, заснований на пасивному дизайні, тоді може виникнути результуюча естетика як природний наслідок цього процесу.

Завдяки мультидисциплінарному підходу, що включає інженерно-технічні дисципліни та архітектурне проектування як мистецтво, використання стратегій пасивного дизайну і новітніх технологічних досягнень у будівельній галузі – відбувається перехід до сучасної екологічної архітектурної естетики.

Згідно дослідження (Тютіна, 2022), сучасні засади побудови архітектурної форми визначаються в тому числі, як оптимізація вимог сталого розвитку, а саме – гармонізація архітектурних форм і елементів, що забезпечують екологічність, енергоефективність, ресурсозаощадність.

Сучасна версія органічного стилю це гармонійне поєднання архітектури, природного середовища, і людини на основі місцевих кліматичних умов та наслідуванні природних форми (Олійник, 2023). Об'ємно-просторові рішення цих ОБ беруть натхнення з природи, зазвичай мають округлі форми та органічне планування.

Таким чином проектування на основі принципів органічної архітектури значно впливає на створення образу та естетики ЕОБ. Прикладами таких будівель є: Triodos Bank, Зейст, Нідерланди, арх. RAU Architects, 2019 р.; та ін.

Архітекторами використовуються пасивні (архітектурні) стратегії, та активні (інженерні) стратегії для скорочення енергопотреб ОБ. Фасади ОБ є важливим елементом для досягнення низького ЕС і головною складовою, що формує образність ОБ. Зазвичай, через фасади будівель (в залежності від форми будівлі) відбувається максимальний обсяг теплопередачі (тепловтрати та тепло-надходження). Тому оптимізація фасадів ОБ засобами архітектурного проектування є одним із основних прийомів проектування ЕОБ для скорочення ЕС. Так, наприклад, дослідження (Кнааск та ін., 2008) присвячене проблематиці проектування сталих, інноваційних фасадних рішень. Створення фасадів ЕОБ це науковий і творчий процес одночасно. Оптимальне об'ємно-

просторове рішення будівлі, що включає в себе і розробку фасадів будівлі стає можливим завдяки енергомодельованню, модельованню природного освітлення і природної вентиляції та ін.

Дослідження показують (Premrov та ін., 2015) що у разі високих показників скління південних, східних та західних фасадів, на них рекомендується застосування зовнішнього ЗС. Проектування ЗС за допомогою ритмічних та метричних композиційних засобів є актуальною задачею сучасних архітекторів, а її метою є зменшення енергопотреб та досягнення архітектурної виразності. Таким чином проектування ЗС значно впливає на створення образу та естетики ОБ. Прикладами таких будівель є: Sino-Italian Ecological and Energy-Efficient Building, Пекін, Китай, арх. Mario Cucinella Architects, 2006 р.; Forum Chriesbach, Дюбендорф, Швейцарія, арх. BGP Architekten, 2006 р. та ін.

Інший засіб зменшення перегріву ОБ в літній період та створення комфортного мікроклімату це – використання зелених стін, покрівель та насаджень. Цей засіб має вплив на образність ОБ, що підкреслює їхню екологічність. «Зважаючи на зростаючу вартість енергоресурсів та необхідність адаптації до кліматичних змін, вертикального озеленення може стати ефективним інструментом для створення комфортного міського середовища в Україні» (Черненко та Давидов, 2025). Зелені дахи та фасади покращують мікроклімат навколо будівель – насамперед за рахунок зменшення ефекту міського теплового острова, за рахунок поглинання вуглекислого газу та пилу, поглинання шуму, підтримки біорізноманіття, зберігання дощової води, а також підвищення загального добробуту людей. Прикладами таких будівель є: Acros Fukuoka International Hall, Фукуока, Японія, арх. Emilio Ambasz, Takenaka Corporation, 1994 р.; Kö-Bogen II, Дюсельдорф, Німеччина, арх. Ingenhoven Architects, 2020 р.; 1000 Trees, Шанхай, Китай, арх. Heatherwick Studio, 2021 р., Toranomon Hills Business Tower, Токіо, Японія, арх. Ingenhoven Architects, 2022 р. та ін.

Ще один архітектурний засіб для створення образності ЕОБ це –

використання ПФ. Такі фасади дають можливість контролювати природну вентиляцію через вікна, що відкривається та зачиняється в залежності від пори року чи погодних умов. Такі скляні фасади зазвичай створюють цікаві візуальні ефекти за рахунок прозорості чи напівпрозорості і є важливими з точки зору образності та екологічної естетики. Прикладами таких будівель є: Stadttor, Дюссельдорф, Німеччина, арх. Petzinka Pink & Partners, 1998 р.; Manitoba Hydro Place, Винніпег, Канада, арх. KPMB Architects, 2009 р. та ін.

Також значний вплив на образність ЕОБ здійснює використання таких інженерних рішень як: інтеграція до фасадів фотовольтаїчних та інших енергогенеруючих систем. Так, наприклад, фотовольтаїчні системи успішно інтегровані у будівлі: Tribunal de Grande Instance, Париж, Франція, арх. Renzo Piano Building Workshop, 2017 р., Gioia 22, Мілан, Італія, арх. Pelli Clarke & Partners, 2022 р. Будівля Bahrain World Trade Centre у Манамі, Бахрейн, арх. Atkins, 2008 р. має вітрогенератори, які є частиною архітектурної композиції, що створюють сильний візуальний ефект і підкреслюють образність та екологічну естетику. Також експериментальні рішення по інтеграції вітрогенераторів використовуються у будівлях: Pearl River Tower, Гуанджоу, Китай, арх. Adrian Smith + Gordon Gill Architecture, Skidmore, Owings & Merrill LLP, 2011 р.; Strata SE, Лондон, Велика Британія, арх. BFLS, 2010 р. та ін.

У свою чергу використання оздоблювальних та будівельних матеріалів теж формує образність. Так, використання місцевих матеріалів сприяє сталості ОБ за рахунок зменшення *втіленої енергії* (embodied energy) – це енергія, яка споживається всіма процесами, пов'язаними з створенням ОБ, від видобутку та обробки природних ресурсів до виробництва, транспортування та доставки. *Втілена енергія* не включає в себе енерговитрати на експлуатацію ОБ (operational energy) та енерговитрати на утилізацію будівлі після закінчення строку її експлуатації (U. S. Environmental Protection Agency, 2017).

Використання природних, сталих, екологічних матеріалів сильно впливає на образність будівель. Застосування природних матеріалів як: інженерна деревина, утрамбований ґрунт (rammed earth), костробетон (hempcrete) та ін.

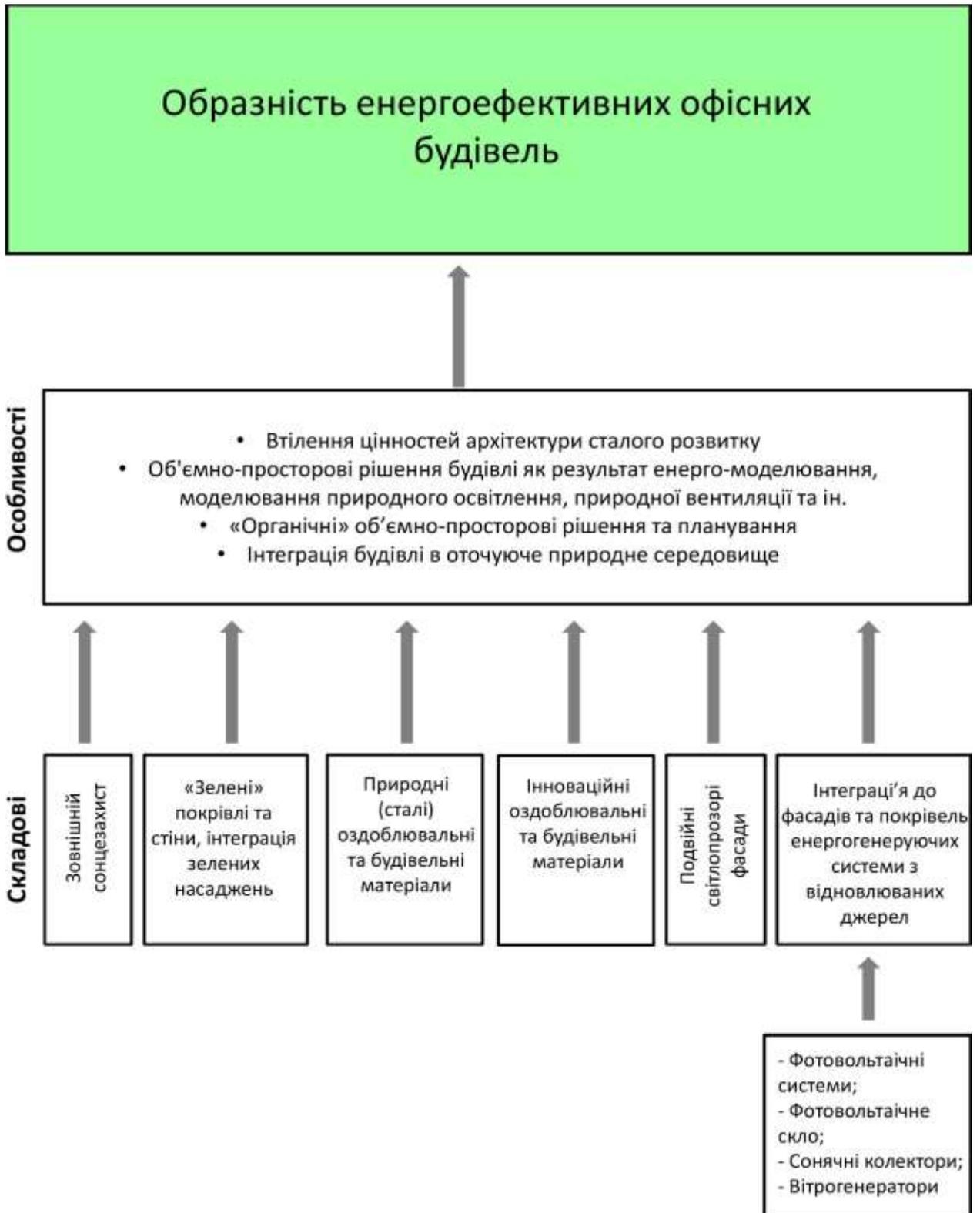


Рис 44. Вплив енергоефективності на образність ЕОБ.
Джерело: автор, 2025

значно зменшуються викиди CO₂ в атмосферу. Деревина надає інтер'єрам будівель відчуття природного тепла та затишку.

Прикладами ЕОБ з інженерної деревини є: Bullitt center, Сіетл, США, арх. Miller Hull Partnership, 2013 р.; The Soto Office Building, Сан Антоніо, США, арх. ВОКА Powell, Lake|Flato Architects, 2020 р.; T3 Collingwood Office Building, Колінгвуд, Австралія, арх. Jackson Clements Burrows Architects, 2023 р.; Black & White Building, Лондон, Велика Британія, арх. Waugh Thistleton Architects, 2023 р.; та ін.

Використання інноваційних оздоблювальних та будівельних матеріалів також впливає на образність та екологічну естетику будівель і сприяє їхньої сталості. Такі матеріали як: бетон із вмістом CO₂ (carbon capturing concrete), матеріали що поглинають забруднюючі речовини з повітря (Elegant embellishments 2 UG, 2013); кліматично-чутлива фарба (Doucet, 2025) змінює колір від темно-сірого до білого за температури вище (25°C). Ця властивість дозволяє будівлям адаптуватися до сезонних коливань температури – влітку фарба стає білою, відбиваючи тепло і зберігаючи прохолоду всередині будівлі, а взимку фарба залишається темною, поглинаючи тепло; та матеріали на основі вторинної переробки (recycling, downcycling) та ін.; є дуже перспективними з точки зору ЕЕ та вуглецевонейтральності. Прикладами таких будівель є Palazzo Italia Expo, Мілан, Італія, арх. Nemesi & Partners Srl, 2015 р.; Torre de Especialidades, Hospital Manuel Gea Gonzales, Мехіко, Мексика, констр. Buro Happold, 2013 р., Fred D. Thompson U.S. Courthouse and Federal Building, Нешвілл, США, арх. Fentress Architects, 2022 р. та ін.

Проектування з міркувань як ЕЕ, так і художньої виразності дозволяє досягти більш сталих, екологічно відповідальних та художньо виразних архітектурних рішень. Автором розроблена план-схема, що розкриває образність ЕОБ, їхні особливості та складові (рис. 44).

Висновки розділу 2:

1. Проведене дослідження дозволило виявити фактори, які впливають на ЕС ОБ: соціально-економічні; містобудівні; природно-кліматичні; екологічні; архітектурно-типологічні; конструктивно-технічні; естетичні.

2. Визначені складові цих факторів, для соціально-економічних це: законодавчі та нормативні документи; підготовленість співробітників; соціокультурні особливості; розвиток науки у сфері ЕЕ; економічні особливості. Для містобудівних факторів: місцезнаходження будівлі в структурі міста; вітрові навантаження внаслідок оточуючої забудови; шум та загазованість; відблиски від оточуючої забудови; затінення ОБ від оточуючої забудови. Для природно-кліматичних: макрокліматичні; мікрокліматичні. Для екологічних факторів: атмосферні; відтворювальні; біорізноманітні. Для архітектурно-типологічних факторів: функціональне призначення; композиційні рішення; об'ємно-просторові рішення; фасадні рішення та інші архітектурні рішення. Для конструктивно-технологічних факторів: сучасні ЕЕ інженерні системи; система управління будівлями; адаптивне освітлення; енергогенеруючі системи з відновлюваних джерел. Для естетичних факторів: зміна стильових та естетичних цінностей; часткове наслідування природних форм; гармонійне співіснування будівлі з оточуючим середовищем; використання сталих будівельних матеріалів і методів будівництва.

3. Удосконалено класифікацію ЕОБ за ознаками: кліматичної зони; розміщення у структурі міста; архітектурно-планувальних рішень; форми плану; функціонального призначення; поверховості (умовною висотою); конструктивних схемам; застосування конструктивних будівельних матеріалів; застосуванням інженерного та ін. обладнання; класу ЕЕ; споживанням енергії; рівня викидів в атмосферу; комерційності.

4. Виявлені особливості проектування ЕОБ в залежності від виду будівництва: нове будівництва; в умовах реконструкції; в умовах реставрації. Сформульовані три різні підходи до нового будівництва, реконструкції /

енергореновації в залежності від місцезнаходження будівель та їх пам'ятко охоронного статусу: нові та існуючі будівлі, що знаходяться поза історичних ареалів міст; нові та існуючі будівлі, що знаходяться в історичних ареалах міст; пам'ятки архітектури.

5. Визначено переліки пасивних архітектурних стратегій, активних інженерних стратегій та методи термомодернізації і реставрації для цих трьох видів будівництва. При реновації чи реконструкції існуючих будівель, що не є пам'ятками і не знаходяться в історичних ареалах використовуються наступні методи: збереження та реставрація автентичних частин існуючої будівлі; термомодернізація існуючих частин будівлі; розширення існуючої будівлі (прибудова чи надбудова) та ін.

6. Виявлено, що при реновації існуючих будівель, що не є пам'ятками але знаходяться в історичних ареалах міст має бути збережено висотність, масштабність, пластичне вирішення форм, характер, оздоблювальні матеріали та ін. Підґрунтям визначення меж історичних ареалів слугує історико-архітектурний опорний план. Будівельні роботи з реновації і в історичних ареалах мають бути узгоджені з органами охорони пам'яток. В історичних ареалах міст вимоги збереженості середовища превалюють над вимогами ЕЕ.

При реставрації пам'яток має бути забезпечене: збереження та реставрація автентичних частин; збереження матеріальної складової пам'ятки; утеплення фасадів (внутрішнє) та покрівель.

7. Проаналізовано вплив ЕЕ на образність ОБ, виявлено, що: об'ємно-просторові, фасадні та інші вирішення сучасних ЕОБ є результатом енергомодельювання, модельювання природного освітлення, природної вентиляції та інших методів оптимізації; ЕОБ максимально інтегруються в оточуюче природне середовище; архітектурно-планувальні рішення є втіленням принципів архітектури сталого розвитку.

8. Виявлено, що образність ЕОБ складається з сучасної пластичної мови архітектури, до якої входять такі сучасні засоби архітектурної виразності, як: зовнішній сонцезахист; «зелені» покрівлі та стіни, інтеграція зелених

насаджень; природні (сталі) оздоблювальні та будівельні матеріали; інноваційні оздоблювальні та будівельні матеріали; подвійні світлопрозорі фасади; інтеграція до фасадів та покрівель енергогенеруючих систем з відновлювальних джерел. Завдяки цим архітектурним засобам а, також сучасним композиційним рішенням формується новітня образність ЕОБ.

РОЗДІЛ 3

ЗАСАДИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЄКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ОФІСНИХ БУДІВЕЛЬ

3.1. Параметричний метод багатоцільової оптимізації для визначення ЕС та денного освітлення ЕОБ.

На основі проведених досліджень виявлено, що сучасні системи автоматизованого проєктування (САПР) для оптимізації архітектурних рішень для досягнення ЕЕ, природнього освітлення та інших параметрів екологічності ОБ підрозділяються на два типи: відкриті (академічні) та закриті (прикладні).

Завдання закритих (прикладних) САПР – це оптимізація проєктних рішень на ранніх стадіях проєктування, перевірка та прогнозування їх ефективності. У разі застосування закритих (black box) систем, користувачі не мають розуміння як працюють внутрішні алгоритми цих систем і не мають повного контролю над ними. Засоби зазвичай є комерційними і розраховані для використання практикуючими архітекторами, інженерами-проектувальниками, консультантами зі сталого розвитку та ін. Це такі засоби як: Autodesk Forma, Autodesk Insight, ArchiCAD Energy Evaluation, ClimateStudio, DesignBuilder, DIALux, IESVE, Sefaira, Tas Engineering, VELUX Daylight Visualizer та ін.

На відміну від закритих систем, відкриті (академічні) САПР є системами з відкритим кодом (white box), де внутрішні алгоритми є доступними для перевірки, контролю та редагування. Ці системи призначені для проведення ґрунтовних наукових досліджень, детального аналізу та оптимізації проєктних рішень та ін. Вони можуть бути комерційними або не комерційними, і розраховані для використання науковцями, інженерами-проектувальниками, архітекторами, аспірантами, студентами та ін. До них слід відносити: Radiance, EnergyPlus, OpenStudio, Ladybug Tools, Honeybee та ін. Тому для проведення експерименту автором було обрано академічно-перевірений відкритий тип САПР.

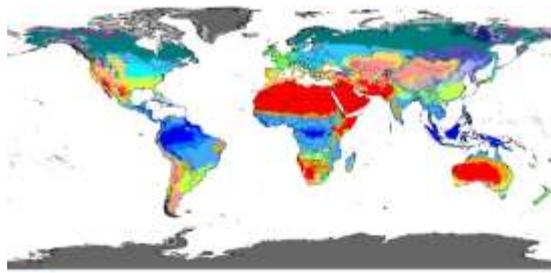
Завдання методу запропонованого автором є – визначення оптимальних

фасадних рішень ОБ, що забезпечують як – ЕЕ, так і оптимальні умови денного освітлення, а саме – коефіцієнту природньої освітленості (КПО) та імовірність відблисків при денному освітленні (ІВД). Автором розроблено експеримент в рамках дисертаційного дослідження, що включає аналіз ОБ у двох кліматичних зонах України, Київ та Одеса (рис. 46, а, б). В рамках експерименту для дослідження КПО, ІВД та ЕЕ запропоновано використання засобів параметричного моделювання та багатоцільової оптимізації. Дослідження має на меті: визначення оптимальних показників коефіцієнта скління (КС), відношення ширини до висоти вікна (ВШВ) та розмірів сонцезахисних пристроїв; визначення оптимальних варіантів вирішення фасадів (ширина та висота південних вікон, глибина сонцезахисту); порівняння та критичний аналіз найкращих оптимізованих варіантів фасадних рішень ОБ.

Методологія кількісного дослідження використовується для: комп'ютерного моделювання з використанням САПР (Rhino); параметричного моделювання засобами мови візуального програмування (Grasshopper); комп'ютерних симуляцій засобами плагінів – Ladybug Tools та Honeybee; та багатоцільової оптимізації засобами плагіну – Octopus (рис. 49, а). Завдяки методам параметричного моделювання та багатоцільової оптимізації автором визначаються оптимальні варіанти фасадних рішень ОБ з одночасним досягненням ЕЕ та оптимальних показників природнього освітлення.

Під час пошуку фасадних рішень, коли іде пошук різних цілей – найкраще рішення для кожної цілі можна знайти окремо, однак, якщо цілі неможливо визначити окремо, то компроміси між двома або більшою кількістю конфлікуючих цілей слід знаходити за допомогою багатоцільової оптимізації. Ці компромісні рішення називаються недомінантними рішеннями. У цьому разі недомінантні рішення – це ті, у яких жодна цільова функція не може бути покращена без одночасного погіршення принаймні одній із інших цілей.

Дослідження для підвищення сталості ОБ, що засновані на багатоцільовій



- Посушливий, степовий, холодний (BSk)
- Помірний, без сухого сезону, спекотне літо (Cfa)
- Помірний, без сухого сезону, тепле літо (Cfb)
- Холодний, без сухого сезону, спекотне літо (Dfa)
- Холодний, без сухого сезону, тепле літо (Dfb)
- Холодний, без сухого сезону, холодне літо (Dfc)



а) Кліматична карта України і світу 1980-2016. Автор: Koppen-Geiger. 2018



б) Кліматичні зони України. Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель"

Ч.п.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{пр}$, м ² КВбТ, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни огорожувальні конструкції	4,00	3,50
2	Суміжні покриття, що виходять із зовнішнім повітрям	7,00	6,00
3	Покриття опалюваних горізд (тепличних поверхів), мансард, горізд покриті неопалюваними горіздами	6,00	5,50
4	Перекрыття, що виходять із зовнішнім повітрям, та над неопалюваними підвалами	5,00	4,00
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,90	0,70
6	Зовнішні дахтарі	0,80	0,70
7	Зовнішні двері	0,70	0,60

Приміщення	Площина F – горизонтальна, S – вертикальна; об'ємні об'єкти та КПО, висота підлоги над рівнем підлоги, м	Розряд підста-рощі робоче	Щільність освітлення					Період освітлення		Середнє освітлення	
			Освітленість робочих поверхів, лк/м ²	Освітленість підлоги, лк/м ²	Освітленість стін, лк/м ²	Освітленість даху, лк/м ²	Освітленість поверху, лк/м ²	кількість годин, год	кількість годин, год	середнє, лк/м ²	мінімальне, лк/м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Адміністративні будівлі											
1. Кабінети, робочі місця і офіси, приміщення для інженерів, вчителів, працівників обслуговування персоналу	Г – 0,8	Б-1	400/200	300	–	40	18	3,0	1,8	1,8	0,6
2. Приміщення для малочисельних конструкторських, проєктних бюро	Г – 0,8	А-1	600/400	550	–	48	18	4,8	1,8	2,4	0,9

в) Мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель $R_{q \min}$. Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель"

г) Нормативні показники освітлення основних цивільних будівель. Таблиця Д.1. Згідно з ДБН В.2.5-28:2018 "Природне і штучне освітлення". Додаток Д

Рис 45. Клімат України, вимоги ДБН щодо енергоефективності огорожувальних конструкцій та освітлення приміщень

а) – Джерело: Vesk та ін., 2018; б, в) – Джерело: Мінрегіон України, 2022; г) – Джерело: Мінрегіон України, 2018;

оптимізації, включаючи ЕЕ та природне освітлення мають значний потенціал. Використання еволюційних алгоритмів для багатоцільової оптимізації розвивалося, завдяки внеску багатьох дослідників, з 90-х рр. 20 ст., а праця «Багатоцільова оптимізація з використанням еволюційних алгоритмів» (Deb, 2011) містить детальний огляд галузі.

Експеримент автора ґрунтується на аналізі:

- сонячної радіації, що падає на будівлю;
- коефіцієнту природньої освітленості (КПО);
- рівня природньої освітленості на робочій поверхні;
- імовірності відблисків при денному освітленні (ІВД);
- відношення площі стін до площі вікон (КС);
- відношення ширини до висоти вікна (ВШВ);
- використання сонцезахисту;
- енергоспоживання будівлі (ЕС).

За методикою автора, у експерименті будуть використовуватися такі вихідні дані: *кліматичні; геометричні та фізичні.*

Кліматичні дані. Відповідно до кліматичної карти Коррен-Geiger (Beck та ін., 2018), Україна має шість типів клімату. Для дослідження автором обрано два міста – Київ та Одеса, що знаходяться в двох різних кліматичних зонах України, з відповідними мінімально допустимими значеннями приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій громадських будівель ($R_{q \text{ min}}$), згідно з положеннями ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель», (Мінрегіон України, 2022), (рис. 45, в).

У таблиці Д.1. Нормативні показники освітлення основних цивільних будівель (ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Додаток Д), (Мінрегіон України, 2018), *Середній коефіцієнт природнього освітлення* (КПО Дн пр сер %) у кабінетах, робочих кімнатах і ОП становить – 3.0%, а мінімально допустимий КПО Дн пр min % – 1.0% (рис. 45, г).

НД України не нормують рівень відблисків при денному освітленню, тому за орієнтир було прийнято *Імовірність відблисків при денному освітленні* (ІВД),

(Daylight Glare Probability). ІВД є показником відсотка людей, яким би заважали відблиски (Wienold і Christoffersen, 2006). Воно створюється як напівсферичне зображення «fish eye» з використанням позиції ока та фокусної точки. Рівень ІВД оцінюється таким чином: непомітний: менше 35%; відчутний: 35% - 40%; заважає: 40% - 45%; нестерпний: більше 45%. Таким чином прийнятний показник ІВД має бути не вище 35%.

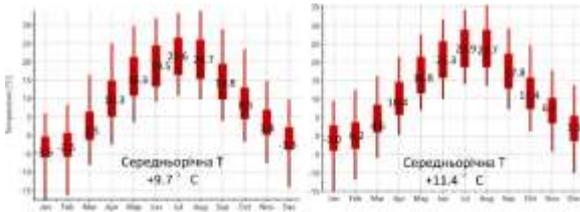
Автор аналізує такі кліматичні дані, як: середньомісячна температура повітря; тривалість сонячного саява, місячна сонячна радіація; місячна сонячна радіація на вертикальній площині; місячна кількість опадів; діаграма траєкторій руху сонця; річна роза вітрів, та ін. Основні кліматичні данні узяти з програмного забезпечення Meteororm 8 та Ladybug Tools. В свою чергу діаграми траєкторій руху сонця для ділянки взяті з онлайн ресурсу SunEarthTools та Ladybug Tools (рис. 46, а, б, в, г, д).

Згідно графіку температури повітря, середньорічна температура у Києві становить $+9.7\text{ C}^\circ$, що означає домінування опалення внутрішніх приміщень.

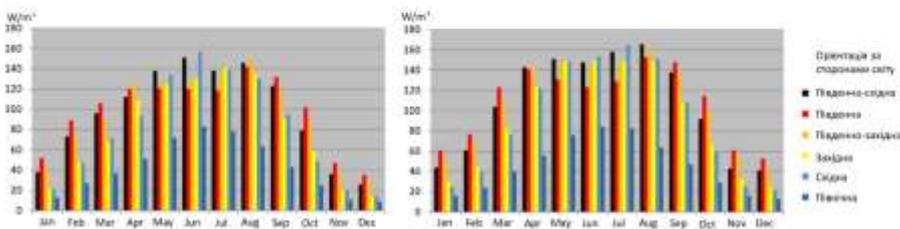
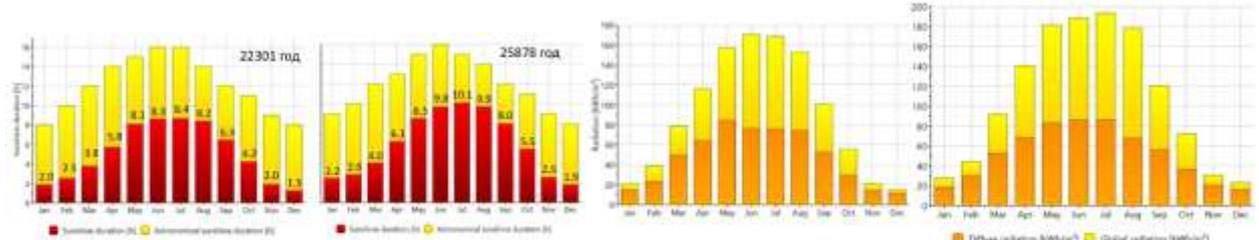
Згідно графіку сонячної радіації на вертикальній площині, найвищі показники демонструє: південна орієнтація ($\approx 1200\text{ Вт/м}^2$); нижчі показники – південно-східна та південно-західна ($\approx 1150\text{ Вт/м}^2$); ще нижчі показники – східна і західна ($\approx 950\text{ Вт/м}^2$); північна має найнижчий показник ($\approx 500\text{ Вт/м}^2$).

Західна, південний-західна, східна та південно-східна орієнтації в основному демонструють найвищі показники у теплий період (травень-серпень), у зв'язку з цим може статися перегрів внутрішніх приміщень завдяки сонячним тепло-надходженням через скління фасадів. Однак, південна орієнтація демонструє найвищі показники у холодний період (вересень-квітень), що може бути корисним для пасивного опалення (рис. 46, а, б, в).

Діаграми траєкторій сонця забезпечують данні стосовно позицій Сонця у різні пори року та часу доби, це є важливим для розуміння доступності сонячного випромінювання на ділянці проєктування. Для Києва у зимовий час (21 січня, опівдні) кут висоти сонця над горизонтом достатньо малий – 19° , однак у літній період (червень 21, опівдні) він набагато вище – 62° , а період



а) середньомісячна температура.
 Джерело: Meteonorm 8. 2025
 б) тривалість сонячного сяйва.
 Джерело: Meteonorm 8. 2025

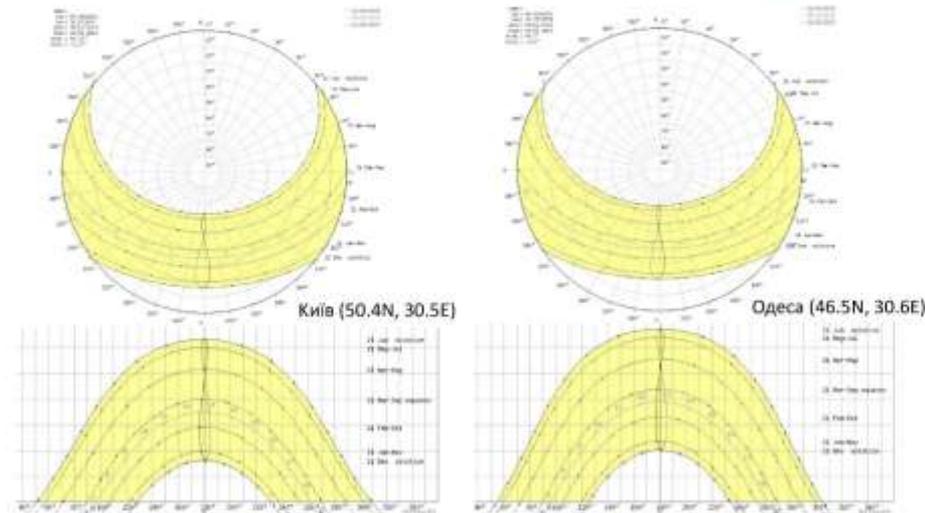


в) місячна сонячна радіація.
 Джерело: Meteonorm 8. 2025

г) місячна сонячна радіація (дифузна) на вертикальній площині.
 Джерело: Meteonorm 8. 2025



д) річна роза ветрів, м/с
 Джерело: Ladybug Tools. 2025



е) діаграми траєкторій руху Сонця
 Джерело: SunEarthTools.com. 2025

Рис 46. Погодні дані для міст Київ та Одеса в Україні

міжсезоння (22 березня та 22 вересня, опівдні) він становить – 40° та 39° відповідно (рис. 46, д).

Діаграма рози вітрів забезпечує даними про напрямок та силу вітру протягом року. Вона демонструє, що панівні вітри у Києві дмуть в зимовий період (грудень-лютий) в основному із західного напрямку. А в літній період (червень-серпень) – із західного та північного напрямків. (рис. 46, г).

Ці дані є корисними, для розуміння впливу напрямку та сили вітру на ефективність природної вентиляції в будівлі, і відповідно на загальну ЕЕ будівлі. Виходячи з того, що повітрообмін через конструкції будівлі викликаний різницею тисків біля різних отворів, повітря буде рухатися із зони з високим тиском в зону з низьким тиском. Очікується, що тиск вітру буде найвищим з навітряного боку, і нижчим з підвітряного боку будівлі. Зазвичай для випадку з перехресною вентиляцією, повітря буде перетікати від навітряного боку до підвітряного боку вікон.

Щодо Одеси, то згідно графіку температури повітря, середньорічна температура становить +11.4 С°, що також демонструє домінування опалення внутрішніх приміщень.

Згідно графіку сонячної радіації на вертикальній площині, найвищі показники демонструє: південна орієнтація (≈ 1300 Вт/м²); схожі показники – південно-східна та південно-західна; нижчі показники – східна і західна (≈ 1100 Вт/м²); північна орієнтація має найнижчий показник (≈ 550 Вт/м²).

Західна, південний-західна, східна та південно-східна орієнтації в демонструють найвищі показники у теплий період (травень-серпень), що може призводити до перегріву внутрішніх приміщень завдяки сонячним теплонадходженням. Однак, південна орієнтація демонструє найвищі показники у холодний період (вересень-квітень), що може бути корисним для пасивного опалення (рис. 46, а, б, в).

Діаграма демонструє, що панівні вітри в Одесі в зимовий період (грудень-лютий) дмуть в основному із північного та північно-східного напрямків. А в літній період (червень-серпень) – із північного та південного напрямків.

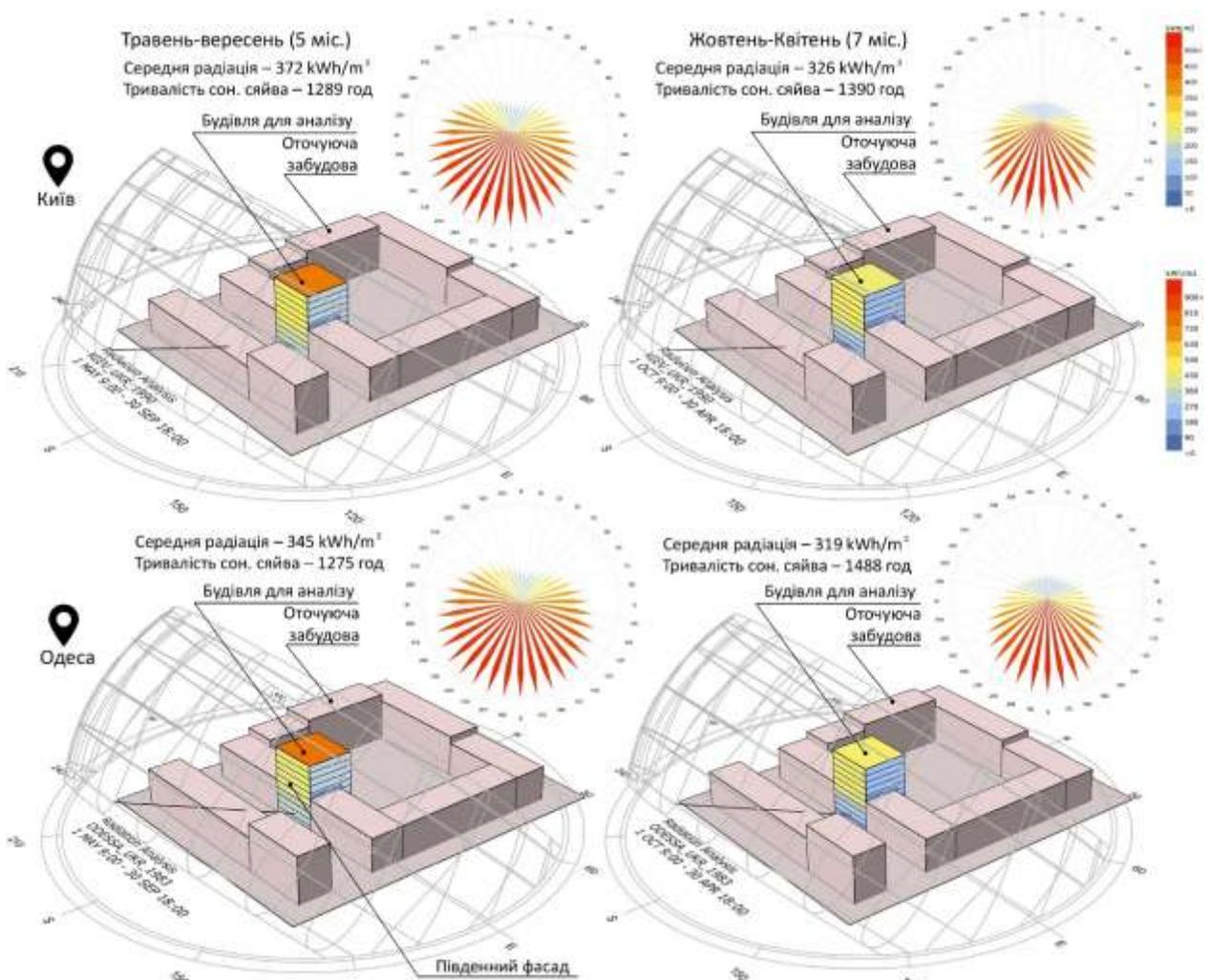
Для Одеси у зимовий час (21 січня, опівдні) кут висоти сонця над горизонтом – 23° , однак у літній період (червень 21, опівдні) – 66° , а в період міжсезоння (22 березня та 22 вересня, опівдні) – 44° та 43° відповідно (рис. 47, б).

Геометричні дані. 10-ти поверхова будівля, з ОП довжиною 21,6 м, шириною 20 м, висотою 3 м. Північний і південний фасади мають по чотири вікна. Вікна, що виходять на північ, мають ширину 3 м та висоту 2,1 м, висота підвіконня становить 0,8 м. Південні вікна мають ЗС – горизонтальні навіси (рис. 48, а, б, в).

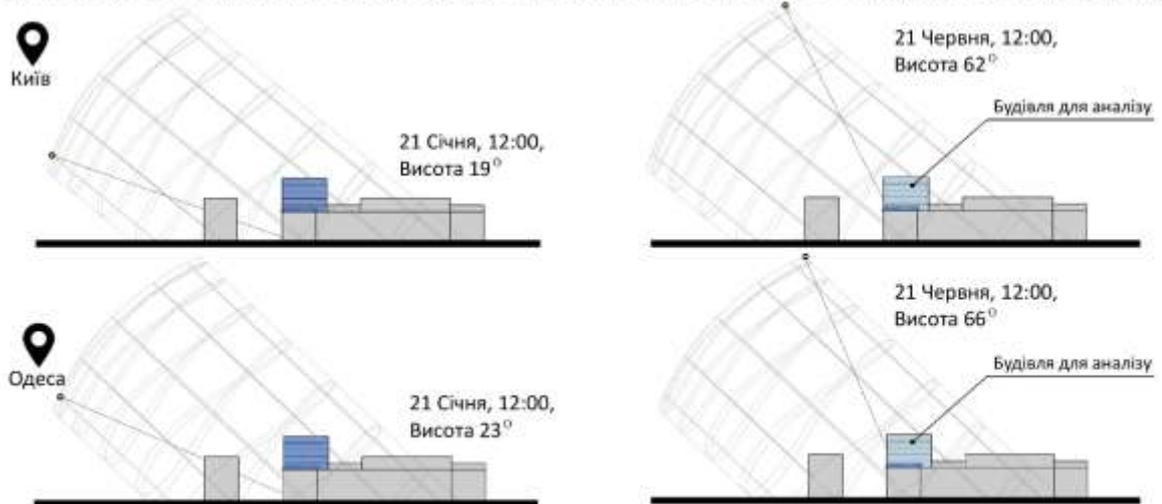
Змінними параметрами для оптимізації проекту, є ширина та висота південних вікон, а також глибина сонцезахисту. Під час процесу оптимізації ці параметри автоматично генеруються на основі визначених керованих змінних. Так, ширина південного вікна змінюється від 0,5 до 5,2 м, а висота – від 0,7 до 2,1 м. Сонцезахист розташований на фіксованій висоті – 2,1 м від підлоги. Глибина сонцезахисту змінюється в діапазоні від 0,1 до 1,5 м.

Фізичні дані. З урахуванням властивостей матеріалів були використані такі значення коефіцієнта відбивання (reflectance): підлога – 0,2; стеля – 0,7; стіни – 0,5; колони та меблі – 0,5; оточення – 0,2; сонцезахист – 0,8.

Використовуються потрібні склопакети з такими параметрами: світлопропускання (visible transmittance) – 0,5; коефіцієнт теплопередачі (U-value) – $0,8 \text{ Вт/м}^2\text{К}$; коефіцієнт сонячного теплового надходження (SHGC) – 0,27 (південний бік) та 0,22 (північний бік). Товщина зовнішніх стін становить 0,4 м; вони складаються з 4 шарів (зовнішнє тинькування, утеплювач, легкі бетонні блоки та внутрішнє тинькування) із загальним коефіцієнтом теплопередачі – $0,18 \text{ Вт/м}^2\text{К}$. Товщина підлоги становить 0,28 м; вона складається з 3 шарів (бетон, звукоізоляція, цементна стяжка) із загальним коефіцієнтом теплопередачі – $0,68 \text{ Вт/м}^2\text{К}$. Товщина стелі становить 0,28 м, яка складається з 3 шарів (цементна стяжка, бетон, звукоізоляція) із загальним коефіцієнтом теплопередачі – $0,68 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.



а) місячна сонячна радіація на будівлі та діаграма сонячного шляху, Південний фасад



б) діаграми шляху сонця з кутами сонячної висоти

Рис 47. Геометрична модель будівлі для аналізу в оточуючій забудові з урахуванням характеристик навколишнього середовища ділянки.

Джерело: автор, 2025

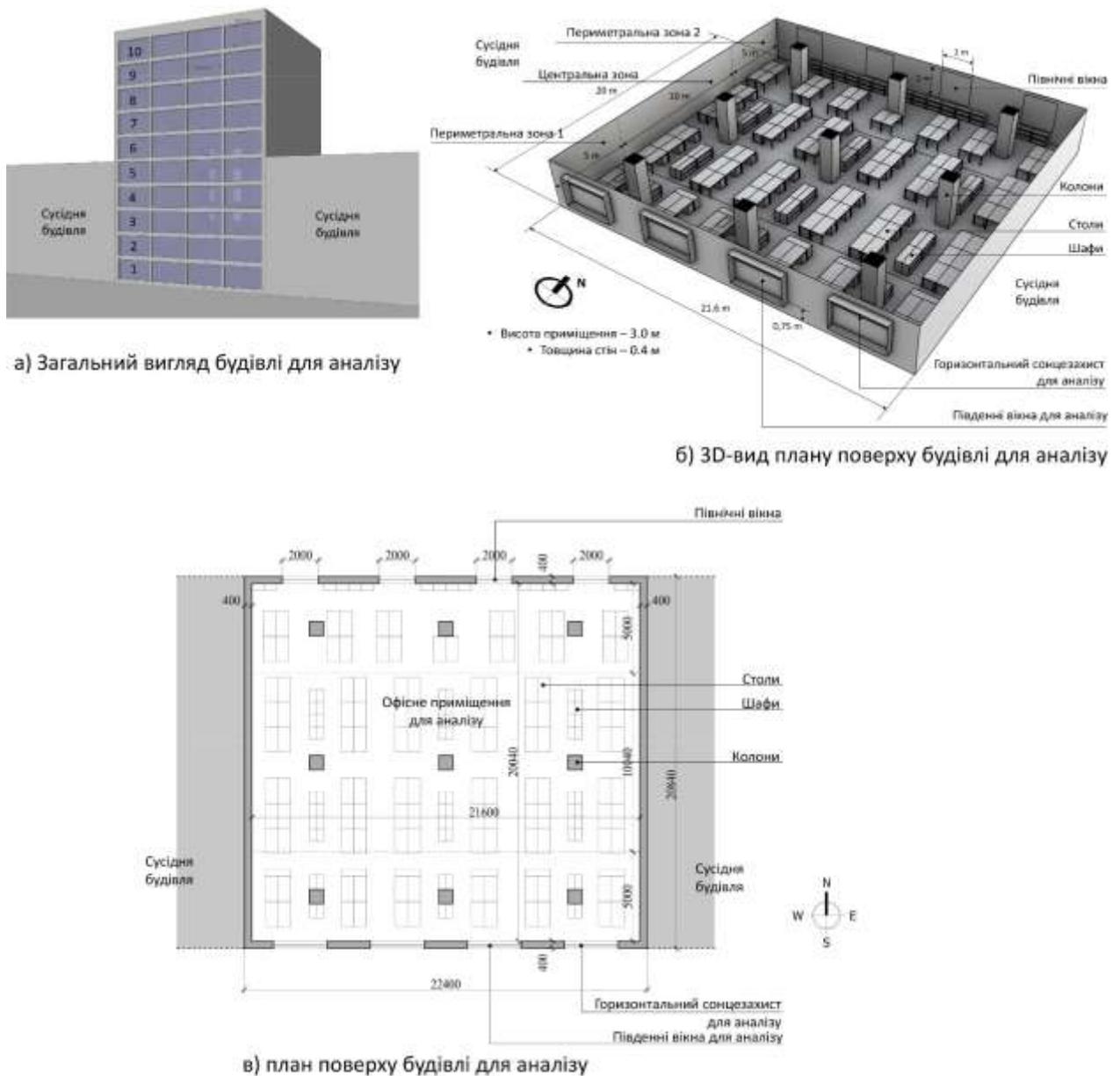


Рис 48. Геометрична модель будівлі для аналізу.
Джерело: автор, 2025

З метою досягнення мінімального ЕС впроваджено стратегію керування денним освітленням. У проаналізованому приміщенні розміщено чотири датчики денного світла зі встановленим рівнем освітленості – 300 люкс. Частка електричного освітлення, яка буде зменшена при досягненні заданого рівня освітленості на контрольній точці, становить 0,9.

Етапи експерименту. Метод багатоцільової оптимізації на основі параметричного моделювання включає чотири ключові етапи: визначення цілей оптимізації та вибір керованих змінних; створення геометричної моделі

будівлі; параметричне моделювання; багатоцільова оптимізація (рис. 49, б).

Процес проєктування починається з визначення цілей оптимізації – нормативних КПО та ІВД, а також мінімального ЕС. При цьому враховуються кліматичні умови і функціональні вимоги ОП.

Після цього обираються змінні параметрам: ширина та висота південного вікна, а також глибина горизонтального ЗС. Геометрична модель будівлі створюється з фіксованими параметрами: довжина, ширина та висота будівлі, та розмірами північних вікон.

Параметрична модель поєднує геометрію з умовами навколишнього середовища (місцезнаходження та погодні дані) та властивостями матеріалів (непрозорих і прозорих). Ця модель виконує три типи симуляцій – КПО, ІВД та ЕС.

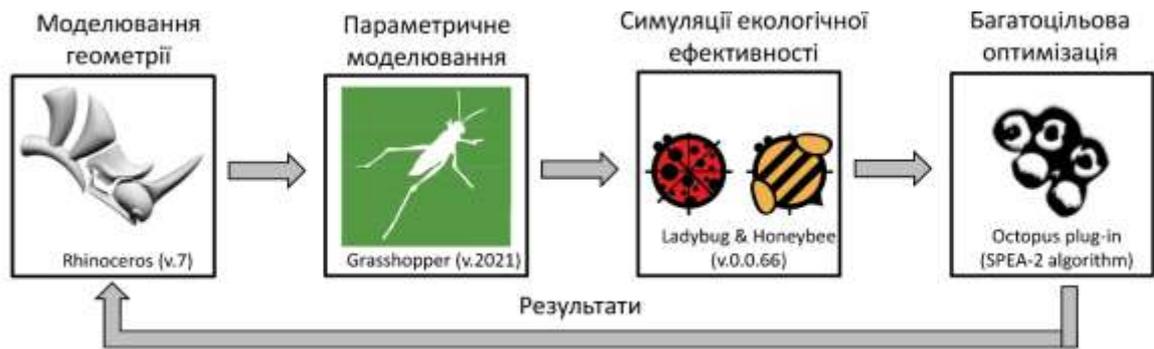
Далі, багатоцільовий еволюційний алгоритм (multi objective evolutionary algorithm), поєднаний з параметричною моделлю, здійснює пошук оптимальних результатів.

На завершення, результати перевіряються та аналізуються, і на їхній основі приймаються оптимальні варіанти фасадних рішень.

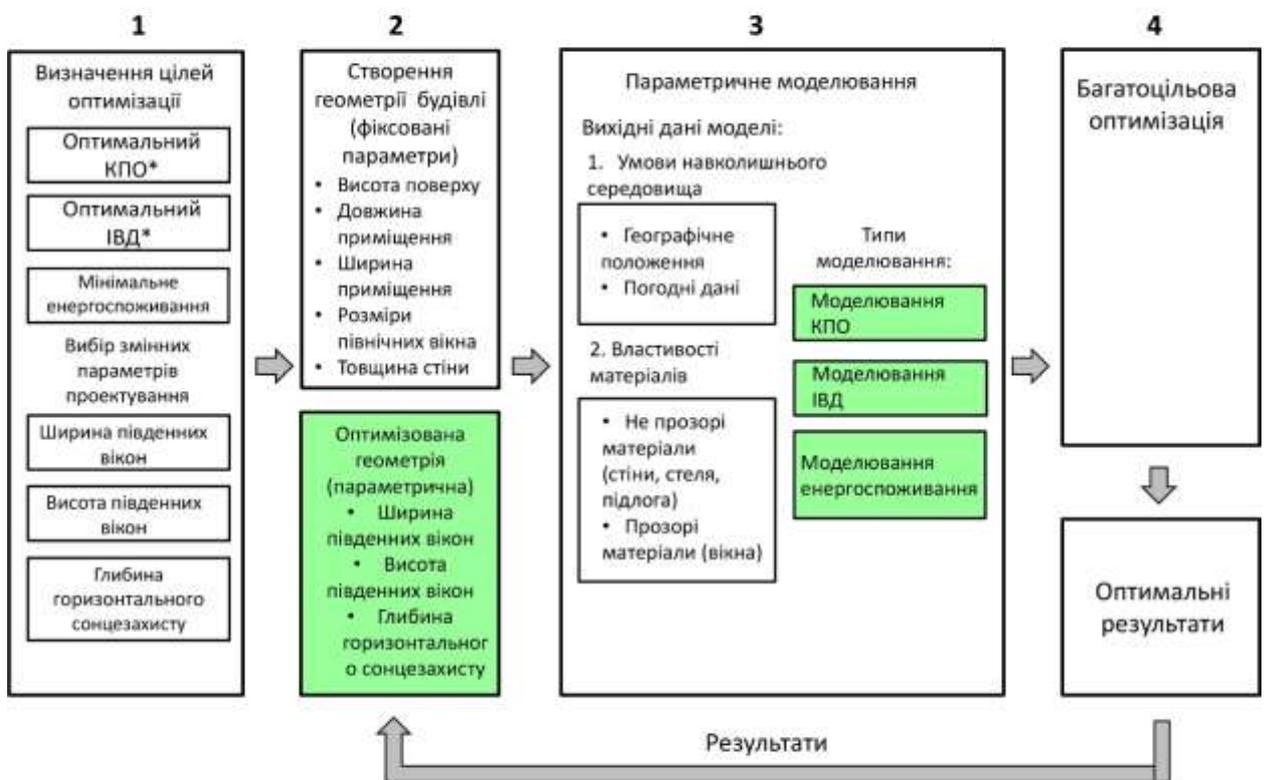
Параметрична модель моделювання, створена за допомогою програм Rhinoceros та Grasshopper, була розроблена для інтеграції проєктної інформації з умовами навколишнього середовища та автоматичного генерування симуляцій, які взяті з бази даних EnergyPlus. Цю модель було поєднано з плагінами Ladybug Tools та Honeybee у середовищі Grasshopper. Багатоцільова оптимізація, заснована на принципі Парето, виконувалась із використанням компонента Ostorus – інструменту еволюційної оптимізації (рис. 49, а).

Під час параметричного моделювання для оптимізації за допомогою Ostorus були встановлені три цілі: КПО на рівні 3,0 % або вище, ІВД не вище ніж 0,35, а також мінімізація ЕС (рис. 50). Для алгоритму оптимізації було задані такі параметри: елітизм – 0,5; ймовірність мутації – 0,2; рівень мутації – 0,9; інтенсивність схрещування – 0,8; розмір популяції – 10.

Багатоцільова оптимізація включала розрахунок 19 поколінь, у межах



а) Програмне забезпечення, що використовується для параметричного моделювання та багатоцільової оптимізації



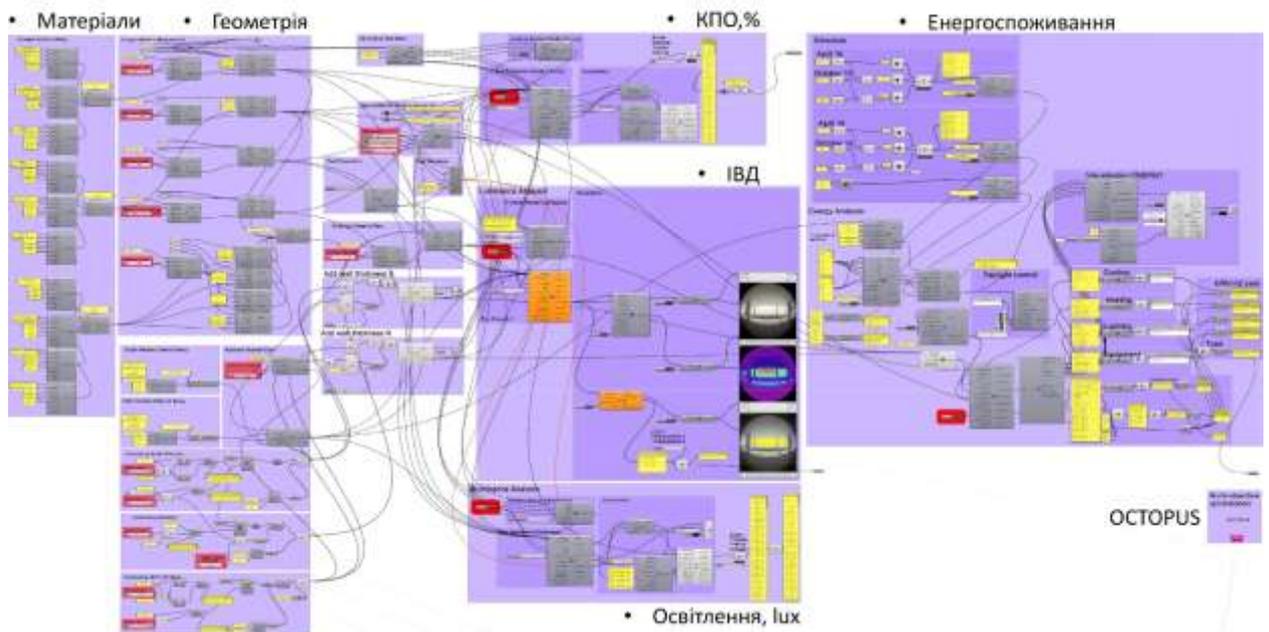
- КПО – коефіцієнт природнього освітлення;
- ** ІВД – коефіцієнт відблисків

б) Послідовність багатоцільової оптимізації на основі параметричного моделювання

Рис 49. Схема багатоцільової оптимізації на основі параметричного моделювання. Джерело: автор, 2025

Цілі оптимізації:

1. Коефіцієнт природнього освітлення (КПО)
2. Коефіцієнт відблисків (ІВД)
3. Енергоспоживання



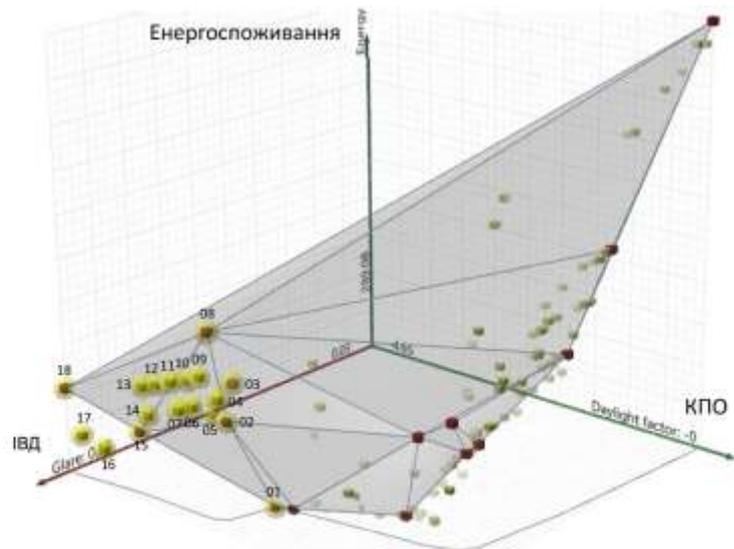
а) Параметрична модель багатоцільової оптимізації на основі комп'ютерних симуляцій

*Рис 50. Параметрична модель багатоцільової оптимізації будівлі.
Джерело: автор, 2025*

якого було оцінено приблизно 600 рішень, з яких близько 60 були недомінантними рішеннями та сформували множину Парето-оптимальних рішень, представлену у вигляді тривимірної трендової поверхні. У тривимірній системі координат, де осі відповідають значенням КПО, ІВД та ЕС, червоні позначки відображають 18 рішень для Києва та 16 рішень для Одеси з оптимальними значеннями КПО, ІВД та ЕС (рис.51, а, б та 52, а, б). Після перевірки сім рішень для Києва та десять для Одеси були виключені, оскільки не досягли визначених цілей. У результаті для подальшого аналізу та порівняння були відібрані одинадцять рішень для Києва та шість рішень для Одеси.

Для подальшого порівняння були визначені неоптимізовані варіанти для обох локацій. Застосовано такі вихідні данні до проєктування, які засновані на загальній архітектурній практиці України (високий КС) з південного боку –

а) результати оптимізації КПО, ІВД та енергоспоживання.
(недомінантні результати)
Київ, 22 березня, 12:00



б) результати моделювання КПО* і ІВД
* Результати № 1 - 5, 8 - 9 виключено через не достатнє значення КПО

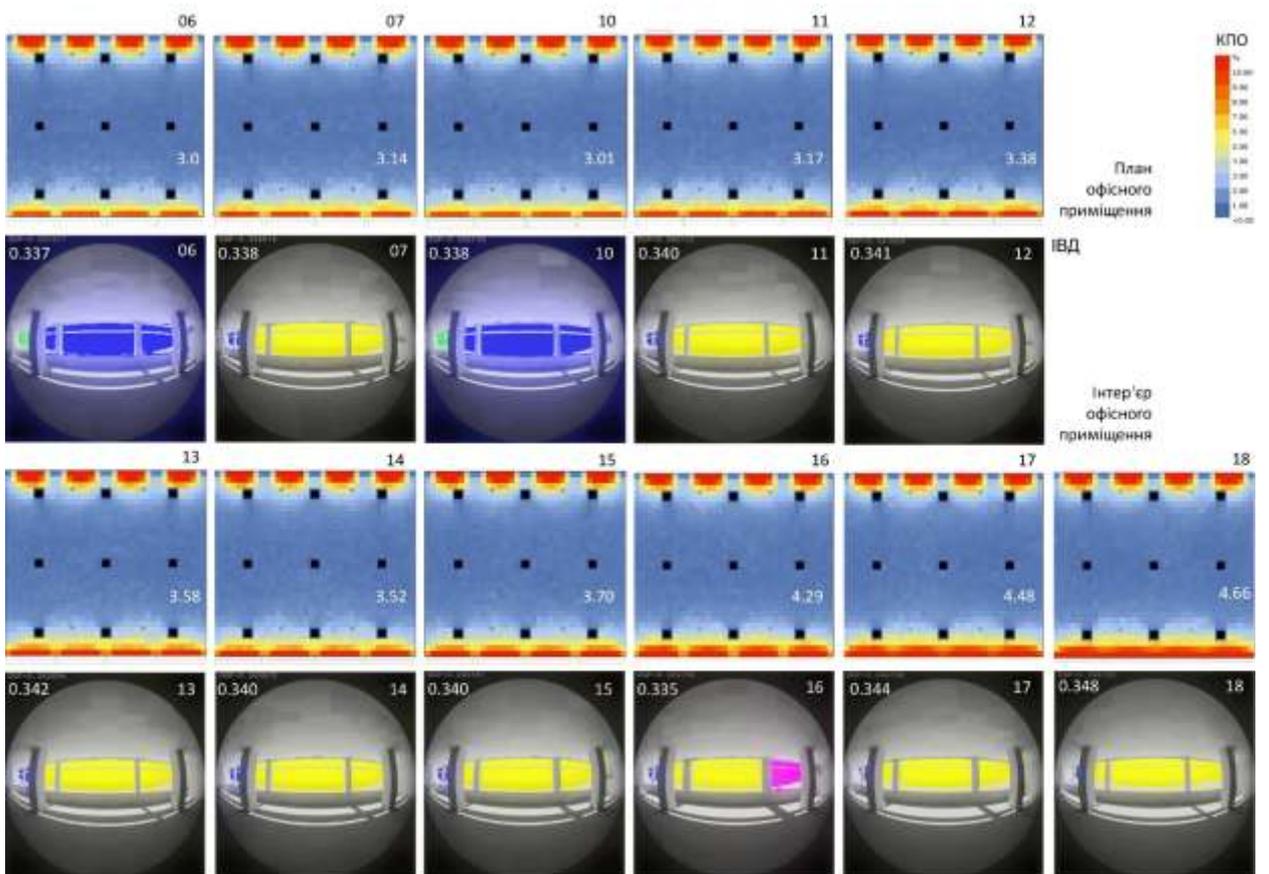


Рис 51. Результати КПО, ІВД і ЕЕ, що отримані завдяки багатоцільової оптимізації для м. Київ.
Джерело: автор, 2025

а) результати оптимізації КПО, ІВД та енергоспоживання.
(недомінантні результати)
Одеса, 22 березня, 12:00



б) результати моделювання КПО* і ІВД
* Результати № 1 – 10 виключено через не достатнє значення КПО

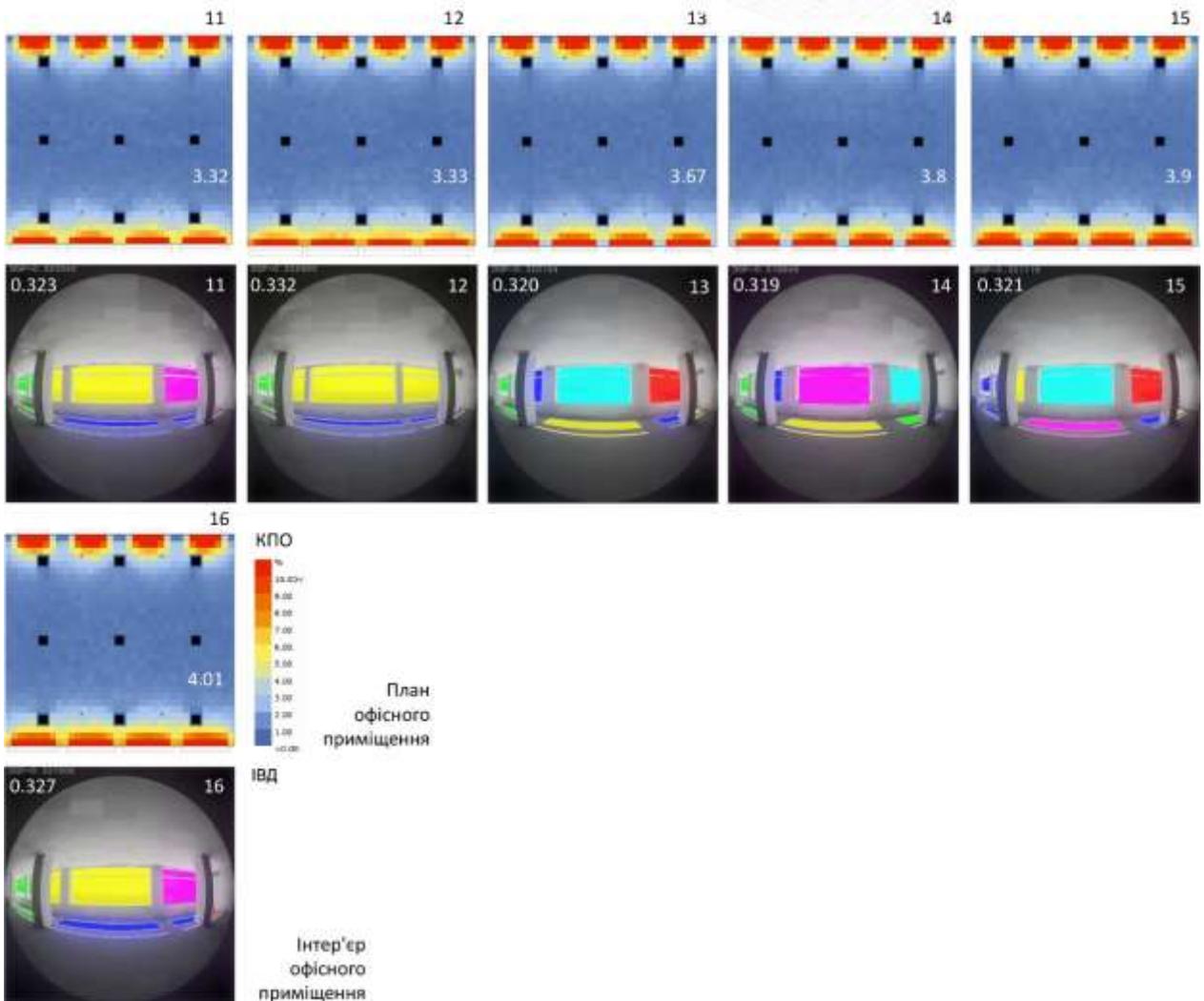
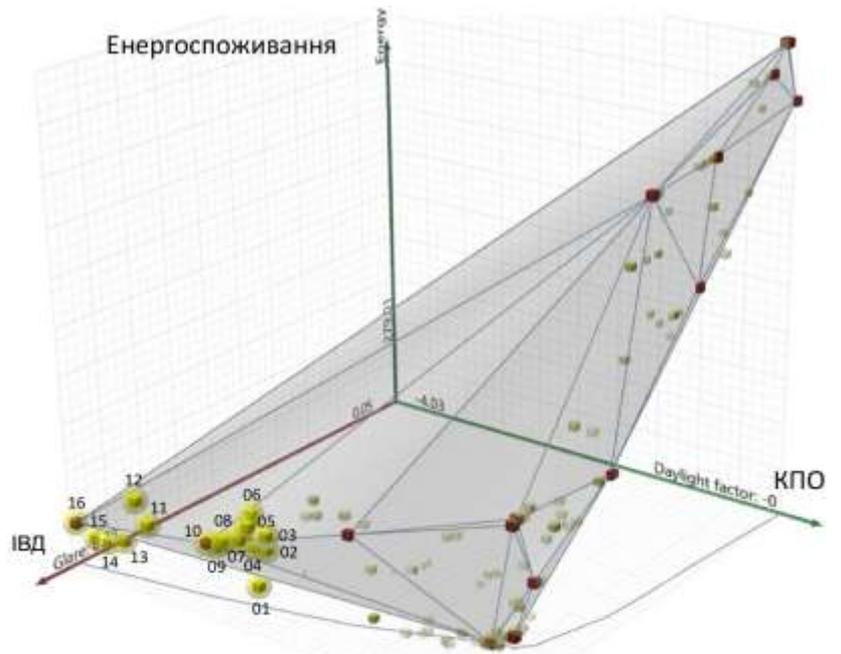


Рис 52. Результати КПО, ІВД і ЕЕ, що отримані завдяки багатоцільової оптимізації для м. Одеса.
Джерело: автор, 2025

88,1%; розміри південного вікна – 5,1 м × 2,8 м (висота); відношення ширини до висоти вікна (ВШВ) – 1,82; висота підвіконня – 0,1 м; відсутність сонцезахисту; відсутність датчиків денного освітлення) (рис. 53, а, д).

Результати неоптимізованого варіанту для Києва: КПО – 6,05%; ІВД – 0,38; освітленість (5-метрова периметральна зона 01) – від 957-3594 люкс; річне енергоспоживання – 301,5 кВт·год/м². А для Одеси: КПО – 6,04%; ІВД – 0,36; освітленість – від 887- 3814 люкс; річне ЕС – 292,4 кВт·год/м² (рис. 53, б, в, г).

Оскільки в обох неоптимізованих випадках значення ІВД перевищували допустимий діапазон, очікується помітний дискомфорт через засліплення співробітників ОП. Також значення КПО удвічі перевищують необхідний середній рівень, що свідчить про необхідність проведення оптимізації.

Що стосується ЕС у неоптимізованих випадках, Одеса показала результат на 3% кращий, ніж Київ, це обумовлено вищою зимовою температурою повітря та відмінностями у сонячній радіації.

Річне ЕС у Києві відрізняється від показників у Одесі. Вищим є ЕС на опалення (63% для Києва проти 59% для Одеси) і нижчим – ЕС на охолодження (5% для Києва проти 8% для Одеси). ЕС на освітлення становить 8% для Києва та 9% для Одеси (рис. 53, б, в).

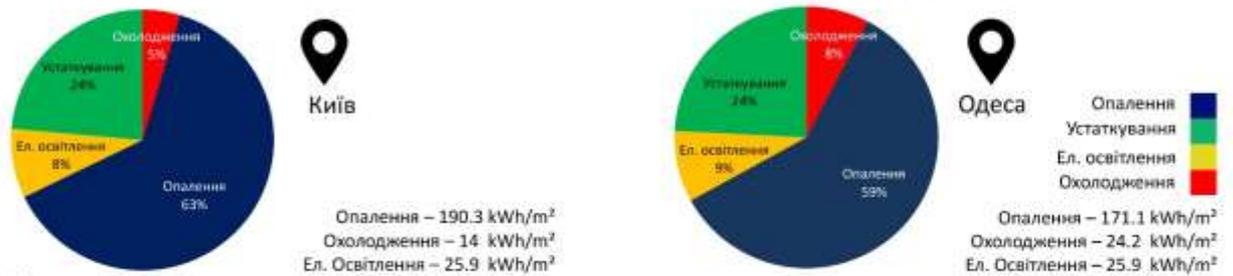
Результати експерименту. Щодо результатів після оптимізації, Київ (випадки 6-7, 10-18) мав такі результати: КПО – від 3,0 до 4,66%; ІВД – від 0,33 до 0,34; ЕС від 289,4 до 290,8 кВт·год/м². Одеса (випадки 11–16) такі результати: КПО – від 3,32 до 4,01%; ІВД – від 0,31 до 0,33; ЕС – від 279,3 до 280,1 кВт·год/м².

Оптимізовані варіанти для обох міст показали допустимі значення ІВД, що означає відсутність дискомфорту через засліплення. Крім того, значення КПО відповідають вимогам українських нормативів.

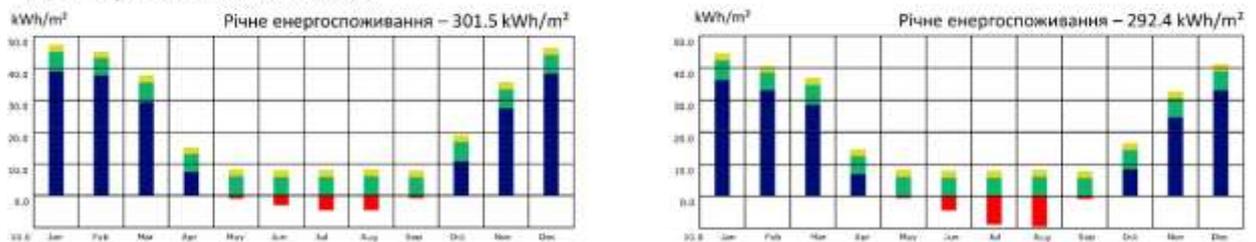
Обравши по одному кращому оптимізованому рішенню для Києва (№18) та Одеси (№16), результати для Києва показали, що ширина вікна становить від 4,7 до 5,1 м, глибина сонцезахисного елемента – від 0,5 до 1,2 м, а

Київ	КПО, %	КВ	Енергоспож., kWh/m ² рік	Ширка підлогового вікна, м	Висота підлогової зони, м	Ширка гідрантного сондезахисту, м	Теплоносордіючий коефіцієнт, kWh/m ² рік
	6.05	0.38	301.5	5.1	2.8	0	6.17
Одеса	6.04	0.369	292.4	5.1	2.8	0	6.02

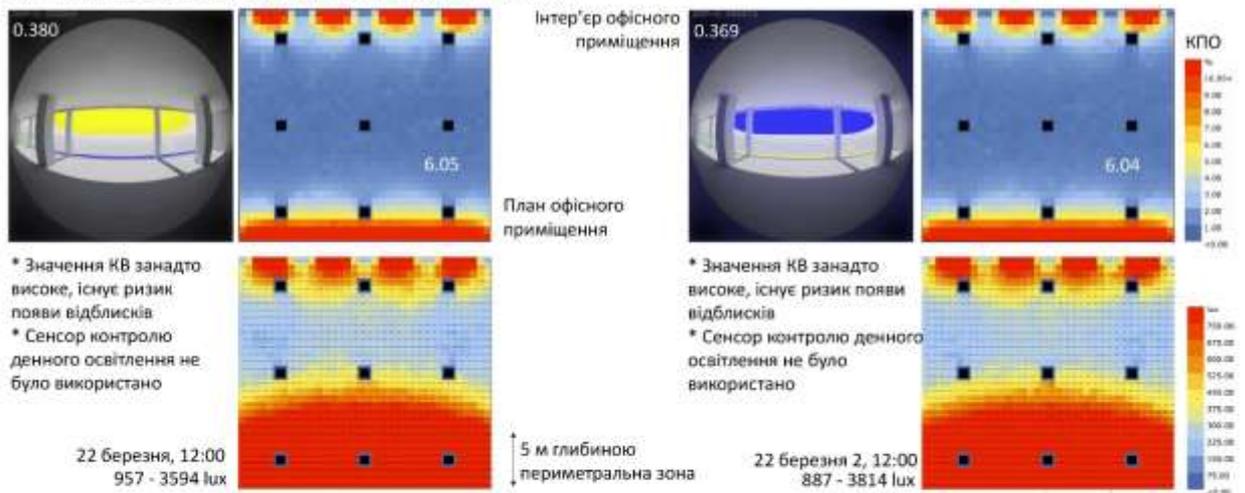
а) Результати КПО, ІВД та ЕС та відповідними геометричними параметрами



б) Енергоспоживання, %



в) Місячне енергоспоживання, kWh/m²у



г) Результати моделювання КПО, ІВД (%) та освітленості (lux)

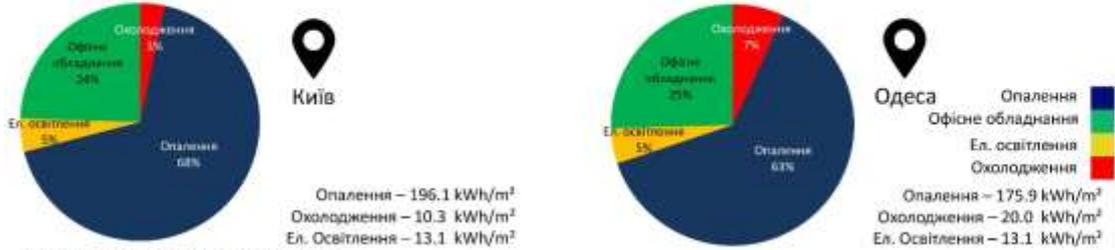


Рис 53. Варіант без оптимізації фасадів, Київ та Одеса.
Джерело: автор, 2025

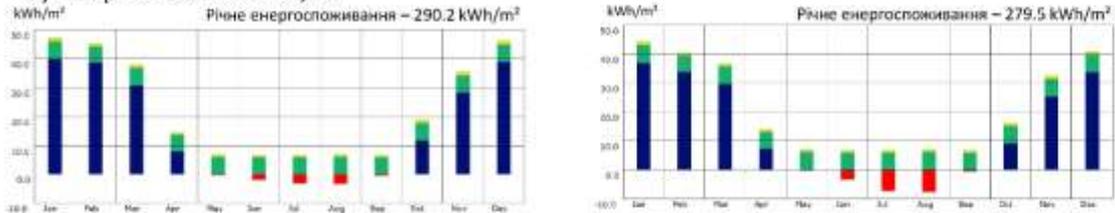
Київ	КПО, %	КВ	Енергоспожив., kWh/m ² /рі	Середня освітленість, лкс, м	Висота південного вікна, м	Середня освітленість зоні захисту, м	Температура внутрішнього повітря, kWh/m ² /рі
Київ	4.66	0.348	290.2	5.1	2.1	0.5	4.19
Одеса	4.01	0.327	279.5	4.7	2.1	0.6	4.28

- Крайній варіант для Києва споживає на 3.74 % м² менше енергії ніж не оптимізований варіант.
- Крайній варіант для Одеси споживає на 4.41 % м² менше енергії ніж не оптимізований варіант.

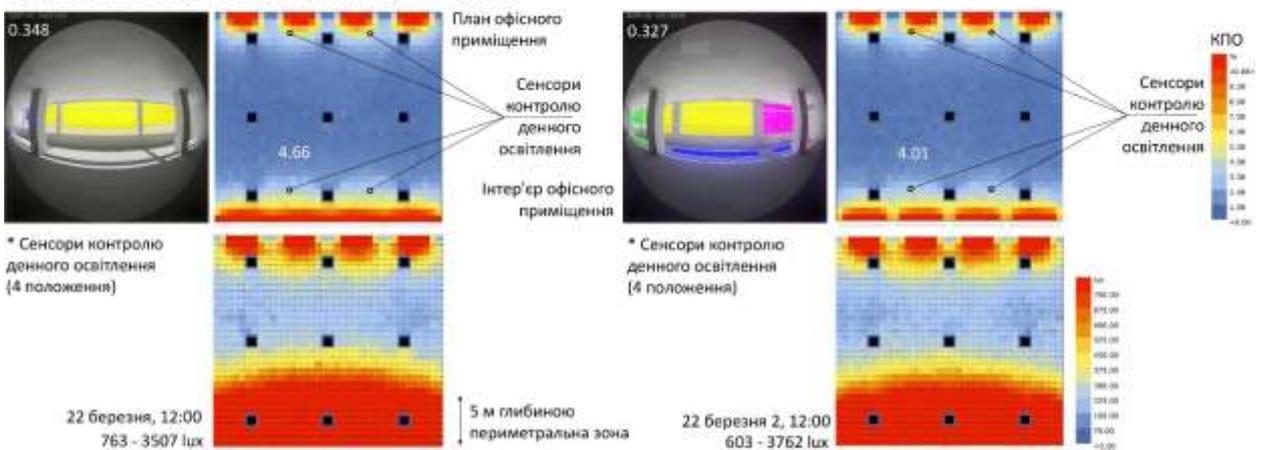
а) Результати КПО, ІВД та енергоспоживання та відповідними геометричними параметрами



б) Енергоспоживання, %



в) Місячне енергоспоживання, kWh/m²



г) Результати моделювання КПО, ІВД (%) та освітленості (lux)



д) Крайні оптимізовані варіанти фасадних рішень (ширина та висота південних вікон, ширина сонцезахисту)

Рис 54. Крайні оптимізовані варіанти фасадів, Київ та Одеса.
Джерело: автор, 2025

найкращий варіант вікна має розміри $5,1 \times 2,1$ м. Для Одеси: ширина вікна – від 4,2 до 5,0 м; глибина ЗС – від 0,5 до 1,0 м; найкращий варіант вікна – $4,7 \times 2,1$ м. Висота вікна для обох міст становить 2,1 м (рис. 54, а, д).

Результати КС для Києва: 60,9% - 64,8%; для Одеси: 54,4% - 64,8%. Найкращий варіант КС для Києва – 64,8%, а для Одеси – 60,9%. Це свідчить про те, що в усіх оптимізованих випадках КС знаходиться в межах 55–65%.

Результати ВШВ для Києва: 2,23 - 2,42; для Одеси: 2,0 - 2,3. Найкращий варіант ВШВ для Києва – 2,42, а для Одеси – 2,23. Усі оптимізовані варіанти передбачають використання горизонтально орієнтованих вікон зі співвідношенням ширини до висоти близько 2:1 (рис. 55).

Щодо глибини ЗС, було застосовано різні комбінації розмірів вікна та ЗС. У результаті отримано такі значення глибини: Київ – від 0,5 до 1,2 м; Одеса – від 0,5 до 1,0 м. Спостерігається кореляція між вищими значеннями КС та більшою глибиною ЗС. Найкращий варіант для Києва передбачає глибину ЗС 0,5 м, а для Одеси – 0,6 м (рис. 55, г).

Результати сонячних тепло-надходжень взимку (січень, лютий, березень, квітень, жовтень, листопад, грудень) склали: Київ – від 3,5 до 4,6 кВт·год/м²; Одеса – від 3,8 до 4,2 кВт·год/м². Спостерігається кореляція між більшими значеннями зимових теплонадходжень та більшими розмірами вікон. Крім того, глибина ЗС також впливає на теплонадходжень від сонячної енергії взимку. Найкращий варіант для Києва забезпечив 4,1 кВт·год/м², а для Одеси – 4,2 кВт·год/м² (рис. 55, а).

В результаті, у порівнянні з неоптимізованими варіантами, ЕС у найкращих оптимізованих варіантах зменшилося на 3,7% для Києва та на 4,4% для Одеси. Цього вдалося досягти завдяки комбінації оптимізації фасаду та використання датчиків керування денним освітленням.

У таблиці 2 наведено порівняння енергетичного навантаження (ЕН) неоптимізованого випадку та найкращого випадку для Києва (з датчиками освітлення показав, що ЕН на опалення зросло на 5,8 кВт·год/м² (2,9%), ЕН контролю денного освітлення та без них).

Таблиця 2

Порівняння енергонавантаження для Києва

Місто дослідження - Київ						
	Не оптимізований, кВт·г/м ²	Загальне ЕС, кВт·г/м ²	Оптимізований №18, кВт·г/м ²	Різниця, кВт·г/м ²	Різниця, %	Загальне ЕС, кВт·г/м ²
			Із сенсорами контролю денного освітл.			
Опалення	190.3	301.5	196.1	+ 5.8	+ 2.9	290.2
Охолодж.	14.0		10.3	- 3.7	- 26.5	
Ел. Освітл.	25.9		13.1	- 12.8	- 49.5	
			Без сенсорів контролю денного освітл.			
Опалення	190.3	301.5	190.8	+ 0.5	+ 0.3	301.2
Охолодж.	14.0		13.2	- 0.8	- 5.8	
Ел. Освітл.	25.9		25.9	-	-	

Таблиця 3

Порівняння енергонавантаження для Одеси

Місто дослідження - Одеса						
	Не оптимізований, кВт·г/м ²	Загальне ЕС, кВт·г/м ²	ваний №18, кВт·г/м ²	Різниця, кВт·г/м ²	Різниця, %	Загальне ЕС, кВт·г/м ²
			Із сенсорами контролю денного освітл.			
Опалення	171.1	292.4	175.9	+ 4.8	+ 2.7	279.5
Охолодж.	24.2		20.0	- 4.2	- 17.3	
Ел. Освітл.	25.9		13.1	- 12.8	- 49.5	
			Без сенсорів контролю денного освітл.			
Опалення	171.1	292.4	170.9	- 0.2	- 0.2	291.9
Охолодж.	24.2		23.8	- 0.4	- 1.7	
Ел. Освітл.	25.9		25.9	-	-	

Згідно з таблиці 2: найкращий випадок з датчиком контролю денного на охолодження зменшилося на 3,7 кВт·год/м² (26,5%), а ЕН на освітлення зменшилося на 12,8 кВт·год/м² (49,5%).

Найкращий випадок без датчика контролю денного освітлення показав, що ЕН на опалення зросло на 0,5 кВт·год/м² (0,3%), ЕН на охолодження зменшилося на 0,8 кВт·год/м² (5,8%), а ЕН на освітлення не змінилося. Зміни в ЕН на охолодження та опалення пов'язані з більшим виділенням тепла від офісного освітлення через триваліший час його роботи порівняно з випадком, коли впроваджено контроль денного освітлення.

Оптимізація фасаду без датчика контролю денного освітлення призвела до зменшення ЕН лише на 0,3 кВт·год/м² (1% від загального ЕН). Однак оптимізація фасаду з датчиком контролю денного освітлення призвела до зменшення ЕС на 10,7 кВт·год/м² (3,7% від загального ЕН).

У таблиці 3 порівнюється ЕН неоптимізованого випадку та найкращого випадку для Одеси (з датчиками контролю денного освітлення та без них).

Згідно з нею: найкращий випадок з датчиком контролю денного освітлення показав, що ЕН на опалення зросло на 4,8 кВт·год/м² (2,7%), ЕН на охолодження зменшилося на 4,2 кВт·год/м² (17,3%), а ЕН на освітлення зменшилося на 12,8 кВт·год/м² (49,5%).

Найкращий випадок без датчика контролю денного освітлення показав, що ЕН на опалення зменшилося на 0,2 кВт·год/м² (0,2%), ЕН на охолодження зменшилося на 0,4 кВт·год/м² (1,7%), а ЕН на освітлення не змінилося. Зміни в ЕН на охолодження та опалення пов'язані з більшим виділенням тепла від офісного освітлення через триваліший час його роботи порівняно з випадком, коли впроваджено контроль денного освітлення.

Оптимізація фасаду без датчика контролю денного освітлення призвела до зменшення ЕС лише на 0,6 кВт·год/м² (0,2% від загального ЕН). Однак оптимізація фасаду з датчиком контролю денного освітлення призвела до зменшення ЕН на 12,2 кВт·год/м² (4,3% від загального ЕН).

Обидва ці результати продемонстрували значення впровадження

датчиків контролю денного освітлення, які здатні зменшити ЕН на освітлення до 50%.

Хоча річне ЕС у найефективніших варіантах було зменшене, ЕС на опалення зросло на 5% для Києва та на 4% для Одеси (відповідно 68% для Києва та 63% для Одеси). Це можна пояснити оптимізацією фасаду та відповідним зменшенням сонячних теплонадходжень взимку: на 32% для Києва; на 28% для Одеси (рис. 55, б). Крім того, як в оптимізованих, так і в неоптимізованих варіантах використовувались стіни з досить низьким коефіцієнтом теплопередачі – $0,18 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, тому різниця в ЕС на опалення є незначною (згідно з українськими НД, вимоги до коефіцієнта теплопередачі стін становлять: $0,25 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ для Києва та $0,28 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ для Одеси).

ЕС на охолодження для Києва становить 3%, а для Одеси – 7%. Завдяки оптимізації фасадних рішень (зменшенню розміру вікон та впровадженню ЗС) вдалося досягти зниження ЕС на охолодження на 2% для Києва та на 1% для Одеси. (рис. 55, б). Таким чином, найкращі варіанти (№18 для Києва, №16 для Одеси) демонструють підвищення ЕЕ завдяки зменшенню ЕС на охолодження. Проте, це також свідчить про те, що позитивний ефект пасивного обігріву, обумовлений сонячними теплонадходженнями в зимовий період, також зменшився.

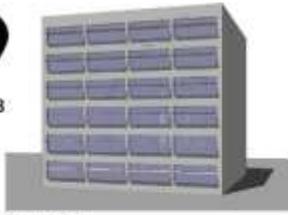
Електричне освітлення становить 5% від загального ЕС в обох локаціях. Це свідчить про те, що було досягнуто зменшення ЕС на 3% для Києва та на 4% для Одеси завдяки оптимізації фасаду та використанню датчиків керування денним освітленням.

Що стосується результатів освітленості (5-метрова периметральна зона 01), обидва оптимізовані варіанти все ще мають високі рівні освітленості, що перевищують нормативні вимоги, з особливо високими значеннями освітленості вздовж засклення. Однак завдяки оптимізації КС та впровадженню ЗС вдалося досягти зниження максимального рівня освітленості: приблизно на 2,5% для Києва та на 1,5% для Одеси.

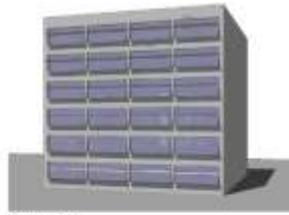
Щодо відмінностей між оптимізованими проєктними рішеннями для



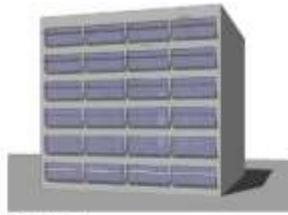
Київ



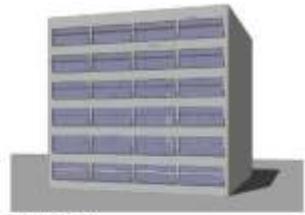
Варіант 07
Розміри вікон – 5.0 м х 2.1 м (вис.)
Ширина сонцезахисту – 1.1 м
КС – 56.81 %
ШВ – 2.38



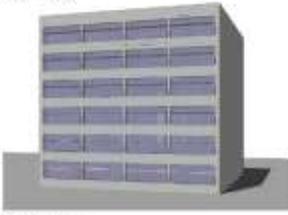
Варіант 10
Розміри вікон – 5.1 м х 2.1 м (вис.)
Ширина сонцезахисту – 1.2 м
КС – 57.94 %
ШВ – 2.42



Варіант 11
Розміри вікон – 5.1 м х 2.1 м (вис.)
Ширина сонцезахисту – 1.1 м
КС – 57.94 %
ШВ – 2.42



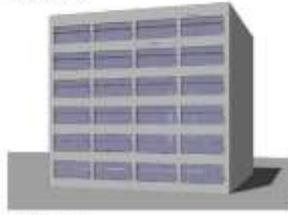
Варіант 12
Розміри вікон – 5.1 м х 2.1 м (вис.)
Ширина сонцезахисту – 1.0 м
КС – 57.94 %
ШВ – 2.42



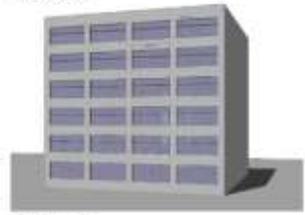
Варіант 13
Розміри вікон – 5.1 м х 2.1 м (вис.)
Ширина сонцезахисту – 0.9 м
КС – 57.94 %
ШВ – 2.42



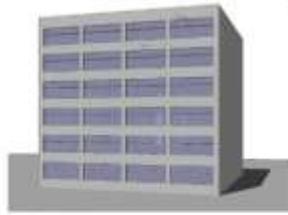
Варіант 14
Розміри вікон – 5.0 м х 2.1 м (вис.)
Ширина сонцезахисту – 0.9 м
КС – 56.81 %
ШВ – 2.38



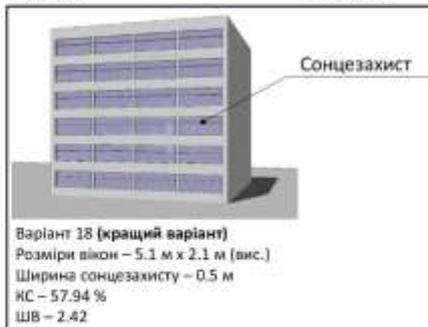
Варіант 15
Розміри вікон – 4.9 м х 2.1 м (вис.)
Ширина сонцезахисту – 0.8 м
КС – 55.67 %
ШВ – 2.33



Варіант 16
Розміри вікон – 4.7 м х 2.1 м (вис.)
Ширина сонцезахисту – 0.5 м
КС – 50.0 %
ШВ – 2.23



Варіант 17
Розміри вікон – 4.9 м х 2.1 м (вис.)
Ширина сонцезахисту – 0.5 м
КС – 55.67 %
ШВ – 2.33

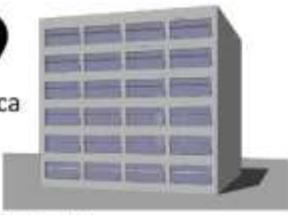


Варіант 18 (кращий варіант)
Розміри вікон – 5.1 м х 2.1 м (вис.)
Ширина сонцезахисту – 0.5 м
КС – 57.94 %
ШВ – 2.42

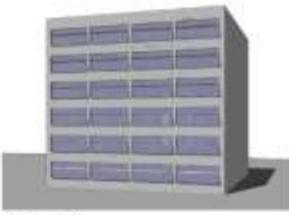
а) оптимізовані варіанти фасадних рішень (ширина та висота південних вікон, ширина сонцезахисту), Київ



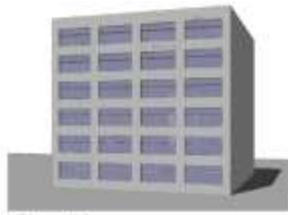
Одеса



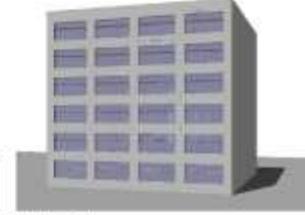
Варіант 11
Розміри вікон – 4.7 м х 2.1 м (вис.)
Ширина сонцезахисту – 0.9 м
КС – 50.0 %
ШВ – 2.33



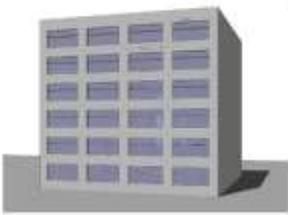
Варіант 12
Розміри вікон – 5.0 м х 2.1 м (вис.)
Ширина сонцезахисту – 1.0 м
КС – 56.81 %
ШВ – 2.38



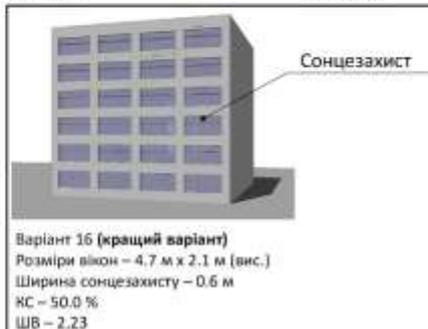
Варіант 13
Розміри вікон – 4.3 м х 2.1 м (вис.)
Ширина сонцезахисту – 0.6 м
КС – 48.86 %
ШВ – 2.04



Варіант 14
Розміри вікон – 4.2 м х 2.1 м (вис.)
Ширина сонцезахисту – 0.5 м
КС – 47.72 %
ШВ – 2.0



Варіант 15
Розміри вікон – 4.3 м х 2.1 м (вис.)
Ширина сонцезахисту – 0.5 м
КС – 48.86 %
ШВ – 2.04



Варіант 16 (кращий варіант)
Розміри вікон – 4.7 м х 2.1 м (вис.)
Ширина сонцезахисту – 0.6 м
КС – 50.0 %
ШВ – 2.23

б) оптимізовані варіанти фасадних рішень (ширина та висота південних вікон, ширина сонцезахисту), Одеса

Рис 55. Оптимізовані варіанти фасадних рішень, Київ та Одеса.
Джерело: автор, 2025

Києва та Одеси, річне ЕС – відрізняється. Так, ЕС рішення (№16) для Одеси на 3,6% нижче, ніж для Києва (№18).

Щодо хмарності, за даними (Weatherspark, 2025), ситуація наступна: Київ має більш ясне небо в період з 22 квітня до 15 жовтня (5,8 міс.). Найясніший місяць – липень (67% днів – ясно, переважно ясно або частково хмарно). Більш хмарний період – з 15 жовтня до 22 квітня (6,2 міс.). Найбільш хмарний місяць – грудень (71% днів – похмуро або переважно хмарно). Одеса має більш ясне небо в період з 20 травня до 1 жовтня (4,4 міс.). Найясніший місяць – липень (79% днів – ясно, переважно ясно або частково хмарно). Більш хмарний період – з 1 жовтня до 20 травня (7,6 міс.). Найбільш хмарний місяць – січень (61% днів – похмуро або переважно хмарно). Це означає, що хмарність також впливає на ЕС будівель та ІВД (рис. 56, б, в, г, є).

Щодо відмінностей між оптимізованими фасадними рішеннями ОБ для Києва та Одеси, сформованими на основі оптимальних значень КПО, ІВД та мінімального ЕС. В Одесі КС є меншим, а глибина ЗС є більшою ніж у Києві. Це пояснюється м'якшими кліматичними умовами Одеси – вищими зимовими температурами та вищим рівнем сонячної радіації.

Згідно таблиці 4, необхідна ширина вікон для Одеси на 7.9% менше ніж для Києва, одночасно глибина ЗС на 16.7% більше ніж у Києві.

Автор відзначає такі загальні тенденції для двох місць розташування:

- а) КС знаходиться в діапазоні 55–65%;
- б) ВШВ становить приблизно 2:1;
- с) Глибина горизонтального ЗС – від 0,5 до 1 м.

Стосовно відмінностей, оптимальне значення КС в Одесі може бути на 5–10% менше, ніж у Києві; в той же час, оптимальна глибина ЗС в Одесі може бути на 10–20% більшою, ніж у Києві.

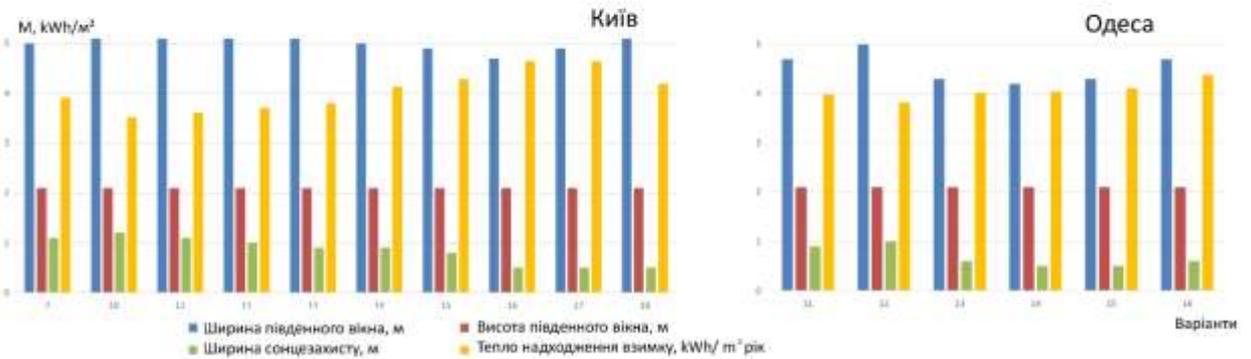
Отримані значення КС є оптимальними для досягнення вимог до КПО, ІВД, та мінімального ЕС. Нижчі значення КС призведуть до недостатнього рівня КПО, тоді як вищі значення КС можуть спричинити надмірне значення

№ варіанту	Варіант №	КПО, %	КВ	Енергоспоживання kWh/m ² рік	Ширина південного вікна, м	Висота південного вікна, м	Ширина південної сонцезахисту, м	Теплонадходження взимку kWh/m ² рік	HC, %	ШВ
1	2.47	0.29	280	2.8	2.1	2.1	0.4	2.90	33.6	1.23
2	2.59	0.33	290.3	4.8	2.1	1.4	2.63	62.2	2.28	
3	2.5	0.33	290.9	5.1	2	1.4	3.11	61.7	2.55	
4	2.67	0.33	290.6	5	2.1	1.4	3.59	64.8	2.38	
5	2.74	0.33	290.4	5	2	1.2	3.53	61.7	2.5	
6	3	0.33	290.4	5	2.1	1.2	3.8	64.8	2.38	
7	3.14	0.33	290.4	5	2.1	1.1	3.91	64.8	2.38	
8	2.74	0.33	291.5	5.2	2.1	1.4	2.89	67.5	2.47	
9	2.85	0.33	290.9	5.1	2.1	1.3	3.43	64.8	2.42	
10	3.01	0.33	290.8	5.1	2.1	1.2	3.52	64.8	2.42	
11	3.17	0.34	290.7	5.1	2.1	1.1	3.61	64.8	2.42	
12	3.38	0.341	290.6	5.1	2.1	1	3.71	64.8	2.42	
13	3.58	0.342	290.5	5.1	2.1	0.9	3.8	64.8	2.42	
14	3.52	0.34	290.2	5	2.1	0.9	4.13	64.8	2.38	
15	3.7	0.34	289.9	4.9	2.1	0.8	4.29	64.2	2.33	
16	4.29	0.335	289.4	4.7	2.1	0.5	4.65	60.9	2.23	
17	4.48	0.344	289.6	4.9	2.1	0.5	4.64	64.2	2.33	
Варіанти	38	4.66	0.348	290.2	5.1	2.1	0.5	4.19	64.8	2.42

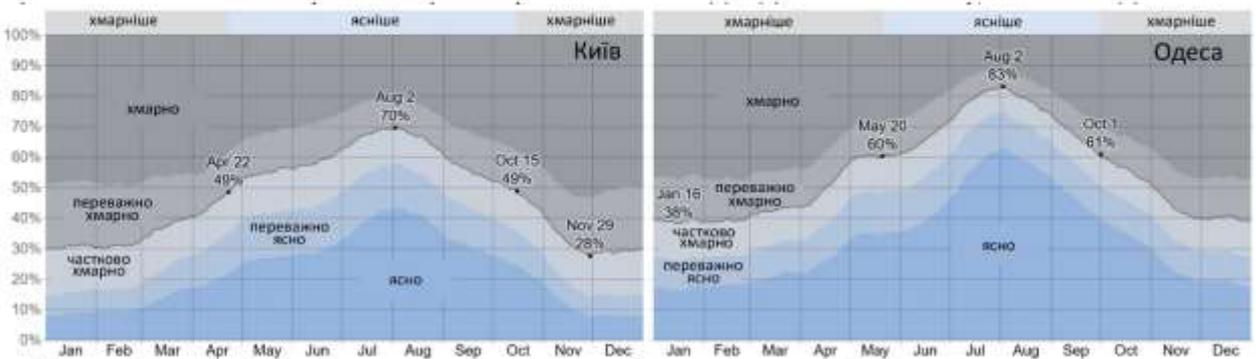
* Сірий колір – не прийнятні варіанти, жовтий – найкращі варіанти

№ варіанту	Варіант №	КПО, %	КВ	Енергоспоживання kWh/m ² рік	Ширина південного вікна, м	Висота південного вікна, м	Ширина південної сонцезахисту, м	Теплонадходження взимку kWh/m ² рік	HC, %	ШВ
1	2.6	0.29	279	3.3	2	0.5	1.02	38.2	1.55	
2	2.35	0.3	279.7	5	1.5	0.7	2.83	46.3	1.33	
3	2.34	0.3	279.9	4.3	2.1	1.4	3.32	55.7	2.04	
4	2.48	0.3	279.7	4.1	2.1	1.2	3.37	53.1	1.95	
5	2.45	0.31	280	5.1	1.6	0.8	2.71	50.3	3.18	
6	2.56	0.3	280	5.2	1.3	0.4	2.22	42.2	4	
7	2.56	0.31	279.8	4.3	2.1	1.2	3.49	55.7	2.04	
8	2.69	0.32	279.7	4.3	2.1	1.1	3.57	55.7	2.04	
9	2.8	0.31	279.6	4.2	2.1	1	3.5	54.4	2	
10	2.86	0.31	279.6	4.3	2.1	1	3.66	55.7	2.04	
11	3.32	0.323	279.7	4.7	2.1	0.9	3.98	60.9	2.23	
12	3.33	0.332	280.1	5	2.1	1	3.82	64.8	2.38	
13	3.67	0.32	279.4	4.3	2.1	0.6	4.02	55.7	2.04	
14	3.8	0.319	279.3	4.2	2.1	0.5	4.04	54.4	2	
15	3.9	0.321	279.3	4.3	2.1	0.5	4.11	55.7	2.04	
Варіанти	16	4.01	0.327	279.5	4.7	2.1	0.6	4.28	60.9	2.23

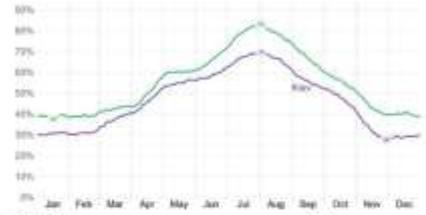
а) Оптимізовані КПО, КВ та енергоспоживання з відповідними геометричними параметрами



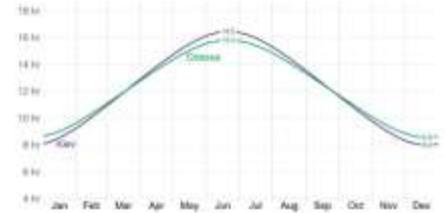
г) Оптимальні геометричні параметри та теплонадходження взимку, Київ та Одеса



д) Хмарність, Київ та Одеса. Джерело: Weatherspark.com.2025



б) Прогноз ясного неба, Київ та Одеса. Джерело: Weatherspark.com. 2025



в) Години світлового дня, Київ та Одеса. Джерело: Weatherspark.com. 2025

Рис 56. Оптимальні значення КПО, КВ та оптимальні геометричні параметри у зв'язку із хмарністю.

Порівняння проектних даних (кращі оптимізовані варіанти)

Місце розташування	Ширина південного вікна, м	Висота південного вікна, м	Глибина сонцезахисту, м
Київ (№18)	5.1	2.1	0.5
Одеса (№ 16)	4.7 (- 7.9%)	2.1	0.6 (+16.7%)

ІВД. Водночас, вищі значення КС можуть бути застосовані, якщо буде використано інший тип ЗС.

Установлені показники (benchmarks). Основна мета експерименту – запропонувати метод аналізу; отже, він не зосереджується передусім на абсолютних значеннях ЕС. Тому пряме порівняння з існуючими бенчмарками ЕС не включено до цього дослідження. Результати моделювання є попередніми і не призначені для порівняння з фактичним ЕС ОБ.

Проте, коротке порівняння ілюструє кореляцію з існуючими показниками ЕС, так згідно з (ClevAir, 2021), «Найменш енергоефективні ОБ можуть споживати до 218 кВт·год/м². Для середньостатистичних ОБ ця цифра знижується до 166 кВт·год/м². Найбільш енергоефективні ОБ споживають лише 128 кВт·год/м²». Крім того, згідно з (BrainBox AI, 2025), річне ЕС у США становить 222 кВт·год/м², тоді як у Канаді воно становить 364 кВт·год/м².

Обмеження експерименту. Було проаналізовано лише один тип ЗС. Можливо, ЗС з набором горизонтальних ламелей міг би надати детальніші результати, що може стати предметом подальших досліджень. Даний експеримент проводився на основі КПО, однак, аналіз просторової автономії денного освітлення (sDA), який є вимогою для сертифікації LEED, міг би надати більш точнішу оцінку. Аналіз sDA дозволяє оцінити, чи отримує приміщення достатньо природного освітлення (300 люкс протягом не менше 50% часу користування приміщенням щорічно). Тому у подальших дослідженнях варто розглянути багатоцільову оптимізацію з урахуванням

аналізу sDA. Вплив світлових полиць не було проаналізовано, можливо тому що, використання могло би призвести до ще більшого покращення показників денного освітленні і зменшення ЕС.

Отже, рекомендується застосовувати параметричний метод з багатоцільовою оптимізацію фасадних рішень ОБ на ранній стадій проєктування для визначення ЕЕ та показників денного освітлення. Використання комп'ютерного моделювання довкілля та параметричного дизайну у поєднанні з багатоцільовою оптимізацію дає змогу досягати більшої ефективності проєктних рішень, зокрема КС, ВШВ, розміри ЗС та ін.

В подальшому цей метод з невеликими змінами може бути застосовано не тільки для фасадної оптимізації, але й до оптимізації загальної форми ЕОБ, а також і планувальної структури будівлі.

3.2. Принципи та прийоми проєктування ЕОБ.

Згідно з проведеними дослідженнями формування ЕОБ, узагальнення міжнародного та вітчизняного досвіду проєктування / будівництва та експлуатації, аналізу наукової літератури / виявлення факторів, що впливають на формування ЕОБ / визначених особливостей проєктування в залежності від виду будівництва, розробленого класифікаційного ряду ЕОБ та проведеного експерименту, виявлено, що принципи проєктування ЕОБ мають відповідати концепції сталого розвитку. Це дозволить забезпечувати досягнення певних цілей (№№ 1, 3, 6, 7, 9, 11, 13, 15) сталого розвитку (United Nations, 2015), які досягаються в тому числі засобами архітектури:

«Сталі міста та громади», вимагає забезпечення інклюзивності, безпеки, життєздатності та сталості міст, і має прямий зв'язок з проєктуванням архітектурного середовища міст, та ЕОБ зокрема;

«Доступна та чиста енергія», передбачає проєктування ЕЕ будівель, в тому числі ЕОБ, для використання стратегії пасивного дизайну, інтегруючи відновлювані джерела енергії, та застосовуючи розумні технології для управління ЕС. Для досягнення низького ЕС та енергонезалежності активні системи генерують енергію з відновлювальних джерел на місці;

«Боротьба зі зміною клімату», зобов'язує проєктувати ЕОБ, з мінімальним вуглецевим слідом. Це включає: зменшення ЕС із збереженням комфортного мікроклімату в ОП; використання сталих і низьковуглецевих матеріалів; зменшення викидів вуглецю під час будівництва, експлуатації та зносу, що охоплює весь життєвий цикл ЕОБ, від видобутку матеріалів до знесення і передбачає мінімізацію втіленого вуглецю (embodied carbon), що є викидами від виробництва матеріалів, транспортування та будівництва, так і мінімізацію експлуатаційного вуглецю (operational carbon), що є викидами від споживання енергії для опалення, охолодження та освітлення, а також мінімізацію після-експлуатаційного вуглецю (post-operational carbon), що є викидами, пов'язаними з остаточною утилізацією або переробкою будівлі та її матеріалів (демонтаж та знесення, транспортування відходів, переробка та утилізація відходів); проєктування з урахуванням адаптації до кліматичних змін;

«Міцне здоров'я та благополуччя», так як архітектурні рішення ЕОБ, безпосередньо впливають на здоров'я співробітників рекомендується створення здоровішого середовища, сприяючи природному освітленню, належній вентиляції та доступу до зелених зон, що зменшує стрес і поліпшує самопочуття співробітників;

«Індустрія, інновації та інфраструктура», передбачає використання в проєктуванні ЕОБ інноваційних технологій, новітніх матеріалів та методів будівництва, що мають бути довговічними та сталими. Має забезпечуватися тривалий життєвий цикл ЕОБ, а саме її: функціональності, надійності, безпечності та естетичної привабливості. Це досягається насамперед завдяки використанню довговічних несучих конструкцій, довговічних оздоблювальних матеріалів, ЕЕ архітектурних та інженерних рішень, адаптивному плануванні та ін. При цьому досягається мінімізація споживання ресурсів і генерування будівельних відходів, уникнення швидкого знесення, частих реконструкцій і нового будівництва.

«Подолання бідності та скорочення нерівності», створюючи доступні та

гідні архітектурні рішення ЕОБ, можливо покращити умови праці для маргіналізованих громад. Це включає створення ЕОБ, доступних для людей з інвалідністю, та сприяння гендерній рівності в архітектурі;

«*Чиста вода та належні санітарні умови*», можлива інтеграція в проекти ЕОБ технологій для збереження води, такі як системи збору дощової води та переробки сірих стоків;

«*Життя на суші*», інтеграція природних елементів у проекти ЕОБ та мінімізація площі забудови, допомагає захистити екосистеми та біорізноманіття.

Виходячи з цього визначені наступні **принципи проектування ЕОБ** (рис. 57):

1. Формування на основі кліматичних умов.
2. Інтеграції пасивних та активних стратегій.
3. Застосування оптимізації проектних рішень.
4. Застосування фасадної та планувальної адаптивності.
5. Впровадження партисипації співробітників.

Принцип формування на основі кліматичних умов (climate informed design) – характеризується взаємозв'язком між ЕОБ та навколишнім середовищем, передбачає врахування конкретних кліматичних умов (макро- і мікро-кліматичних) ділянки проектування ЕОБ з метою мінімізації негативного та максимізації позитивного впливу довкілля на архітектурні рішення ЕОБ.

Основою цього принципу є архітектурно-планувальні рішення ЕОБ, які формують процес проектування від початкового аналізу ділянки проектування до остаточних проектних рішень. Цей підхід ґрунтується на точних даних і дозволяє архітекторам приймати обґрунтовані рішення, в унікальному кліматичному контексті.

Кліматичні умови включають в себе місцезрештування об'єкта проектування. По суті мікро-кліматичні умови ділянки проектування – це містобудівні умовами проектування, що включають в себе існуюче навколишнє

природне, архітектурне та техногенне середовище. При цьому офіційний документ – «Містобудівні умови та обмеження» (МУО), що видає місцева влада, і в якому надаються вказівки щодо: гранично допустимої висоти; максимальний відсоток забудови; щільність населення; відступи від «червоних ліній» та ін. вимоги, хоч і є обов'язковими до виконання, включно з «Технічними умовами» (ТУ) та «Завданням на проектування» (ЗП), але не є складовою цього принципу.

Цей принцип реалізується через такі **прийоми** (рис. 57):

- Макро- та мікро- кліматичний аналіз ділянки проектування;
- Виявлення можливих пасивних та активних стратегій проектування для подальшого застосування.

Принцип інтеграції пасивних (архітектурних) та активних (інженерних) стратегій, ґрунтується на комплексному застосування стратегій пасивного проектування, у оптимальній комбінації з активними стратегіями, що працюють у гармонії з навколишнім середовищем.

Пасивні стратегії застосовуються для зменшення енергопотреб в ОВіК, та освітленні, і до яких відносяться: вибір форми та орієнтації; захист зовнішньої оболонки; пасивне опалення (взимку); пасивне охолодження (влітку); захист від перегріву (влітку); збільшення природного освітлення (досліджені у підрозділ 1.3, (рис. 26).

В той час як, *активні стратегії* застосовуються для зменшення енергопотреб в ОВіК та освітленні, а також у виробництві енергії на місці з відновлювальних джерел, використовуючи сучасні інженерні технології. Цей принцип пропонується реалізовувати за допомогою таких **прийомів** (рис. 57):

- В межах стратегії «*Вибір форми та орієнтації*»: вибір загальної форми ЕОБ для зменшення коефіцієнта компактності; вибір ширини корпусу ЕОБ для можливості природного освітлення; максимізація «високого» південного сонячного опромінення; мінімізація «низького» східного та західного сонячного опромінення;



Рис 57. Принципи та прийоми проєктування ЕОБ.
Джерело: автор, 2025

- В межах стратегії «Захист зовнішньої оболонки»: застосування підвищеної теплоізоляції огорожувальних конструкцій; покращення вузлів огорожувальних конструкцій без термічних мостів; досягнення низької повітро-проникності; застосування «подвійних фасадів»;

- В межах стратегії «Пасивне опалення (взимку)»: вибір орієнтації закслених фасадів за сторонами світу; вибір типів скління фасадів; вибір

- коефіцієнту та пропорцій скління фасадів; отримання пасивного опалення за рахунок сонячної радіації (скління з південного боку); використання конструкцій будівлі з високою теплоємністю; застосування

«подвійних фасадів»;

- В межах стратегії «*Пасивне охолодження (влітку)*»: застосування природної та гібридної вентиляції; використання озеленення для охолодження за рахунок випаровування; застосування атріумів та «сонячних витяжок»;

- В межах стратегії «*Захист від перегріву (влітку)*»: застосування ЗС; вибір типів скління фасадів; скорочення тепло-надходжень завдяки застосування горизонтального та вертикального озеленення; озеленення прилеглої до ЕОБ території; самозатінення скління за рахунок ОПР;

В межах стратегії «*Збільшення природного освітлення*»: застосування високого відсотку природного освітлення; вибір типів скління фасадів; вибір коефіцієнту та пропорцій скління фасадів; застосування «світлових полиць», зенітних ліхтарів та світлових тунелів. *Збільшення природного освітлення* надає пріоритет використанню природного сонячного світла для освітлення ОП для створення світлого, комфортного та ЕЕ середовища. При цьому орієнтація фасадів ЕОБ за сторонами світла відповідно до руху сонця має вирішальне значення. Важливим є розташування вікон, розмір та їх форма, а відбивна здатність внутрішніх і зовнішніх поверхонь (світлих і відбиваючих) на стінах, стелі та підлозі допомагає відбивати природне світло глибше в ОП. Контроль відблисків та тепло-надходжень, при максимізації природного освітлення, слід враховувати його потенційні негативні наслідки. ЗС допомагає контролювати пряме сонячне світло, зменшуючи відблиски та запобігаючи надмірному нагріванню.

- Застосування *активних (інженерних) стратегій*, передбачає такі прийоми: застосування ЕЕ інженерних технологій та виробництво енергії на місці з відновлювальних джерел. До них відносяться (Підрозділ 1.3): використання ЕЕ інженерних технологій (системи управління будівлею, адаптивне освітлення, опалення / вентиляція / кондиціонування повітря / гаряче водопостачання з теплообмінниками; ліфти з рекуперацією енергії; ЕЕ офісне обладнання; автоматизовані системи ЗС; променисте охолодження та опалення,

Пасивні (архітектурні) стратегії та прийоми їх реалізації

Вибір форми та орієнтації:	Вибір загальної форми будівлі для зменшення коефіцієнта компактності	Вибір ширини корпусу будівлі для можливості природного освітлення	Максимізація «високого» південного сонячного опромінення	Мінімізація «низького» східного та західного сонячного опромінення
Захист зовнішньої оболонки:	Застосування підвищеної теплоізоляції огорожувальних конструкцій	Покращення вузлів огорожувальних конструкцій без термічних мостів	Досягнення низької повітропроникності	Застосування «подвійних фасадів»
Пасивне опалення (взимку):	Вибір орієнтації застлених фасадів за сторонами світу	Вибір типів скління фасадів Вибір коефіцієнту та пропорцій скління фасадів	Отримання пасивного опалення за рахунок сонячної радіації (південне скління)	Використання конструкцій будівлі з високою теплоємністю Застосування «подвійних фасадів»
Пасивне охолодження (влітку):		Застосування природної та гібридної вентиляції	Використання озеленення для охолодження за рахунок випаровування	Застосування Атріумів та «сонячних витяжок»
Захист від перегріву (влітку):	Застосування зовнішнього сонцезахисту	Вибір типів скління фасадів	Скорочення теплонадходжень завдяки застосуванню горизонтального та вертикального озеленення	Озеленення прилегло до ЕОБ території Само-затінення скління за рахунок ОПР
Збільшення природного освітлення:	Застосування високого відсотку природного освітлення	Вибір типів скління фасадів Вибір коефіцієнту та пропорцій скління фасадів	Застосування «світлових полиць»	Застосування зенітних ліхтарів та світлових тунелів

Рис 58. Прийоми проектування ЕОБ. Пасивні (архітектурні) стратегії та прийоми їх реалізації. Джерело: автор, 2025

- вбудоване в перекриття та пасивні охолоджувальні балки; геотермальні теплові насоси; сонячні колектори; стіни Тромба; виробництво енергії на місці з відновлювальних джерел (фотовольтаїчні системи, фотовольтаїчне скло, вітрогенератори, системи акумулювання енергії).

Принцип застосування оптимізації проектних рішень – це процес пошуку та вибору найкращого варіанту рішення серед великої кількості можливих, який найкраще відповідає заданим цілям та умовам. Це включає

покращення різноманітних параметрів ЕОБ: ОПР, фасадні рішення, планувальна структура, інженерні системи, опоряджувальні матеріали та ін. для зменшення енергопореб.

Оптимізація може бути застосована задля досягнення окремих цілей, однак більш ефективною є багатоцільова оптимізація. В такому разі знаходяться рішення, що є компромісом між двома, або більшою кількістю конфліктуючих цілей. Для ефективної оптимізації використовуються системи САПР із параметричним моделюванням. Оптимальні архітектурні рішення ЕОБ стають можливими завдяки енергомоделюванню, моделюванню природного освітлення, природної вентиляції та ін.

Існує два підходи до проектування – традиційний процес *варіантного проектування* і *оптимізації проектних рішень*. Обидві підходи стосуються вдосконалення проекту, в той же час вони представляють різні рівні глибини розробки та методології. Основна відмінність полягає в кількості варіантів, які розглядаються, та ступені автоматизації пошуку найкращого рішення.

В традиційній архітектурній практиці використовується *варіантне проектування*, що включає в себе такі основні етапи проектування: ескіз-ідея; концептуальний дизайн; розробка варіантів 3-д моделі (обмжена кількість, зазвичай 3-5; включно з підваріантами); оцінка та аналіз варіантів; розробка кінцевого варіанту; будівництво. При чому, під час розробки варіантів, створюються принципово різні варіанти проекту для порівняння. Проектувальник спирається на результати різних видів аналізу, власний досвід, інтуїцію та наявні аналоги. Порівняння відбувається за основними техніко-економічними, функціональними, естетичними та ін. показниками. Обмеженням цього підходу є те, що людина фізично не може опрацювати сотні комбінацій параметрів, тому «найкращий» варіант обирається лише серед тих кількох, що були створені.

Оптимізація проектних рішень це науковий підхід та процес пошуку екстремуму (мінімуму або максимуму) цільової функції за допомогою математичних методів та алгоритмів. Проект описується параметричною

(математичною) моделлю з набором змінних. Комп'ютер перебирає сотні або тисячі комбінацій параметрів (площа і розміри вікон, нахили покрівлі, типи скління та ін.), щоб знайти найкращі варіанти, що відповідають заданим умовам (ЕЕ, природне освітлення та ін.). Тому основні етапи проектування є такими: ескіз-ідея; налаштування задач та цілей; параметрична модель чи алгоритм; пошук рішень (необмежена кількість, 100-10000 рішень, автоматичний процес); оцінка та аналіз рішень (автоматичний процес); вибір найкращих рішень; розробка кінцевого рішення; будівництво. Перевагами цього підходу є: швидкість автоматичних процесів пошуку оптимальних рішень; велика кількість рішень; дизайн на основі точних даних (*Data Driven Design*) – підхід до проектування, де ключові рішення приймаються на основі аналізу кількісних та якісних показників, а не лише на основі інтуїції чи естетичних уподобань архітектора.

Треба відмітити, що повна оптимізація проекту є поки ще малоймовірною через велику кількість задач, складність, індивідуальність та інтуїтивність процесу проектування, тому оптимізація зазвичай використовується частково на різних етапах проекту, і застосовується до різних частин будівлі, наприклад це може бути оптимізація форми ОБ, фасадних рішень, планування та ін. Повна оптимізація можлива, якщо відходити від «інтуїтивного» проектування до проектування на основі даних (*Data Driven Design*), що дає архітектору математично обґрунтовану базу для прийняття рішень. Тому комбінація *варіантного проектування з оптимізацією* є найбільш ефективним сучасним підходом до архітектурного проектування ЕОБ. При тому *варіантне проектування* найкраще підходить для ранніх стадій (концепція), коли треба визначитися з загальною концепцією, а *оптимізація* може застосовуватися на етапі більш детального проектування (ескізний проект), коли треба оцінити і перевірити і оптимізувати (покращити) різні варіанти концепції.

Принцип оптимізації проектних рішень забезпечується такими **прийомами**:

- Оптимізація композиційних та ОПР включно з: місцеположення ОБ на

ділянці проектування; загальної форми ОБ; композиційних рішень; поверховості; форми плану; КК; ступеню аеродинамічності форми ОБ; пластики фасадів та ін.

- Оптимізація фасадних рішень включно з: орієнтації застаклених фасадів за сторонами світу; КС та пропорцій скління фасадів; типів прозорих і не прозорих фасадів; ЗС та «світлових полиць»; типів «подвійних» скляних фасадів; інтегрованого озеленення та ін.

- Оптимізація планувальних рішень включно з: плануванням поверхів; місцеположенням СЛВ; місцеположенням та формою атріумів та ін.

Оптимізація інженерних систем та ін., включно з: системами ОВіК та системами з виробництва енергії на місці з відновлювальних джерел. При цьому інженерні системи мають бути більш гнучкими і працювати більш диференційовано у різних зонах. Це означає, що можливі більш індивідуальні налаштування систем ОВіК та освітлення в не тільки в різних приміщеннях, а й в різних частинах одного ОП.

Принцип застосування фасадної та планувальної адаптивності – це здатність ЕОБ змінювати свої об'ємно-просторові, планувальні або функціональні аспекти для задоволення потреб співробітників, під впливом погодних умов, сезонних змін, зміни навколишнього середовища пов'язаних із зміною клімату (climate change), еволюційних часових змін та ін. З архітектурної точки зору можна виділити такі два основних аспекти – фасадна та планувальна адаптивність.

Фасадна адаптивність – характеризується можливістю окремих елементи будівлі (фасади, покрівлі та ін.) динамічно взаємодіяти із зовнішнім середовищем. Ці елементи можуть реагувати на зміну погодних умов чи потреб співробітників. Вони виконують дві основні функції: сприяють ЕЗ для опалення, охолодження, вентиляції та освітлення, а також позитивно впливають на якість внутрішнього середовища ЕОБ.

Планувальна адаптивність – це гнучке планування, що може бути адаптоване згідно нових функціональних вимог, чи індивідуальних потреб

співробітників для покращення комфортності приміщень, здоров'я співробітників та продуктивності праці. Гнучкі просторові рішення передбачають проектування інтер'єрів з багатоцільовими просторами та варіантним використанням, що дозволяє легко змінювати розташування приміщень. Так, внутрішні перегородки мають бути спроектовані таким чином, щоб вони могли легко бути замінені чи прибрані. Планувальна адаптивність також: сприяє ЕЗ для опалення, охолодження, вентиляції та освітлення; сприяє індивідуальним потребам у тепловому комфорті, вентиляції та освітленні робочих місць співробітників, та ін. Запропоновані **прийоми**, що забезпечують реалізацію даного принципу:

- застосування динамічного ЗС, для автоматичного або ручного контролювання, в залежності від погодних умов. В залежності від типу ЗС, можуть змінюватися кути нахилу ламелей чи інші параметри. Динамічний ЗС може бути поділений на різні зони, що налаштовані окремо, і які сприяють задоволенню більш індивідуальних потреб співробітників;

- застосування вікон, що відчиняються, (фасадні, вітражні або зенітні) можуть контролюватися автоматично, або вручну в залежності від погодних умов, необхідності провітрювання та вимог співробітників;

- застосування внутрішніх мобільних перегородок, що переміщуються або демонтуються. Варіантність планування ОП, що досягається зміною положення внутрішніх мобільних перегородок;

- застосування змінного озеленення. Це горизонтальне та вертикальне озеленення в інтер'єрах або екстер'єрах ЕОБ, що може змінюватися в залежності різних факторів. Так, змінюватися може місце розташування, типи та ін. параметри озеленення;

- застосування адаптивного освітлення (димірування), яке сприяє зменшенню ЕС. Світильники з димером – це освітлювальний прилад для внутрішнього освітлення приміщення з можливістю налаштувати необхідного рівня світлового потоку в залежності від рівня природного освітлення.

Принцип впровадження партисипації співробітників – передбачає

надання співробітникам можливості налаштовувати робочі місця в індивідуальному порядку, включно з плануванням, параметрами систем ОВіК, освітленням, та ін. Цей принцип пов'язаний з концепцією людино-центричного проєктування (*human centered design*), при якому потреби та вимоги окремих співробітників є пріоритетними, що створює комфортні умови праці. Цей принцип включає такі **прийоми**:

- Індивідуальне налаштування планування робочих місць, що включає переміщення мобільних перегородок, розміщення меблів та ін;

- Індивідуальний налаштування систем ОВіК та освітлення, що включає , температури, вентиляції, освітлення, та ін.

Великого значення при впровадженні принципів проєктування ЕОБ має їх взаємозв'язок та спрямованість на створення екологічного та естетичного архітектурного середовища, що гармонійно пов'язана з довкіллям.

Вищенаведені принципи та прийоми проєктування можуть стати концептуальною основою до подальших наукових досліджень та експериментального проєктування ЕОБ.

3.3. Рекомендації з проєктування ЕОБ в кліматичних умовах України.

Згідно з проведеними дослідженнями запропоновані рекомендації з проєктування ЕОБ, які поділяються на групи (рис 59):

1. Удосконалення методики архітектурного проєктування.
2. Оптимізація об'ємно-просторових рішень.
3. Оптимізація фасадних рішень.
4. Оптимізація планувальних рішень.
5. Удосконалення інтер'єрних рішень.
6. Впровадження рішень з природної вентиляції.
7. Застосування енергоефективних інженерних технологій.
8. Оптимізація інтеграції енергогенеруючих систем.
9. Оцінка ефективності (evaluation) реалізованих ЕОБ.

Удосконалення методики архітектурного проектування	<ul style="list-style-type: none"> - проведення макро- і мікро- кліматичного аналізу ділянки ЕОБ; - вивчення та виявлення можливих пасивних стратегій для подальшого застосування; - енерго- моделювання / природнього освітлення; - використання параметричного моделювання із багатоцільовою оптимізацією; - мульти-дисциплінарний підхід;
Оптимізація ОПР	<ul style="list-style-type: none"> - місцеположення на ділянці проектування; - композиційних рішень; - поверховості; - загальної форми; - коефіцієнту компактності; - ступеню аеродинамічності форми; - пластики фасадів;
Оптимізація планувальних рішень	<ul style="list-style-type: none"> - ширини корпусу; - використання планів з широтною орієнтацією; - внутрішній двір чи атриум; - розміщення СЛВ; - розміщення допоміжних прим.;
Оптимізація фасадних рішень	<ul style="list-style-type: none"> - орієнтації зашкленених фасадів за сторонами світу; - КС, пропорції, показники скління; - огорожувальних конструкцій; - типи прозорих і не прозорих фасадів; - використання ЗС; - застосування «світлових полиць»; - застосування інтегрованого озеленення;
Удосконалення інтер'єрних рішень	<ul style="list-style-type: none"> - використовувати відкриті бетонні поверхні перекриття; - використовувати відкриті перегородки з матеріалів з високою щільністю та термальні підлоги; - використовувати локалізованого освітлення в ОП;
Впровадження рішень з природної вентиляції	<ul style="list-style-type: none"> - використовувати не глибокі плани; - використовувати атриуми, та «сонячні витяжки» задля стекової вентиляції; - використовувати нічне провітрювання влітку; - оптимізація висоти приміщень;
Впровадження ЕЕ інженерних технологій	<ul style="list-style-type: none"> - використовувати СУБ, адаптивне освітлення, опалення / вентиляція / кондиціонування повітря та гаряче водопостачання з теплообмінниками, ЕЕ офісне обладнання, ліфти з рекуперацією енергії, автоматизовані системи ЗС, променисте охолодження та опалення, що вбудоване в перекриття та ін. - проведення моніторингу та доналаштування ЕЕ інженерного обладнання;
Оптимізація інтеграції енергогенеруючих систем	<ul style="list-style-type: none"> - проводити моніторинг реалізованих ЕОБ, включно з річними показниками ЕС; - порівнювати проєктні показники ЕС із реальними експлуатаційними показниками; - знаходити недоліки в реалізованих проєктних рішеннях і шукати варіанти їх усунення та удосконалення подальших проєктних рішень; - проводити екологічну сертифікацію реалізованих ЕОБ;
Оцінка ефективності (evaluation) реалізованих ЕОБ	<ul style="list-style-type: none"> - проводити моніторинг реалізованих ЕОБ, включно з річними показниками ЕС; - порівнювати проєктні показники ЕС із реальними експлуатаційними показниками; - знаходити недоліки в реалізованих проєктних рішеннях і шукати варіанти їх усунення та удосконалення подальших проєктних рішень; - проводити екологічну сертифікацію реалізованої ЕОБ.

*Рис 59. Рекомендації з проектування ЕОБ.
Джерело: автор, 2025*

Удосконалення методики проектування:

- проведення макро- та мікро- кліматичний аналізу ділянки ЕОБ на ранній стадії проектування. Перший включає вивчення місцевих погодних умов: температури, вологості, напрямку та швидкості вітру, траєкторії руху сонця, рівня сонячної радіації та ін. Другий має враховувати вплив: зелених насаджень навколо ЕОБ, твердого покриття та водойм у безпосередній

близькості, наявність підземних вод, перепади рельєфу, наявність існуючої оточуючої забудови (що по суті є врахуванням містобудівного контексту, але в з кліматичної точки зору) та ін.;

- вивчення та виявлення можливих пасивних стратегій проєктування для подальшого застосування. Вплив макро- і мікрокліматичних умов, відзначається на виборі тих чи інших пасивних та активних стратегій проєктування. Мають бути обрані саме ті стратегії, що найкраще підходять для ділянки майбутнього ЕОБ;

- енергомодельовання та модельовання природнього освітлення, на ранній стадії проєктування. Для енергомодельовання та ін. може використовуватися різне ПЗ, наприклад: Autodesk Forma, Autodesk Insight, ArchiCAD Energy Evaluation, ClimateStudio, DesignBuilder, DIALux, IESVE, Sefaira, Tas Engineering, VELUX Daylight Visualizer та Radiance, EnergyPlus, OpenStudio, Ladybug Tools, Honeybee та ін. Таке модельовання дає розуміння наскільки первинні архітектурні рішення впливають ЕЕ ЕОБ. На подальших стадіях проєктування для перевірки проєктних рішень рекомендується також проводити модельовання повітряного потоку (ПЗ AKL FlowDesigner та ін), теплового потоку (ПЗ THERM та ін.), штучного освітлення та ін. (ПЗ DIALux та ін.) (рис 60);

- використання параметричного модельовання із багатоцільовою оптимізацією для оптимізації об'ємно-просторових і фасадних рішень ЕОБ задля досягнення мінімального ЕС, оптимального природнього освітлення та ін. параметрів. Для цього рекомендується використовувати засобами мови візуального програмування – ПЗ Grasshopper. Для багатоцільовою оптимізації – плагіни Octopus, Galapagos та ін. Такий засіб дає можливість обрати оптимальні варіанти архітектурних рішень з точки зору ЕЕ;

- проєктування ЕОБ вимагає застосування мульти-дисциплінарного підходу, тому залучення інженерів ОВіК, консультантів зі сталого розвитку та ін. спеціалістів на ранній стадії проєктування ЕОБ для спільної роботи є необхідним.

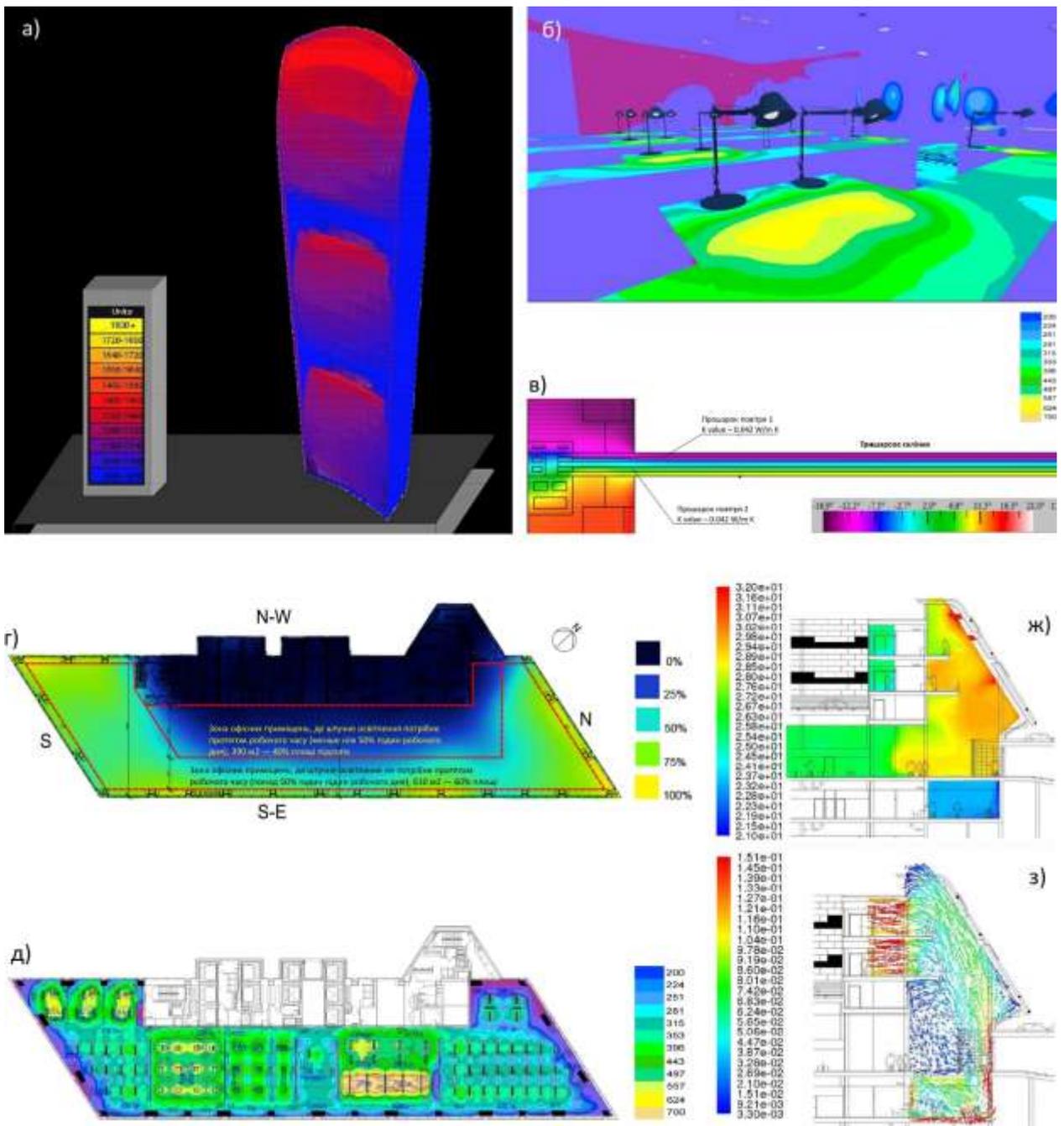


Рис 60. ПЗ для енергомодельовання, модельовання природнього освітлення та ін.:

а) Pearl River Tower, Гуанчжоу, Китай, 2013, арх. SOM, аналіз сонячної радіації. Джерело: SOM, 2025; б) локалізоване освітлення ОП. Програмне забезпечення: DIALux Джерело: автор, 2016; в) інфрачервоне кольорове картування температури всередині віконної секції. ПЗ: THERM 6.3. Джерело: автор, 2016 р. ; г, д) The Broadgate Tower, Лондон, Велика Британія, 2008, арх. SOM, річний відсоток годин присутності, протягом яких рівень освітленості становить щонайменше 500 люкс, ПЗ: Sefaira та план локалізованого освітлення. ПЗ: DIALux. Джерело: автор, 2016. ж, з) Університетська лікарня, Реус, Іспанія, арх. Corea & Moran Arquitectur, 2009, модельовання руху повітря та температури у атріумі. Джерело: Corea & Moran Arquitectura, 2025.

Оптимізація об'ємно-просторових рішень:

а) місцеположення ОБ на ділянці проєктування:

- при розміщенні на ділянках за містом (без оточуючої забудови), треба контролювати затіненість від перепадів рельєфу та дерев;

- при розміщенні у щільній міській забудові, треба ще контролювати затіненість від оточуючої забудови;

- розміщувати таким чином, щоб південний фасад отримував максимальну кількість сонячної радіації, а східні і західні фасади мінімальну;

- зменшувати відсоток твердих покриттів і збільшувати відсоток м'яких покриттів (кущі, ґрунт, місцеві злакові та трав'янисті квіткові рослини) та висаджувати дерева для затінення прилеглої території для запобігання ефекту «теплового острова»;

- за для затінення влітку і отримання пасивних тепло-надходжень взимку перших поверхів ЕОБ (1 - 4 пов.) потрібно передбачувати озеленення навколо будівлі (дерева,), при чому з південного боку мають бути листяні дерева, а з сходу і заходу хвойні та листяні;

б) композиційних рішень:

- застосовувати горизонтальні композиції через меншу кількість ліфтів і менш складні інженерні рішення з ОВіК та великими площами покрівлі, що надає можливість встановлення фотовольтаїчних систем для генерації енергії на місці;

- застосовувати більш цілісні архітектурні композиції для холоднішої – I кліматичної зони України, а більш розчленовані композиції для теплішої – II кліматичної зони через те, що затінення частин будівлі може призводити до зменшення ЕС на охолодження влітку;

- застосовувати асиметричні та відкриті композиції, що є більш гнучкими і мають вищий потенціал до врахування кліматичних умов ділянки, що може призводити до нижчого ЕС;

- застосовувати композиції на основі додавання чи віднімання у теплішій – II кліматичній зони через те, що затінення частин будівлі може призводити

до зменшення ЕС на охолодження влітку;

в) поверховості:

- застосовувати мало та середньо поверхові (4 - 10 пов.), що призводить до зменшення ЕС на одиницю площі ЕОБ, завдяки меншому ЕС для функціонування систем ОВіК, ліфтів, більшому використанню сходів та ін.;

- застосовувати багатоповерхові, підвищеної поверховості та висотні ОБ у центрах міст із щільною забудовою (окрім історичних ареалів), а мало та середньо поверхові поза центрами міст та на околицях;

г) загальної форми ОБ:

- створювати форму ОБ на основі результатів параметричного моделювання із багатоцільовою оптимізацією;

д) КК:

- застосовувати нижчий КК у холоднішій – I кліматичній зоні України, (завдяки зменшенню зовнішньої поверхні будівлі по відношенню до обсягу будівлі), а вищий КК у теплішій – II кліматичній зоні через те, що затінення частин будівлі може призводити до зменшення ЕС на охолодження влітку;

ж) ступеню аеродинамічності форми ОБ:

- створювати більш аеродинамічну форму для багатоповерхових, підвищеної поверховості та висотних ОБ;

з) пластики фасадів:

- застосовувати такі ОПР як, терасування та каскадність, артикуляція, нахил фасадних площин у теплішій – II кліматичній зоні через те, що рішення ведуть до затінення частин будівлі може призводити до зменшення ЕС на охолодження влітку.

Оптимізація фасадних рішень:

- *орієнтації зашкленних фасадів за сторонами світу.* Скління рекомендується мати із південного боку ЕОБ тому що із півдня легше контролювати сонячне опромінення засобами ЗС. Наявність скління із східною чи західною орієнтацією може погіршувати показники ЕЕ за рахунок того, що із сходу чи заходу важче контролювати сонячне опромінення

засобами ЗС, при тому східна орієнтація є більш прийнятною, а західна орієнтація є не бажаною. Північна орієнтація є прийнятною, і нейтральною, тому що сонячне опромінення майже відсутнє з цього боку;

- *КС та пропорцій скління фасадів.* КС впливає на втрати тепла (теплопровідність) та пасивні (бажані) тепло-надходження внаслідок сонячного опромінення в зимовий період, а також (небажані) тепло-надходження внаслідок сонячного опромінення в літній період. Таким чином КС може бути: високим (60% і більше), середнім (50-35%) та низьким (30% і менше). Рекомендується використовувати вищий КС (50-60%) у холоднішій – I кліматичній зоні України, для збільшення пасивних тепло-надходжень взимку, (при низьких показниках теплопровідності скління), і нижчий КС (45-55%) у теплішій – II кліматичній зоні, для зменшення перегріву влітку;

- *показники скління.* Рекомендується використовувати скління з нижчими показниками теплопровідності ($0.80 \text{ W/m}^2\text{K}$ чи нижче) як рекомендує стандарт Passive House у холоднішій – I кліматичній зоні України, і трохи вищий ($0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$) у теплішій – II кліматичній зоні;

- *використання скління з різними фізичними властивостями* на різних фасадах ОБ в залежності від орієнтації фасадів за сторонами світла. Показники коефіцієнту сонячного теплового надходження (SHGC) з південного боку можуть відрізнятися від показників східного, західного та північного боку. Також рекомендується використовувати найвищий рівень світло-пропускання (light transmission) – 50-70% для максимізації денного освітлення, а також застосовувати низько-емісійне скло (Low-E);

- *показники огорожувальних конструкцій.* Рекомендується використовувати огорожувальні конструкції з нижчими показниками теплопровідністю ($0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$) як рекомендує стандарт Passive House у холоднішій – I кліматичній зоні України, і трохи вищий ($0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$) у теплішій – II кліматичній зоні;

- *використання диференційованого підходу* до проектування фасадів ОБ в залежності від орієнтації фасадів за сторонами світла. Уникання однакового

архітектурного вирішення різних за орієнтацією фасадів ОБ;

- *типи прозорих і не прозорих фасадів*. Рекомендується застосовувати ПФ, як адаптивні архітектурні рішення що призводять до ЕЕ. Інтенсивно використовувати ПФ у I кліматичній зоні України, і помірно використання у II кліматичній зоні України;

- *використання ЗС*. Помірно використовувати ЗС у I кліматичній зоні України, і інтенсивно використання ЗС у II кліматичній зоні України. При цьому горизонтальний сонцезахист рекомендується використовувати на південних фасадах, а вертикальний чи похилий на східних і західних фасадах ОБ;

- *застосування «світлових полиць»* рекомендується реалізовувати на південних фасадах ЕОБ для глибшого проникнення денного світла в ОП;

- *застосування інтегрованого озеленення та ін.*, рекомендується помірно використовувати в I кліматичній зоні України та інтенсивно використовувати в II кліматичній зоні України. При цьому слід надавати перевагу місцевим рослинам, притаманним певній місцевості/даному клімату;

Оптимізація планувальних рішень:

а) форми плану:

- застосовувати плани із формою що мають не глибоку ширину корпусу і забезпечують краще природне освітлення;

- використовувати плани з широтною орієнтацією (вісь схід-захід, більшість вікон виходить на північ, південь). Варіанти форми планів будівель на основі паралелепіпідів, еліпсів, напів кола та інших форм розвинутих по осі Схід-Захід (широтних) є потенційно більш ЕЕ в кліматичних умовах України;

б) внутрішній двір чи атріум:

- використовувати такі типи атріумів: внутрішній двір, центральний атріуму, бічний атріуму, лінійний атріуму та ін. В атріумі, можуть розміщуватися комунікаційні вузли ОБ – такі як: комунікаційні сходові клітини, пандуси, містки-переходи, ліфти та ін. Рішення із комунікаційними сходами, що поєднують комфортність використання та привабливий дизайн

можуть сприяти збільшенню потоків співробітників, що їх використовують і таким чином зменшувати рівень використання ліфтів, що в свою чергу призводить до нижчого ЕС. Атріуми сприяють пасивному сонячному опаленню, природному освітленню та створюють буферну зону. Атріуми рекомендується розміщувати із південного, південний-східного та північно-східного боків, а також у центрі ЕОБ;

в) розміщення СЛВ:

- розміщувати СЛВ з того боку ЕОБ, що має несприятливі кліматичними умови, а також у центрі будівлі. Найбільш не сприятливі кліматичні умови має західний бік ОБ (велика інтенсивність сонячної радіації у другій половині дня, що веде до небажаних тепло-надходжень у літній період, низький кут сонячних променів у другій половині дня, що створює відблиски і візуальний дискомфорт під час роботи в ОП), тому рекомендується розміщувати СЛВ з західного боку. Також з північного боку, як буферна зона для ОП;

г) розміщення допоміжних приміщень:

- розміщувати допоміжні приміщення, що не потребують природного освітлення, та мають нижчі вимоги до теплового комфорту (санвузли, комори, серверні та ін.) з північного боку, як захисний бар'єр для основних ОП чи в центрі ОБ.

Удосконалення інтер'єрних рішень:

- використовувати відкриті бетонні поверхні перекриття. Завдяки термальній масі, вдень поглинається надлишкове тепло з повітря, запобігаючи різкому перегріву ОП, а вночі будівля «віддає» накопичене тепло, цей процес підсилюється нічним провітрюванням (влітку). Тому рекомендується зменшувати кількість підвісних стель (залишати тільки акустичні панелі-острови), оскільки вони ізолюють бетон від повітря в приміщенні, значно зменшуючи його теплоємність;

- використовувати відкриті перегородки з матеріалів з високою щільністю (повнотілої цегла, бетон та ін.) та термальні підлоги (бетонні шліфовані підлоги, кам'яне покриття, керамічну плитку). Завдяки термальній

масі в стінах досягається ефект зниження температури в ОП (влітку), а також допомагає зберігати (акумуляувати) тепло взимку;

- використовувати локалізованого освітлення в ОП. Замість того, щоб підтримувати високий рівень освітленості по всьому ОП, простір розділяється на зони, де в проходах та зонах очікування застосовується низький рівень освітленості, а завдяки локалізованому освітленню високий рівень освітлення (300-500 лк) створюється лише безпосередньо на робочому столі за допомогою настільних ламп або підвісних світильників з вузьким пучком світла.

Впровадження рішень з природної вентиляції:

- використовувати не глибокі плани (18-20 м) з можливістю наскрізного провітрювання;

- використовувати атріуми, та «сонячні витяжки» що забезпечують стекову вентиляцію;

- використовувати нічне провітрювання влітку (для пасивного охолодження ОП);

- оптимізація висоти ОП, хоча занадто високі стелі збільшують об'єм повітря, який треба нагрівати/охолоджувати, але занижкі – погіршують якість природного світла, та погіршують можливості природної вентиляції (односторонньої чи перехрестної). Рекомендується приймати висоту «у чистоті» не менше 3.0 м і слідувати відношенню висоти до глибини приміщення – 1/2.5 для односторонньої, та 1/5 для перехресної вентиляції.

Впровадження ЕЕ інженерних технологій:

- використання системи управління будівлею, адаптивне освітлення, опалення / вентиляція / кондиціонування повітря та гаряче водопостачання з теплообмінниками, енергоефективне офісне обладнання, ЕЕ ліфти з рекуперацією енергії, автоматизовані системи ЗС, променисте охолодження та опалення, що вбудоване в перекриття та ін.

- проведення постійного моніторингу та доналаштування ЕЕ інженерного обладнання.

Оптимізація інтеграції енергогенеруючих систем:

- розміщення фотовольтаїчних систем на покрівлях ОБ. Рекомендується уникати розміщення фотовольтаїчних систем у частинах ОБ, що затіняються. Розміщення фотовольтаїчних систем на «зелених покрівлях» (екстенсивних);
- визначення оптимальних кутів нахилу фотовольтаїчних систем на покрівлях за допомогою відповідного ПЗ;
- розміщення фотовольтаїчних систем на південних, східних та західних фасадах ОБ;
- розміщення фотовольтаїчного скла на південних, східних та західних фасадах ОБ. Рекомендується уникати розміщення фотовольтаїчного скла у частинах ОБ, що затіняються.

Оцінка ефективності (evaluation) реалізованих ЕОБ:

- після вводу в експлуатацію проводити постійний моніторинг реалізованих ЕОБ і перевіряти показники річні показники ЕС;
- порівнювати проєктні показники ЕС із реальними експлуатаційними показниками;
- знаходити недоліки в реалізованих проєктних рішеннях і шукати варіанти їх усунення та удосконалення подальших проєктних рішень;
- проводити екологічну сертифікація реалізованої ЕОБ.

У таблиці 5, що показана різниця в рекомендаціях з проєктування ЕОБ, яка поділена в залежності від кліматичних зон України.

На основі вищезгаданих рекомендацій, надана ***послідовність проєктування ЕОБ*** (рис 61). Згідно нього, послідовність складається з:

- макро- та мікро- кліматичного аналізу ділянки проєктування;
- містобудівного аналізу та врахування містобудівних умов (МУО, ТУ, ЗП та ін.);
- залучення фахівців з ОВіК та консультантів зі сталого розвитку;
- ранньої стадії проєктування (передпроєктні пропозиції, ескізний проєкт), що включає розробку первинних варіантів будівлі ЕОБ;
- оптимізації проєктних рішень за рахунок параметричного моделювання та багатоцільової оптимізації;

Таблиця 5.

Відмінності в рекомендаціях проектування ЕОБ в залежності від кліматичних зон України

Тип клімату Рекомендації	I	II
Композиційні рішення	більш цілісні	розчленовані, на основі додавання чи віднімання
ОПР	більш компактні	терасування, каскадність, артикуляція, нахил фасадних площин
КК	нижчий	вищий
Розміщення СЛВ	захід, північ, центр	захід, центр
Розміщення допоміжних приміщень	захід, північ, центр	захід, центр
Розміщення атриуму	південний-схід, південь, центр	південний-схід, північний-схід, центр
КС	50-60%	45-55%
ЗС	помірне використання	інтенсивне використання
Розміри ЗС	менший	більший
Теплопровідність стін та покрівель	0.10 W/m ² K	0.15 W/m ² K
Теплопровідність вікон	0.80 W/m ² K	0.85 W/m ² K
Інтегроване озеленення	помірне використання	інтенсивне використання
ПФ	інтенсивне використання	помірне використання



*Рис 61. Послідовність процесу проектування ЕОБ.
Джерело: автор, 2025*

- вибір серед оптимізованих проєктних рішень найкращих з точки зору ЕЕ та ін. параметрів для подальшої розробки;

- стадії проєкт на якій розробляється попередньо обране оптимізоване проєктне рішення;

- стадії робоча документація на якій детально розробляється попередньо обране оптимізоване проєктне рішення;

- авторський нагляд;

- моніторинг реалізованого проєкту з оцінкою ефективності проєктних рішень;

- екологічна сертифікація реалізованої ЕОБ.

Дані рекомендації можуть бути використані у реальному проєктуванні ЕОБ, консультаціях фахівців з ЕЕ, а також у навчальному процесі за для удосконалення архітектурної освіти на архітектурних факультетів закладів вищої освіти.

Висновки розділу 3:

1. Запропоновано обґрунтований, ефективний та академічно вивіреним метод фасадної оптимізації з метою досягнення оптимальних значень КПО, ІВД та мінімального ЕС за допомогою параметричного моделювання та багатоцільової оптимізацією в кліматичних умовах України. Цей метод, дозволив виявити оптимальні значення КС, ВШВ та глибини сонцезахисту для ОБ у двох кліматичних зонах України.

2. Виявлено, що кліматичні умови (середньомісячна температура повітря, тривалість сонячного сьйва, місячна сонячна радіація на вертикальній та горизонтальній площині, діаграма траєкторій руху сонця, річна роза вітрів, хмарність та ін.) впливають на ЕЕ ОБ і мають бути враховані в архітектурному проектуванні, а на ранній стадії слід проводити енергомодельовання та модельовання природнього освітлення ОБ.

3. На основі проведеного автором експерименту, було здійснено порівняння оптимізованих фасадних рішень ОБ для двох кліматичних зон України (на прикладі Києва та Одеси), виявлено відмінності, які потребують застосування диференційованого підходу до ЕЕ архітектурного проектування ОБ у різних кліматичних зонах України.

4. Порівняння оптимальних фасадних рішень ЕОБ для Києва та Одеси визначило відмінності у КС та глибині ЗС, які слід враховувати при проектуванні їх фасадів. Кліматично обґрунтована оптимізація фасадів визначила, що будівлі в Одесі потребують меншого КС та більшого ЗС, ніж у Києві. Це пояснюється м'якшими кліматичними умовами Одеси (вищими зимовими температурами та вищим рівнем сонячної радіації).

5. Виявлені спільні риси та розбіжності в оптимізованих фасадних рішеннях ОБ для Києва та Одеси, сформованими на основі оптимальних значень КПО, ІВД та мінімального ЕС, а саме:

- а) КС знаходиться в діапазоні 55-65%;
- б) ВШВ вікна становить приблизно 2:1;
- в) глибина горизонтального ЗС – від 0,5 до 1,1 м. При тому, оптимальне

значення КС в Одесі може бути на 5-10% менше, ніж у Києві; в той же час, оптимальна глибина ЗС в Одесі може бути на 10-20% більшою, ніж у Києві.

6. Визначені принципи проєктування ЕОБ, серед них:

- формування на основі кліматичних умов;
- інтеграції пасивних та активних стратегій;
- застосування оптимізації проєктних рішень;
- застосування фасадної та планувальної адаптивності;
- впровадження партисипації співробітників.

7. Запропоновано прийоми проєктування ЕОБ. Відповідно до принципу «Формування на основі кліматичних умов», серед них: макро- та мікро-кліматичний аналіз ділянки проєктування; виявлення можливих пасивних та активних стратегій проєктування для подальшого застосування.

Відповідно до принципу «Інтеграції пасивних та активних стратегій» і згідно стратегії пасивного дизайну «*Вибір форми та орієнтації*», серед них: вибір загальної форми ЕОБ для зменшення коефіцієнта компактності; вибір ширини корпусу для можливості природного освітлення; максимізація «високого» південного сонячного опромінення; мінімізація «низького» східного та західного сонячного опромінення.

Згідно стратегії пасивного дизайну «*Захист зовнішньої оболонки*», серед них: застосування підвищеної теплоізоляції огорожувальних конструкцій; покращення вузлів огорожувальних конструкцій без термічних мостів; досягнення низької повітропроникності; застосування «подвійних фасадів».

Згідно стратегії «*Пасивне опалення взимку*», серед них: вибір орієнтації застелених фасадів за сторонами світу; вибір типів скління фасадів; вибір коефіцієнту та пропорцій скління фасадів; отримання пасивного опалення за рахунок сонячної радіації (скління з південного боку); використання конструкцій будівлі з високою теплоємністю; застосування «подвійних фасадів».

Згідно стратегії «*Пасивне охолодження влітку*», серед них: застосування природної та гібридної вентиляції; застосування озеленення для охолодження

за рахунок випаровування; застосування атріумів та «сонячних витяжок».

Згідно стратегії «*Захист від перегріву влітку*», серед них: застосування ЗС; вибір типів скління фасадів; скорочення теплонадходжень завдяки застосування горизонтального та вертикального озеленення; озеленення прилеглої до ЕОБ території; самозатінення скління за рахунок ОПП.

Відповідно стратегії «*Збільшення природного освітлення*», серед них: застосування високого відсотку природного освітлення; вибір типів скління фасадів; вибір коефіцієнту та пропорцій скління фасадів; застосування «світлових полиць»; застосування zenітних ліхтарів та світлових тунелів.

А також, застосування активних (інженерних) стратегій.

Відповідно до принципу «*Оптимізації проєктних рішень*» серед них: *оптимізація композиційних та ОПП* включно з – місцеположення ОБ на ділянці проєктування, загальної форми ОБ, композиційних рішень, поверховості, форми плану, КК, ступеню аеродинамічності форми; пластики фасадів та ін.; *оптимізація фасадних рішень* включно з – орієнтації засклених фасадів за сторонами світу, КС та пропорцій скління фасадів, типів прозорих і не прозорих фасадів, ЗС та «світлових полиць», типів «подвійних» скляних фасадів, інтегрованого озеленення та ін.; *оптимізація планувальних рішень* включно з – плануванням поверхів, місцеположенням СЛВ, місцеположенням та формою атріумів та ін.; *оптимізація інженерних систем та ін.*, включно з – системами ОВіК та системами з виробництва енергії на місці з відновлювальних джерел.

Відповідно до принципу «*Принцип застосування фасадної та планувальної адаптивності*» серед них: застосування динамічного ЗС; застосування вікон, що відчиняються; застосування внутрішніх мобільних перегородок, що переміщуються або демонтуються; застосування змінного озеленення; застосування адаптивного освітлення (димірування).

Відповідно до принципу «*Впровадження партисипації співробітників*» серед них: індивідуальне налаштування планування робочих місць, що включає переміщення мобільних перегородок, розміщення меблів та ін;

індивідуальний налаштування систем ОВіК та освітлення, що включає, температури, вентиляції, освітлення, та ін.

8. Запропоновані рекомендації з проектування ЕОБ, серед них:

- удосконалення методики архітектурного проектування;
- оптимізація ОПР;
- оптимізація фасадних рішень;
- оптимізація планувальних рішень;
- удосконалення інтер'єрних рішень
- впровадження рішень з природної вентиляції;
- впровадження ЕЕ інженерних технологій;
- оптимізація інтеграції до ОБ енергогенеруючих систем
- оцінка ефективності (evaluation) реалізованих ЕОБ.

9. Надані відмінності в рекомендаціях з проектування ЕОБ в залежності від кліматичних зон України.

10. Запропонована послідовність проектування ЕОБ.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертації вирішено наукове завдання, що мало на меті визначення сучасних принципів та прийомів формування ЕОБ, а також розробку рекомендації з їх проектування. В результаті проведеного дослідження:

1. Встановлені основні напрямки формування ОБ, а саме:

- архітектура сталого розвитку;
- проектування в рамках міжнародної добровільної екологічної сертифікації;
- проектування в рамках міської та національної екологічної сертифікації;
- проектування замкненого циклу (Circular design);
- здорові офісні будівлі (стандарт WELL);
- біофільний дизайн (Biophilic design);
- інтегроване проектування (Integrated design);
- різноформатне планування ОП.

2. Встановлено, що формування ЕОБ відбувалося у наступні основні історичні етапи:

- Чиказька школа (з початку будівництва висотних будівель 1885 р., до Закону зонінгу Нью-Йорку, 1916 р.);

- Стиль Ар-Деко (з Закону зонінгу Нью-Йорку 1916 р., до закінчення Великої Депресії, 1939 р.);

- Інтернаціональний стиль, «сонячна архітектура» (з появи стійко-рігельного скляного фасаду 1951 р., до енергетичних криз 1973, 1979 рр.);

- Постмодернізм (з енергетичних криз 1973, 1979 рр., до 2000-х рр.);

- Плюралізм: Хай-Тек, деконструктивізм, неомодернізм, біоніка, зелена архітектура, (з підвищення екологічної свідомості, Кіотський протокол (1997), з 1997 р. до 2012 р.);

- Сталий розвиток (з імплементації кліматичних угод, Дохійська поправка (2012), Паризька угода (2015), 2012 р - 2030 р.).

3. Проведено аналіз практики міжнародного і вітчизняного досвіду проектування, будівництва та експлуатації ОБ та узагальнено теоретичні

роботи, пов'язані з проблемами проєктування ЕОБ, в наслідок чого було виявлено найбільш ефективні ЕЕ архітектурні стратегії пасивного проєктування та активні інженерні стратегії для скорочення енергопотреб будівель і визначено ступінь їх впливу, а саме:

- вибір форми та орієнтації;
- захист зовнішньої оболонки;
- пасивне опалення (взимку);
- пасивне охолодження (влітку);
- захист від перегріву (влітку);
- збільшення природного освітлення.

4. Виявлено вплив факторів на формування ЕОБ. Серед них: соціально-економічні; містобудівні; природно-кліматичні; екологічні; архітектурно-типологічні; конструктивно-технічні; естетичні.

Розроблено класифікацію ЕОБ за ознаками: кліматичної зони; розміщення у структурі міста; архітектурно-планувальних рішень; форма плану; функціонального призначення; поверховості (умовною висотою); конструктивних схем; застосування конструктивних будівельних матеріалів; застосуванням інженерного та ін. обладнання; класу ЕЕ; споживанням енергії; рівня викидів в атмосферу; комерційності.

5. Виявлено особливості проєктування ЕОБ в залежності виду будівництва (нове будівництво, реконструкція, реставрація), що залежить від місцезнаходження будівлі (поза історичних ареалів міст, в історичних ареалах міст) та пам'ятко охоронного статусу.

Визначено вплив ЕЕ на образність ЕОБ, а саме, що об'ємно-просторові, фасадні та інші вирішення сучасних ЕОБ є результатом енергомодельовання, модельовання природного освітлення, природної вентиляції та інших методів оптимізації; ЕОБ максимально інтегруються в оточуюче природне середовище; архітектурно-планувальні рішення є втіленням принципів архітектури сталого розвитку.

6. Розроблено метод оптимізації фасадних рішень, що дозволяє

досягнути оптимальних значень КПО, ІВД та мінімального ЕС, за допомогою параметричного моделювання та багатоцільової оптимізації в кліматичних умовах України та експериментально перевірені і порівняні оптимальні фасадні рішення ЕОБ з точки зору ЕЕ і природного освітлення в двох кліматичних зонах України (на прикладі клімату Києва та Одеси).

7. Визначено науково обґрунтовані принципи проєктування ЕОБ, а саме:

- **Принцип формування на основі кліматичних умов**, що забезпечується такими прийомами: макро- та мікро- кліматичний аналіз ділянки проєктування; виявлення можливих пасивних та активних стратегій проєктування для подальшого застосування;

- **Принцип інтеграції пасивних та активних стратегій**, що забезпечується такими прийомами: (згідно стратегії пасивного дизайну «*Вибір форми та орієнтації*»): вибір загальної форми ЕОБ для зменшення коефіцієнта компактності; вибір ширини корпусу для можливості природного освітлення; максимізація «високого» південного сонячного опромінення; мінімізація «низького» східного та західного сонячного опромінення;

- (згідно стратегії пасивного «*Захист зовнішньої оболонки*»): застосування підвищеної теплоізоляції огорожувальних конструкцій; покращення вузлів огорожувальних конструкцій без термічних мостів; досягнення низької повітропроникності; застосування «подвійних фасадів»;

- (згідно стратегії «*Пасивне опалення взимку*»): вибір орієнтації закслених фасадів за сторонами світу; вибір типів скління фасадів; вибір коефіцієнту та пропорцій скління фасадів; отримання пасивного опалення за рахунок сонячної радіації (скління з південного боку); використання конструкцій будівлі з високою теплоємністю; застосування «подвійних фасадів»;

- (згідно стратегії «*Пасивне охолодження влітку*»): застосування природної та гібридної вентиляції; застосування озеленення для охолодження за рахунок випаровування; застосування атріумів та «сонячних витяжок»;

- (згідно стратегії «*Захист від перегріву влітку*»): застосування ЗС; вибір типів скління фасадів; скорочення тепло-надходжень завдяки застосування горизонтального та вертикального озеленення; озеленення прилеглої до ЕОБ території; самозатінення скління за рахунок ОПР.

- (згідно стратегії «*Збільшення природного освітлення*»): застосування високого відсотку природного освітлення; вибір типів скління фасадів; вибір коефіцієнту та пропорцій скління фасадів; застосування «світлових полиць»; застосування зенітних ліхтарів та світлових тунелів.

А також, застосування активних (інженерних) стратегій.

- **Принцип застосування оптимізації проєктних рішень**, що забезпечується такими прийомами: *оптимізація композиційних та ОПР* включно з – місцеположення ОБ на ділянці проєктування, загальної форми ОБ, композиційних рішень, поверховості, форми плану, КК, ступеню аеродинамічності форми; пластики фасадів та ін.; *оптимізація фасадних рішень* включно з – орієнтації засклених фасадів за сторонами світу, КС та пропорцій скління фасадів, типів прозорих і не прозорих фасадів, ЗС та «світлових полиць», типів «подвійних» скляних фасадів, інтегрованого озеленення та ін.; *оптимізація планувальних рішень* включно з – плануванням поверхів, місцеположенням СЛВ, місцеположенням та формою атріумів та ін.; *оптимізація інженерних систем та ін.*, включно з – системами ОВіК та системами з виробництва енергії на місці з відновлювальних джерел.

- **Принцип застосування фасадної та планувальної адаптивності**, що забезпечується такими прийомами: застосування динамічного ЗС; застосування вікон, що відчиняються; застосування внутрішніх мобільних перегородок, що переміщуються або демонтуються; застосування змінного озеленення; застосування адаптивного освітлення (димірування).

- **Принцип впровадження партисипації співробітників**, що забезпечується такими прийомами: індивідуальне налаштування планування робочих місць, що включає переміщення мобільних перегородок, розміщення меблів та ін; індивідуальний налаштування систем ОВіК та освітлення, що

включає, температури, вентиляції, освітлення, та ін.

8. Надані рекомендації з проектування ЕОБ в кліматичних умовах України, а саме:

- оптимізація ОПР;
- оптимізація фасадних рішень;
- оптимізація планувальних рішень;
- удосконалення інтер'єрних рішень
- впровадження рішень з природної вентиляції;
- впровадження ЕЕ інженерних технологій;
- оптимізація інтеграції до ОБ енергогенеруючих систем
- оцінка ефективності (evaluation) реалізованих ЕОБ.

9. Запропонована послідовність проектування ЕОБ, а саме: макро- та мікро- кліматичний аналіз ділянки проектування; містобудівний аналіз та врахування містобудівних умов (МУО, ТУ, ЗП та ін.); залучення фахівців з ОВіК та консультантів зі сталого розвитку; ранньої стадії проектування (передпроектні пропозиції, ескізний проєкт), що включає розробку первинних варіантів будівлі ЕОБ; оптимізації проєктних рішень за рахунок параметричного моделювання та багатоцільової оптимізації; вибір серед оптимізованих проєктних рішень найкращих з точки зору ЕЕ та ін. параметрів для подальшої розробки; стадії проєкт на якій розробляється попередньо обране оптимізоване проєктне рішення, стадії робоча документація та авторський нагляд; моніторинг реалізованого проєкту з оцінкою ефективності проєктних рішень; екологічна сертифікація реалізованої ЕОБ.

Ця послідовність забезпечить екологічний оптимальний підхід до проектування ЕОБ в кліматичних умовах України.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. 2030 Palette. (2025). *A database of sustainable design strategies and resources*. <https://2030palette.org/>
2. Adrian Smith + Gordon Gill Architecture. (2026). *FKI Tower*. <https://smithgill.com/work/fki/>
3. Aianzi, A., Seo, D., Krarti, M. (2009). Impact of building shape on thermal performance of office buildings in Kuwait. *Energy Conversion and Management*. 50. 822–828.
4. Albatici, R., Passerini, F. (2011). Bioclimatic design of buildings considering heating requirements in Italian climatic conditions. A simplified approach. *Building and Environment*. 46 (8). 1624-1631.
5. Al-Kodmany, K., Ali, M. (2013). *The Future of the City: Tall Buildings and Urban Design*. WIT Press, Billerica, MA.
6. Allwood, J. (2014). Squaring the Circular Economy. *Handbook of recycling*. 445-477.
7. Aram, R., Alibaba, Z. (2019). Thermal Comfort and Energy Performance of Atrium in Mediterranean Climate. *Sustainability*. 11. 4. 1213. doi:10.3390/su11041213.
8. Archeyes. (2023). *The Empire State Building by Shreve, Lamb, and Harmon*. <https://archeyes.com/the-empire-state-building-by-shreve-lamb-and-harmon/>
9. Archeyes. (2026). *Frank Lloyd Wright's Johnson Wax Headquarters Building*. <https://archeyes.com/frank-lloyd-wrights-johnson-wax-headquarters-building/>
10. Architecture 2030. (2017). *Why the built environment?* <https://www.architecture2030.org/why-the-built-environment/>.
11. Archimaps (2016). *Archi/maps*. <https://archimaps.tumblr.com/post/142102884467/floor-plans-of-the-equitable-building-new-york>

12. Archimatika. (2025). *Optima Plaza*.
<https://archimatika.com/en/projects/optima-plaza>
13. Archdaily. (2011). *Kuggen / Wingårdh Arkitektkontor*.
<https://www.archdaily.com/289856/kuggen-wingardh-arkitektkontor>
14. Archdaily. (2012). *Al Bahar Towers Responsive Facade / Aedas*.
https://www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas/adic-jpeg-492x0_q85_crop-smart
15. Archdaily. (2014). *SDU Campus Kolding / Henning Larsen*.
<https://www.archdaily.com/590576/sdu-campus-kolding-henning-larsen-architects>
16. Archdaily. (2024). *K118 Kopfbau Halle 118 / baubüro in situ*.
<https://www.archdaily.com/968958/k118-kopfbau-halle-118-hauburo-in-situ>
17. Archdaily. (2024). *Ombú Office Building / Foster + Partners*.
<https://www.archdaily.com/984205/ombu-office-building-foster-plus-partners>
18. Archdaily. (2024). *Sentul Works / O2 Design Atelier + YTL Land & Development*. <https://www.archdaily.com/967938/sentul-works-o2-design-atelier-plus-ytl-land-and-development>
19. Archdaily. (2026). *AD Classics: SC Johnson Wax Research Tower / Frank Lloyd Wright*. <https://www.archdaily.com/544911/ad-classics-sc-johnson-wax-research-tower-frank-lloyd-wright>
20. Archdaily. (2026). *AD Classics: The Portland Building / Michael Graves*. <https://www.archdaily.com/407522/ad-classics-the-portland-building-michael-graves/51ef0328e8e44e6da300006b-ad-classics-the-portland-building-michael-graves-image>
21. ASHRAE. (2022). *ASHRAE 90.1. Standard 90.1-2022 — Energy Standard for Sites and Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*.
<https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-90-1>.
22. Bauhauskooperation. (2026). *Chicago Tribune Tower. Walter Gropius and Adolf Meyer, 1922*. <https://bauhauskooperation.com/knowledge/the-bauhaus/works/architecture/chicago-tribune-tower>
23. Ben-David, T., Waring, M. (2016). Impact of natural versus mechanical

ventilation on simulated indoor air quality and energy consumption in offices in fourteen U.S. cities. *Building and Environment*. 104. 320-336.

24. Beck, E., Zimmermann, E., McVicar, T., Vergopolan, N., Berg A., Wood, E. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, (5).

25. BIG. (2015). Hot to cold. An odyssey of architectural adaptation. Tashen.

26. bigEE Buildings Guide. (2013, November 29). *Ultra-Low-Energy Buildings*. https://energypedia.info/wiki/Ultra-Low-Energy_Buildings.

27. BGP. (2025). *2005-2009 Eawag Forum Chriesbach, Dübendorf*. <https://bgp.ch/en/projects/eawag-forum-chriesbach-dubendorf#3/>

28. Bothwell, K. (2011). The architecture of the passively tempered environment. In S. Lee (Ed.), *Aesthetics of Sustainable Architecture* (pp. 66–79). 010 Publishers.

29. BrainBox AI. (2025). *Mastering building energy efficiency: EUI and energy consumption*. [https://brainboxai.com/en/articles/mastering-building-energy-efficiency-eui-and-energy-consumption#:~:text=Efficient%20EUI%20ranges%20vary%20by,heating%20\(10-15%\)](https://brainboxai.com/en/articles/mastering-building-energy-efficiency-eui-and-energy-consumption#:~:text=Efficient%20EUI%20ranges%20vary%20by,heating%20(10-15%))

30. British Council for offices. (2013). *Occupier density study*. London: BCO.

31. Brightshelf. (2015). *BrightShelf Light Shelf Design*. http://www.brightshelf.com/light_shelf_design.html

32. Bullitt Foundation. (2013). *Regenerative Elevator: Regenerative technology increases efficiency of KONE elevator*. <https://bullittcenter.org/building/building-features/a-powerful-plunge/>

33. Caruso, G., Kampf, J. (2015). Building shape optimization to reduce air-conditioning needs using constrained evolutionary algorithms. *Solar Energy*. 118. 186–196.

34. Catalina, T., Virgone, J., Iordache, V. (2011). Study on the impact of

building form on the energy consumption. *Proceedings of building simulation. 12 Conference of international building performance simulation association.* 1726–1729.

35. Caves, R.W. (Ed.). (2005). *Encyclopedia of the City* (1st ed.). Routledge.

36. Cedar Lake Ventures, Inc. (2025). *Climate and Average Weather Year Round in Kiev.* <https://weatherspark.com/y/96633/Average-Weather-in-Kiev-Ukraine-Year-Round>

37. Cedar Lake Ventures, Inc. (2025). *Climate and Average Weather Year Round in Odessa.* <https://weatherspark.com/y/96562/Average-Weather-in-Odessa-Ukraine-Year-Round>

38. CIBSE. (1998). *Natural ventilation in non-domestic buildings.* London: CIBSE.

39. CIBSE Heritage Group. (2021). *American Radiator Building, New York. Later the American Standard Building.*

40. City of Chicago. (2026). *Palmolive Building.* <https://webapps1.chicago.gov/landmarksweb/web/landmarkdetails.htm?lanId=139>

41. Chuckman's photos on Wordpress: Chicago nostalgia and memorabilia. (2012). *Postcard – Chicago – The Palmolive Building – Cars on street – 1920s.* <https://chuckmanchicagonostalgia.wordpress.com/2012/12/29/postcard-chicago-the-palmolive-building-cars-on-street-1920s/>

42. Chen, X., Yang, H., Lu, L. (2015). A comprehensive review on passive design approaches in green building rating tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 50. 1425-1436.

43. Clair, P. (2010). *The Climate of Tall Buildings: An Investigation of Building Height in Bio-climatic Design.* *Conference on Applied Energy, University of Perugia.* 2011. 1413-1420.

44. ClevAir. (2021). *What is Normal Energy Usage for buildings.* [https://medium.com. https://clevair.medium.com/what-is-normal-energy-usage-for-buildings-clevair-a57f9eafc630](https://medium.com.https://clevair.medium.com/what-is-normal-energy-usage-for-buildings-clevair-a57f9eafc630)

45. Corea & Moran Arquitectura. (2025). *Sant Joan de Reus University Hospital*. <https://lacasadelaarquitectura.es/en>
46. Deb, K. (2011). *Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms*. Wiley & Sons.
47. Denzer, A. (2013). *The solar house: Pioneering sustainable design*. New York: Rizzoli.
48. Depecker, P., Menezo, C., Virgone, J., Lepers, S. (2001). Design of buildings shape and energetic consumption. *Building and Environment*. 36. 627–635.
49. Designing Buildings Ltd. (2026). *File: Lightshelf.jpg*. <https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/File:Lightshelf.jpg#file>
50. Dezeen. (2015). *Postmodern architecture: the Portland Municipal Services Building, Oregon, by Michael Graves*. <https://www.dezeen.com/2015/09/12/postmodernism-architecture-portland-municipal-services-building-michael-graves/>
51. Dictionary of Unitarian & Universalist Biography. (2026). *Woolley, Smith Rensselaer and Clarence Mott*. <https://www.uudb.org/woolley-smith-rensse-laer-and-clarence-mott/>
52. Directorate-General for Energy. (2021, February 16). *In focus: The improved EU energy label – paving way for more innovative and energy efficient products*. https://commission.europa.eu/news/focus-improved-eu-energy-label-paving-way-more-innovative-and-energy-efficient-products-2021-02-16_en.
53. Discover Images. (2026). *USA, Oklahoma, Bartlesville, Price Tower, only skyscraper designed by Frank Lloyd Wright*. <https://www.discoverimages.com/usa-oklahoma-bartlesville-price-tower-19515447.html>
54. Domus. (2024). *Humana Building, the postmodern tower according to Michael Graves*. <https://www.domusweb.it/en/from-the-archive/2024/03/13/lhumana-building-di-michael-graves-dallarchivio-domus.html>
55. Doucet, J. (2025). *Climate responsive paint*. <https://www.joedoucet.com/index#/climate-responsive-paint/>

56. Drawing Matter, (2026). *Buffington & Mies: Skyscrapers on Paper*.
<https://drawingmatter.org/buffington-mies-skyscrapers-on-paper/>
57. Deckere, M. (2025). Background walls.
<https://in.pinterest.com/pin/563018699311359/>
58. Drizoro. (2026). *Гідроізоляція паркінгу, пл.Спортивна, м.Київ*.
<https://drizoro.com.ua/gallery/gidroiz-parkinga-sportivnaya/>
59. EC-Energy Centre Kiev. (2010). Україна: Енергосбереження в зданиях. Ukraine TACIS Programme, 274.
60. Echenagucia, T., Capozzoli, A., Cascone, Y., Sassone, M. (2015). The early design stage of a building envelope. Multi-objective search through heating, cooling and lighting energy performance analysis. *Applied Energy*. 154. 577–591.
61. Elegant embellishments 2 UG. (2013). *A pollution-eating facade module*. <https://www.prosolve370e.com/>
62. Elevator Scene. (2024). *The Price Tower by Frank Lloyd Wright*.
<https://www.elevatorscenestudio.com/blog/2020/1/12/the-price-tower-by-frank-lloyd-wright>
63. Elotefya, H., Abdelmagidab, K., Morghanya, E., Ahmedc, T. (2015). Energy-efficient tall buildings design strategies: A holistic approach. *Energy Procedia*. 74. 1358 – 1369.
64. Encyclopedia.com. (2025, May 5). *Environmental design*.
<https://www.encyclopedia.com/environment/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/environmental-design>
65. Encyclopedia.com. (2025, May 5). *Ecological design*.
<https://www.encyclopedia.com/education/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/ecological-architecture>
66. Encyclopedia.com. (2025, May 5). *Environmentally Responsible Architecture*.
<https://www.encyclopedia.com/education/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/environmentally-responsible-architecture>
67. Espresso.tv. (2016). *8 найогидніших будівель центру Києва*.
https://espresso.tv/article/2016/11/29/parad_urodov

68. EcoWho (2023). *What is a Trombe Wall and how can you use one?* https://www.ecowho.com/articles/17/What_is_a_Trombe_Wall_and_how_can_you_use_one?.html
69. European Commission. (2018). *Nearly-zero energy and zero-emission buildings.* https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/nearly-zero-energy-and-zero-emission-buildings_en
70. European Commission. (2023, November 17). *Overview Article - Buildings as energy generators: EU initiatives and perspectives on Plus Energy Buildings.* <https://build-up.ec.europa.eu/en/resources-and-tools/articles/overview-article-buildings-energy-generators-eu-initiatives-and>
71. European Union. (2024). *Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings.* <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj/eng>
72. Facadesign.us. (2025). *Levolux solar.* <https://facadesign.us/blog/2012/01/27/levolux-solar/>
73. Foster + Partners. (2025). *Commerzbank Headquarters.* <https://www.fosterandpartners.com/projects/commerzbank-headquarters>
74. Foster + Partners. (2025). *City Hall.* <https://www.fosterandpartners.com/projects/city-hall>
75. Foster + Partners. (2025). *Apple Park.* <https://www.fosterandpartners.com/projects/apple-park>
76. Frampton, K. (2011). Urbanization and its discontents: megaform and sustainability. In S. Lee (Ed.). *Aesthetics of Sustainable Architecture*. 010 Publishers. 97–108.
77. Gajjelli., R. (2026). *Building Management System (BMS).* <https://www.linkedin.com/pulse/building-management-system-bms-raju-gajjelli-xqhjf/>
78. Getty Images. (2026). *Keeping it simple: Among the more famous works by architect Mies van der Rohe.* <https://www.gettyimages.fi/detail/uutiskuva/keeping-it-simple-among-the-more->

79. Geletka, V., Sedlakova, A. (2012). Shape of buildings and energy consumption. *Technical transactions. Civil engineering*. 3. 123–129.
80. Goia F. (2016). Search for the optimal window-to-wall ratio in office buildings in different European climates and the implications on total energy saving potential. *Solar Energy*. 132. 467–492.
81. Goncalves, C., Umakossh,i E. (2010). *The environmental performance of tall buildings*. London: Earthscan.
82. Goncalves, C., Bode, K. (2011). The environmental value of buildings: a proposal for performance assessment with reference to the case of the tall office building. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*. 24 (1-2). 31 – 35.
83. Gonzalo, R., Rainer, V. (2014). *Passive house design. Planning and design of energy-efficient buildings*. Calbe: GCC Grafisches Centrum Cuno.
84. Gray, C. (2010). *Not Just a Perch for King Kong*. <https://www.nytimes.com/2010/09/26/realestate/26scapes.html>
85. Graves, M. (2015). *Humana Building*. <https://www.behance.net/gallery/25438205/Humana-Building>
86. Guardian Industries Holdings Site. (2025). *Low-E glass*. <https://www.guardianglass.com/us/en/our-glass/glass-types/low-e-glass>
87. Guzowski, M., (2010). *Towards zero energy architecture: New solar design*. Laurence King Publishing.
88. Hachem-Vermette, C. (2020). *Selected High-Performance Building Envelopes. In: Solar Buildings and Neighborhoods. Green Energy and Technology*. Springer, Cham.
89. Hamedani, M., Smith, R. (2015). Evaluation of performance modeling: optimizing simulation tools to stages of architectural design. *Procedia Engineering*. 118. 774 – 780.
90. Hart, S. (2011). *Eco architecture. The work of Ken Yeang*. Chichester: John Willey and Sons, Ltd.

91. Haase, M., Amato, A. (2006). Sustainable Façade Design for Zero Energy Building in the Tropics: Conference proceedings. The 23th International Conference on Passive and Low Energy Architecture (PLEA), Geneva.
92. Henkel. (1989). Bürosanierung in der Praxis. AG Seminarbericht vom 21. Apr.
93. Hess, A., Weintraub, W., Smith K., DeLong, D. (2008). *Frank Lloyd Wright the Buildings*. Rizzoli.
94. Hinge, A., Bertoldi, P., Waide, P. (2004). Comparing commercial building energy use around the world. *American council for energy-efficient economy*.136-147.
95. Hicks, J. (2016). *Dissolving in a Circle: Noise, Techno, and the Critical Reevaluation of John Portman*. <https://averyreview.com/issues/issue-19/dissolving-in-a-circle>
96. HM Government. (2013). *L2A Conservation of fuel and power in new buildings other than dwellings*. London: RIBA Enterprise Ltd.
97. HM Government. (2013). *Non-domestic building services compliance guide*. London: RIBA Enterprise Ltd.
98. Home Quality Mark One. (2018). Technical Manual SD239. England, Scotland & Wales. BRE.
99. IEA. (2019). Perspective for clean energy transition. The critical role of buildings. International Energy Agency.
100. IQS Directory. (2026). *Air-to-Air Heat Exchangers: Types, Uses and Applications*. <https://www.iqsdirectory.com/articles/heat-exchanger/air-to-air-heat-exchanger.html>
101. International WELL Building Institute. (2025). *WELL v2™*. <https://v2.wellcertified.com/en/wellv2/overview/>
102. International Living Future Institute. (2025). *Our Mission for a Healthier World*. <https://living-future.org/>
103. Ingenhoven Architects. (2025). *Kö-Bogen II Düsseldorf. 8 Kilometres of Hornbeam Hedges – Europe’s Largest Green Façade*.

<https://www.ingenhovenarchitects.com/projects/more-projects/koe-bogen-2-duesseldorf/description>

104. Ionescu, C., Baracu, T., Vlad, G., Necula, H., Badea, A. (2015). The historical evolution of the energy efficient buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 49. 243–253.

105. ISO. (2017). *ISO 52000-1:2017. Energy performance of buildings — Overarching EPB assessment*. <https://www.iso.org/standard/65601.html>

106. Jankovic, A., Goia, F. (2021). Impact of double skin facade constructional features on heat transfer and fluid dynamic behavior. *Building and Environment*. 196, 107796.

107. John, R., Olgyay, V., Yeang, K., & Lyndon, D. (2015). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism - New and Expanded Edition*. Princeton University Press.

108. Kampf, J., Robinson, D. (2010). Optimization of building form for solar energy utilization using constrained evolutionary algorithms. *Energy and Buildings*. 42 (6), 807–814.

109. Kawneer. (2025). *InLighten Interior Light Shelf*. <https://www.kawneer.com/products/sun-control/inlighten-interior-light-shelf/>

110. Kellert, S. (2015). What Is and Is Not Biophilic Design? <https://metropolismag.com/viewpoints/what-is-and-is-not-biophilic-design/>

111. Kellert, S., Calabrese, E. (2015). *The Practice of Biophilic Design*. <https://www.biophilic-design.com/>

112. Killa Design. (2026). *Bahrain World Trade Centre*. <https://www.killadesign.com/portfolio/bahrain-world-trade-centre/>

113. Kiritat, A., Koyunbaba, B., Chatzikonstantinou, I., Sariyildiz, S. (2016). Review of simulation modeling for shading devices in buildings. *Renewable and sustainable energy reviews*. 53. 23–49.

114. Kleiven T. 2003. Natural Ventilation in Buildings: Architectural concepts, consequences and possibilities, PhD thesis, Faculty of Architecture and Fine Art, Norwegian University of Science and Technology. Pp. 225.

115. Knaack, U., Klein, T., Bilow, M. (2008). *Imagine 01. Facades*. 010 Publishers.
116. Koç, S., Kalfa, M. (2019). The effects of atrium on energy performances of office buildings according to Turkish climate regions. *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation*. 2 (3), 144-156.
117. Kovalska (2026). *Бізнес-центр "Парус"*.
<https://beton.kovalska.com/object/parus/>
118. KPMB Architects. (2025). *Getting to 2050: A Model for Net Zero & Extreme Climate, Large-Scale Tower Design*.
<https://www.kpmb.com/project/manitoba-hydro-place/>
119. Kraaijvanger Architects. (2025). *Municipal Office Venlo*.
<https://www.kraaijvanger.nl/en/projects/city-hall-venlo>
120. Kutsevych, B. (2018). A critique of the delivery of holistic sustainability. *Проблеми розвитку міського середовища*, 2, 61–71.
121. Kutsevych, B. (2018). Energy-efficient passive design approach for office ground-scrappers in a temperate climate. *Проблеми розвитку міського середовища*, 1, 79–94.
122. Kutsevych, B. (2024). Multi-objective daylight optimization of the office building in climatic conditions of Ukraine. *Українська Академія Мистецтва*, 36, 35–44, DOI: <https://doi.org/10.32782/2411-3034-2024-36-4>
123. Kutsevych, B., Taniguchi, K. (2025). Multi-objective daylight and energy-use optimization of the office building in climatic conditions of Ukraine. *Energy Efficiency First*, 2, 1-18, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eef.2025.100007>
124. Larson, G. (2020). 8. 13. *Home Insurance Building*.
<https://thearchitectureprofessor.com/2020/10/23/8-13-the-home-insurance-building/>
125. Lee, S. (2011). Introduction. In S. Lee (Ed.), *Aesthetics of Sustainable Architecture* (pp. 7–25). 010 Publishers.
126. Lehner N. 2009. *Heating, cooling, lighting. Sustainable design methods for architects*. Hoboken: John Wiley and Sons.

127. Library of Congress. (2026). *Johnson Wax Headquarters, Racine, Wisconsin*. <https://www.loc.gov/pictures/item/2011635092/>
128. Library of Congress. (2026). *4. First Floor Plan - Price Tower, 510 South Dewey Avenue, Bartlesville, Washington County, OK Drawings from Survey HABS OK-67*. <https://www.loc.gov/resource/hhh.ok0106.sheet/?sp=4&st=image>
129. Library of Congress. (2026). *8. 11th & 13th - 15th Floor Plans - Price Tower, 510 South Dewey Avenue, Bartlesville, Washington County, OK Drawings from Survey HABS OK-67*. <https://www.loc.gov/resource/hhh.ok0106.sheet/?sp=8&st=image>
130. Library of Congress. (2026). *14. Southwest Elevation - Price Tower, 510 South Dewey Avenue, Bartlesville, Washington County, OK Drawings from Survey HABS OK-67*. <https://www.loc.gov/resource/hhh.ok0106.sheet/?sp=14&st=image>
131. Library of Congress. (2026). *16. Sections - Price Tower, 510 South Dewey Avenue, Bartlesville, Washington County, OK Drawings from Survey HABS OK-67*. <https://www.loc.gov/resource/hhh.ok0106.sheet/?sp=16&st=image>
132. Liddament, M. (1996). *A guide to energy efficient ventilation*. Coventry: Air infiltration and ventilation centre.
133. Ling, C., Ahmad, M., Ossen, R. (2007). The Effect of Geometric Shape and Building Orientation on minimising solar Insolation on Tall Buildings in Hot Humid. *Journal of Construction in Developing Countries*, Vol. 12, No. 1, Denmark, pp. 27.
134. London view management framework. Supplementary planning guidance. (2012). London: Greater London Authority.
135. Lowry, W. (1991). *Atmospheric Ecology for Designers and Planners*, Thomas Nelson Australia, South Melbourne.
136. Manni Group. (2025). *Detroit 3.0: SOWA's green skyscrapers win third place at the Manni Group Design Award*. <https://blog.mannigroup.com/en/detroit-30-sowas-green-skyscrapers-win-third-place-at-the-manni-group-design-award>
137. Manzan, M. (2014). Genetic optimization of external fixed shading devices. *Energy and buildings*. 72. 431–440.

138. Magnatech LED. (2026). *Adaptive Lighting System*.
<https://magnatechled.co.nz/adaptive-lighting-system/?srsltid=AfmBOop7YfIGdNSjg0mrd1vhzheJ8A8sw60kzAodqtBPod9c7FDAjWCh>
139. Mario Cucinella Architects. (2024). *SIEEB, Sino-Italian Ecological and Energy Efficient Building. A project in symbiosis with the context and climate*.
<https://www.mcarchitects.it/en/projects/sieeb-sino-italian-ecological-and-energy-efficient-building>
140. Marks, W. (1997). Multicriteria optimization of shape of energy saving-buildings. *Building and environment*. 32. (4). 331–339.
141. Mazria, E. (1979). *The passive solar energy book*. Rodale Press.
142. McDonough, W., Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. North Point Press.
143. Mcdonoughpartners.com. (2025). *Building Like A Meadow – A building designed for flexibility over time*. <https://mcdonoughpartners.com/projects/901-cherry-offices/>
144. Merrick, J. (2015). *Broadgate: Inside the “groundscraper” set to become the City's new financial engine*.
<https://www.independent.co.uk/news/uk/home-news/5-broadgate-inside-the-groundscraper-set-to-become-the-city-s-new-financial-engine-10301069.html>
145. Mind.ua. (2022). *The Government liquidated the Social Insurance Fund*. <https://mind.ua/en/news/20251307-the-government-liquidated-the-social-insurance-fund>
146. MSN. 2011. MSN Encarta. Retrieved.
147. Miller Hull. (2025). *Bullitt Center*.
<https://millerhull.com/project/bullitt-center/>
148. Minamoto, Y. (2014). *Bahrain World Trade Centre*.
<http://flowsquare.com/2014/05/15/bahrain-world-trade-centre/>
149. MoMA, (2026). *Friedrichstrasse Skyscraper Project, Berlin-Mitte, Germany (Exterior perspective from north)*.

<https://www.moma.org/collection/works/787>

150. MoMA. (2026). *Toronto-Dominion Centre, Toronto, Ontario, Canada (Floor plans)*. <https://www.moma.org/collection/works/162647>
151. National Institute of Building Sciences. (2025). *Whole Building Design and the WBDG®*. <https://www.wbdg.org/whole-building-design>
152. Negendahl, K., Nielsen, T. (2015). Building energy optimization in the early design stages: A simplified method. *Energy and Buildings*. 105. 88–99.
153. Neufert, E., Neufert, P. (2012). *Architects' data. Fourth edition*. Blackwell Publishing Ltd.
154. Nzebindia. (2026). Radiant Cooling Systems. <https://nzeb.in/knowledge-centre/hvac-2/radiant-cooling-systems/>
155. Oesterle, E., Lieb, R.-D., Lutz, M., Heusler, W. (2001). *Double skin facades — integrated planning*. Prestel.
156. Officee. (2026). *Shinjuku Mitsui Building, 39th floor, 800 sq. meters (254.05 tsubo) (Tokyo Metropolitan Government Building, Nishi-Shinjuku)*. <https://officee.jp/detail/36205/248468/>
157. Oke, T. (1974). Review of Urban Climatology 1968-1973. World Meteorological Association, Geneva.
158. Okeil, A. (2010). A holistic approach to energy efficient building forms. *Energy and Buildings*. 42. 1437–1444.
159. Oldfield, P., Trabucco, D., Wood, A. (2009). Five energy generation of tall buildings: An historical analysis of energy consumption in high-rise buildings. *The Journal of Architecture*. 14. (5). 590-613.
160. Onyx Solar Energy SL and Onyx Solar Group LLC. (2026). *Compare Photovoltaic Glass Options. Architectural PV glass vs conventional PV panels*. <https://onyxsolar.com/photovoltaic-glass/compare-pv-glass-options>
161. Ostergarda, T., Rasmus, L. Jensen, R., Maagaardb, S. (2016). Building simulations supporting decision making in early design - a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 61.187–201.
162. Ourghi, R., Al-Anzi, A., Krarti, M. (2007). Simplified analysis method

to predict the impact of shape on annual energy use for office buildings. *Energy Conversion and Management*. 48. 300–305.

163. Passive House Institute. (2024). *About Passive House - What is a Passive House?*
https://passiv.de/en/02_informations/01_whatisapassivehouse/01_whatisapassivehouse.htm

164. Pessenlehner, W., Mahdavi, A. (2003). Building morphology, transparency, and energy performance. *Eighth international IBPSA conference*.

165. Palmero-Marrero, A., Oliveira, A. (2010). Effect of louver shading devices on building energy requirements. *Applied energy*. 87. Pp.2040–2049.

166. Plansofarchitecture. (2026). *Plans of architecture*.
<https://plansofarchitecture.tumblr.com/post/129326765264/mies-van-der-rohe-friedrichstrasse-skyscraper>

167. Plansofarchitecture. (2026). *Plans of architecture*.
<https://plansofarchitecture.tumblr.com/post/129259103772/mies-van-der-rohe-glass-skyscraper-1922-berlin>

168. Powell, R. (1989). *Ken Yeang. Rethinking the environmental filter*. Singapore: Landmark Books Pte Ltd.

169. Premrov, M., Leskovar, V., Mihalic, K. (2015). Influence of the building shape on the energy performance of timber-glass buildings in different climatic conditions. *Energy*, 1–11.

170. QS Quacquarelli Symonds Limited. (2023). QS World University Rankings by Subject 2023: Architecture & Built Environment.
<https://www.topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2023/architecture-built-environment>

171. Rainscaping Iowa. (2015). *Green Roofs. Green Infrastructure for Stormwater Management*.
https://hiawatha-iowa.com/pdf/GreenRoof_Brochure_lores.pdf

172. RAU. (2023). Triodos Bank Nederland.
<https://www.rau.eu/portfolio/triodos-bank-nederland/>

173. RAU. (2023) Gemeentehuis Haarlemmermeer. www.rau.eu/portfolio/gemeentehuis-haarlemmermeer/
174. Rizzo, A., Örn, T., Luciani, A. (2019). Energy-efficiency measures for heritage buildings: A literature review. *Sustainable Cities and Society*. 45, 231–242.
175. Rovers R. (2008). How Tall is a Sustainable Building? Paper based on a presentation at XXIII UIA, World Congress of Architecture, Torino.
176. Sauerbruch, M., Hutton, L. (2011). What Does Sustainability Look Like? In S. Lee (Ed.), *Aesthetics of Sustainable Architecture*. (pp. 41–19). 010 Publishers.
177. Saxon, R. (1983). *Atrium buildings: development and design*. New York: Van Nostrand Reinhold.
178. Sesana, M., Grecchi, M., Salvalai, G., Rasica, C. (2016). Methodology of energy efficient building refurbishment: Application on two university campus-building case studies in Italy with engineering students. *Journal of Building Engineering*. 6. 54–64.
179. Slade Architecture. (2026). *Lever House Office*. <https://www.sldearch.com/lever-house>
180. Shameri, M., Alghoul, M., Sopian, K., Zain, M., & Elayeb, O. (2011). Perspectives of double skin façade systems in buildings and energy saving. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1468–1475.
181. Socialistmodernism. (2021). *The Institute of information (Kiev) 1971 Architects: F. Yuryev, L. Novikov Engineers: A. Pechenov, L. Kovalev, L. Kovtun, N. Coffman*. <https://socialistmodernism.com/the-institute-of-information-kiev/>
182. Solatube International. (2025). *Brighten Up Models and Accessories*. <https://solatube.com/commercial/brighten-up-product-selection-guide/>
183. Souza, E. (2024). *How Do Double-Skin Façades Work?* <https://www.archdaily.com/922897/how-do-double-skin-facades-work>
184. SOM. (2025). *Pearl River Tower*. <https://www.som.com/projects/pearl-river-tower/>
185. Stevanovic, S. (2013). Optimization of passive solar design strategies: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*. 25. 177–196.

186. SunEarthTools. (2025). *Sun Position*.
https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=en
187. The Skyscraper Museum. (2026). *The Chicago Tribune competition*.
https://old.skyscraper.org/EXHIBITIONS/PAPER_SPIRES/chitrib01.php
188. The Cannon Corporation. (2025). *St. Vincent Health Sciences Center. A building designed for tomorrow's unimagined healthcare needs*.
<https://www.cannondesign.com/work/st-johns-university-st-vincent-health-sciences-center>
189. The Charnel-House (2015). *Gosprom*.
<https://thecharnelhouse.org/2015/07/10/gosprom-the-state-industry-building-in-kharkov-1925-1928/gosprom/>
190. The Architectural Review. (2026). *Philip Johnson's AT&T: The Post Post-Deco skyscraper*. <https://www.architectural-review.com/essays/philip-johnsons-att-the-post-post-deco-skyscraper>
191. The UK Green Building Council. (2019, January 15). *Net Zero Carbon Buildings: A Framework Definition*. <https://ukgbc.org/resources/net-zero-carbon-buildings-a-framework-definition/>
192. The Village Україна. (2023). *З будівлі Мінсоцполітики демонтують сонцепізу*. <https://surl.li/gwsdv>
193. Toiture.pro. (2025). *The various windows, skylights and domes for flat roofs and roof terraces*. <https://toiture.pro/lexique/fenetres-verrieres.html>
194. Trimble. (2025). *Sefaira. Early-stage analysis for better building performance*. <https://sketchup.trimble.com/en/products/sefaira>
195. United Nations (2025, November 25). *Sustainable Development Goals*. <https://sdgs.un.org/goals>
196. United Nations (2023). *Goal 11: Make cities inclusive, safe, resilient and sustainable*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/cities/>
197. US Department of energy. *Energy efficiency and renewable energy*. (2015, January 25). *A Common Definition for Zero Energy Buildings*. <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/09/f26/A%20Common%20Definition>

[%20for%20Zero%20Energy%20Buildings.pdf](#)

198. U. S. Environmental Protection Agency. (2017, January 25). *Embodied energy*.

https://sor.epa.gov/sor_internet/registry/termreg/searchandretrieve/termsandacronyms/search.do?matchCriteria=Contains&checkedTerm=on&checkedAcronym=on&search=Search&term=embodied%20energy

199. Yeang, K. (2008). *Ecoskyscrapers and Ecomimesis: New tall building typologies*, Conference proceedings. CTBUH 8th World Congress, Dubai.

200. Wade, J., Pett, J., Ramsay, L., The Association for the Conservation of Energy. (2003). *Energy efficiency in offices: Assessing the situation*. London: The Association for the Conservation of Energy.

201. Wallbarn. (2023). *Photovoltaic on Green Roofs – the Scandinavian Way*. <https://www.wallbarn.com/photovoltaic-on-green-roofs-the-scandinavian-way/>

202. Watson, D., FAIA, Labs, K. (1983). *Climatic building design. Energy-efficient building principles and practice*. New York: McGraw-Hill.

203. Watson, D. (2013). *Bioclimatic Design*. In: Loftness V., Haase D. *Sustainable Built Environments*. Springer, New York, NY.

204. Weather Spark. (2025). *Climate and Average Weather Year Round at Kyiv Zhuliany International Airport*. <https://weatherspark.com/y/148642/Average-Weather-at-Kyiv-Zhuliany-International-Airport-Ukraine-Year-Round>

205. Williams College. (2025). *Passive Solar Design*. <https://sustainability.williams.edu>. <https://sustainability.williams.edu/green-building-basics/passive-solar-design/>

206. William Rawn Associates. (2022). *A Double Skin Facade System: Transparency in the Age of Building Energy Use Reduction*. <https://rawnarch.com/insights/double-skin-facade.html>

207. Wines, J. (2019). *Green architecture*. <https://www.britannica.com/art/green-architecture>

208. Wikimapia. (2011). *Міністерство соціальної політики України (Київ)*. <https://lnk.ua/b4AWbJKVQ>

209. Wikimedia Commons. (2025). *File: Home Insurance Building. JPG.*
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Home_Insurance_Building.JPG
210. Wikimedia Commons. (2023). *File:2010-03-03 1856x2784 chicago chicago building.jpg.* https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2010-03-03_1856x2784_chicago_chicago_building.jpg
211. Wikimedia Commons. (2024). *File:Chicago Stock Exchange Building, 30 North LaSalle Street, Chicago, Cook County, IL HABS ILL, 16-CHIG, 36 - (sheet 2 of 4).png.*
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chicago_Stock_Exchange_Building,_30_North_LaSalle_Street,_Chicago,_Cook_County,_IL_HABS_ILL,16-CHIG,36-\(sheet_2_of_4\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chicago_Stock_Exchange_Building,_30_North_LaSalle_Street,_Chicago,_Cook_County,_IL_HABS_ILL,16-CHIG,36-(sheet_2_of_4).png)
212. Wikimedia Commons. (2026). *Equitable Building (Manhattan).*
https://en.wikipedia.org/wiki/Equitable_Building_%28Manhattan%29#/media/File:NYC_Equitable_Building_Before_1919_postcard.jpg
213. Wikipedia. (2026). *Shinjuku Mitsui Building.*
https://en.wikipedia.org/wiki/Shinjuku_Mitsui_Building
214. Wikipedia. (2026). *Johnson Wax Headquarters.*
https://en.wikipedia.org/wiki/Johnson_Wax_Headquarters
215. Wikipedia. (2016). *File:Renaissance Center, Detroit, Michigan from S 2014-12-07.jpg.*
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Renaissance_Center,_Detroit,_Michigan_from_S_2014-12-07.jpg
216. Wikipedia. (2021). *File:Tour-Total.jpg.*
<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Tour-Total.jpg>
217. Wikipedia. (2026). *550 Madison Avenue.*
https://en.wikipedia.org/wiki/550_Madison_Avenue
218. Wikipedia. (2013). *Файл: National Bank of Ukraine. Listed 80-382-0657. - 9A Instytutska Street, Pechersk Raion, Kiev. - Ins9a 1.jpg.*
<https://lnk.ua/k4xRQ61Vy>
219. Wikipedia. (2024). *Kyiv City Duma building.*

https://en.wikipedia.org/wiki/Kyiv_City_Duma_building

220. Wikipedia. (2018). Файл:Укравтодор.jpg. <https://lnk.ua/YNgaR9reZ>

221. World-Architects. (2026). *Skidmore, Owings & Merrill. Lever House*. <https://world-architects.com/en/skidmore-owings-and-merrill-new-york/project/lever-house>

222. Woolf Plumbing & Gas. (2026). *How Does A Heat Pump Hot Water System Work?* <https://woolfplumbing.com.au/blog/how-does-a-heat-pump-hot-water-system-work>

223. Zweipink. (2025). *Stadttor, Düsseldorf*. <https://pinkarchitektur.de/projekt/stadttor-duesseldorf/>

224. Бахтін, Д. (2023). Принципи формування об'ємно-просторової організації енергоефективних громадських будівель. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії. За спеціальністю 191 – Архітектура та містобудування. Одеський державна академія будівництва та архітектури.

225. Білуха, М. (1997). Основи наукових досліджень: Підручник для студ. екон. спец. вузів. Вища школа., 271 с.

226. Бурова, З. (2014). Теплотричний метод та прилад для визначення теплофізичних властивостей будівельних і теплоізоляційних матеріалів. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.04 – Прилади та методи вимірювання теплових величин. Національна академія наук України Інститут технічної теплофізики.

227. Верховна Рада України. (2019). Указ Президента України. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року.

228. Відомості Верховної Ради України. (2000). Закон України. Про охорону культурної спадщини.

229. Відомості Верховної Ради України. (2011). Закон України. Про регулювання містобудівної діяльності.

230. Відомості Верховної Ради України. (2017). Закон України. Про енергетичну ефективність будівель.

231. Відомості Верховної Ради України. (2022). Закон України. Про

енергетичну ефективність.

232. Відомості Верховної Ради України. (2003). Закон України. Про альтернативні джерела енергії.

233. Відомості Верховної Ради України. (1991). Закон України. «Про охорону навколишнього природного середовища»

234. Гершкович, В. (2003). Енергозбереження у розробках КиївЗНДІЕП. *Будівництво України*. №6 – С. 23-25.

235. Гусев, Н., Клімов, П. (1965). Будівельна фізика. Стройиздат.

236. Гурт Проект. (2025). *Реконструкція адміністративної будівлі по вул. Гоголівська 22-24 у м. Києві*. <https://gurt-proekt.kiev.ua/rekonstrukciya-administrativno%dl%97-budivli-po-vul-gogolivska-22-24-u-kiyevi/>

237. Гурт Проект. (2025). *Офісний комплекс по вул. Лейпцигська*. <https://gurt-proekt.kiev.ua/ofisnij-kompleks-po-vul-lejpcigska/>

238. Данько, К. (2019). Методичні основи архітектурно-планувальної організації енергоефективних багатоквартирних житлових будинків. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата архітектури за спеціальністю 18.00.02 – Архітектура будівель та споруд. Київський національний університет будівництва та архітектури.

239. Дворецкий, А. (2013). Особенности проектирования энергоэффективных зданий юга Украины. *Строительство, материаловедение, машиностроение: сборник трудов*. 125.

240. Діб, М. (2019). Типологічні основи проектування пасивних житлових будинків на території України. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата архітектури за спеціальністю 18.00.02 – Архітектура будівель та споруд. Київський національний університет будівництва та архітектури.

241. Древич. (2024). *Класифікація офісів. Категорія офісних приміщень А та А+*. https://drevych.ua/news-article?newsblog_path=5&newsblog_article_id=35

242. ДП «УкрНДНЦ». (2022). ДСТУ 9190:2022. Енергетична

ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання.

243. ДП «УкрНДНЦ». (2023). ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель.

244. Кабінет Міністрів України. (2001). Постанова про затвердження списку історичних населених місць України.

245. Кабінет Міністрів України. (2001). Постанова про затвердження порядку визначення категорій пам'яток для занесення об'єктів культурної спадщини до Державного реєстру нерухомих пам'яток України.

246. Карандюк, Д., Комаров, К. (2025). Метод інтеграції генеративного штучного інтелекту з середовищем параметричного проектування grasshopper для архітектурного формотворення. *Вісник Національної академії образотворчого мистецтва і архітектури*, 4, 27-37.

247. Казаков, Г. (2009). Архітектура енерго-ощадних сонячних будинків: навчальний посібник. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 84 с.

248. Казаков, Г. (2012). Архітектурна фізика: основні поняття та величини. Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 260 с.

249. Каплинский, В. (2005). «Энергоэффективные здания» как новое направление в строительстве. *Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель*. Спеціальний випуск. Соціальні напрямки розвитку архітектури та будівництва: зб. наук. пр. – К.: КиївЗНДІЕП, 130-134.

250. Кащенко, Т. (2004). Енергозбереження в архітектурі як складова освітньо-професійної програми. *Збірник наукових трудов: Межведомственный научно-технический сборник. Спецвыпуск*. 155-160.

251. Кащенко, Т., Кордяка, Р. (2024). Сучасні вимоги до енергоефективної реновації історичних будівель. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 68. 260-267. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.68.260-267>

252. Кащенко, Т., Колісник, Р. (2023). Методики дослідження стану енергоефективності історичної забудови. *Сучасні проблеми архітектури та*

містобудування. 65. 282-290. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.65.282-290>

253. Кісельова, А., Новосельчук, Н. (2009). Особливості архітектурно-планувальної організації внутрішнього простору офісних будівель. *Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв*. 4. 53-57.

254. Ковальський, Л. (2004). Нормативне забезпечення проектування та енергозбереження в цивільному будівництві. *Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель. Спеціальний випуск. Енергозберігаючі технології в будівництві та архітектурі: зб. наук. пр. – КиївЗНДІЕП*. 20-25.

255. Ковальський, Л., Чижмак, Д. (2009). Методи досягнення екологічності висотних будівель. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 36. 201-206.

256. Комітет Верховної Ради України з питань державного будівництва, регіональної політики та місцевого самоврядування. (2014). *Звіт комітету з питань державного будівництва, регіональної політики та місцевого самоврядування*. <https://komsamovr.rada.gov.ua/uploads/documents/41357.pdf>

257. Кузнєцова, Я. (2020). Архітектурне формоутворення природоінтегрованих будівель і споруд. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата архітектури за спеціальністю 18.00.01 – Теорія архітектури, реставрація пам'яток архітектури. Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова.

258. Куцевич, В., Брідня, Л., Рогожнікова, О. (2016). *Нормативно-методичні основи архітектурного проектування громадських будівель і споруд: навчальний посібник*. КНУБА. 111 с.

259. Куцевич, Б. (2024). Засади енегоефективності при реновації існуючих офісних будівель та реставрації пам'яток. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*, 69, 282–292, DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.69.282-292>

260. Куцевич, Б. (2023). Закордонний досвід проектування та

будівництва енергоефективних офісних будівель наприкінці ХХ – початку ХХІ сторіччя. *Теорія та практика дизайну*, 28, 39–44, DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.28.4>

261. Куцевич, Б. (2023). Досвід проєктування та будівництва енергоефективних офісних будівель в Україні (друга половина ХХ ст. – перші десятиліття ХХІ ст.). *Українська Академія Мистецтва*, 33, 70–78, DOI: <https://doi.org/10.32782/2411-3034-2023-33-8>

262. Новік, Г., Гнатюк, Л., Візір, А. (2022) Практичність модульного будівництва: досвід минулого та перспективи. *Теорія і практика дизайну*, (25), 76-84.

263. Мартинов, В. (2013). Визначення оптимальної орієнтації енергоефективних будівель з дотриманням норм освітленості та інсоляції. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 5. 173-176.

264. Мартинов, В. (2015). Моделювання оптимальних геометричних параметрів енергоефективних будівель гранної форми. Дисертація на здобуття наукового ступеня докт. техн. наук. Київський національний університет будівництва та архітектури.

265. Мартинов, В., Поляк, Ю., Мартинюк, О., Банний, Т. (2024). Структуризація заходів щодо зменшення енергоспоживання зелених будівель з елементами оптимізації геометричних параметрів. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 107, 108-116.

266. Мартинюк, О., Поляк, Ю., Мартинов, В. (2025). Моделювання трансмісійних тепловтрат за варіації геометричної форми зелених будівель. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 108, 135-143.

267. Мінрегіонбуд України. (2010). Проєктування. Розділ енергоефективність. (ДСТУ Б А.2.2-8.2010).

268. Мінрегіонбуд України. (2011). Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010.

269. Мінрегіонбуд України. (2011). Будинки і споруди. Будинки

адміністративного та побутового призначення. (ДБН В.2.2-28:2010).

270. Мінрегіон України. (2013). Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження : ДСТУ Б EN ISO 13790 : 2011 (EN ISO 13790 : 2008, IDT).

271. Мінрегіон України. (2018). Природне і штучне освітлення. (ДБН В.2.5-28:2018).

272. Мінрегіон України (2019). Громадські будинки та споруди. Основні положення. (ДБН В.2.2-9:2018).

273. Мінрегіон України. (2022). Теплова ізоляція та енергоефективність будівель (ДБН В.2.6-31:2021).

274. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. (2018). Наказ № 169 від 16. 07. 2018. «Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель».

275. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. (2018). Наказ № 170 від 11. 07. 2018. «Про затвердження Методики визначення економічно доцільного рівня енергетичної ефективності будівель».

276. Міністерство розвитку громад та територій України. (2020). Наказ № 260 від 27.10.2020. «Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель».

277. Міністерство розвитку громад та територій України. (2025). Наказ № 168 від 06. 02. 2025 року. «Вимоги до будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії та ін.».

278. Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського. (2025). *Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського: історія і сучасність*. <http://nbuv.gov.ua/node/4445>

279. НДПМістобудування. (2012). *Склад та зміст історико-архітектурного опорного плану населеного пункту* (ДБН Б.2.2-3:2012).

280. НДПМістобудування. (2016). *Склад та зміст науково-проектної*

документації щодо визначення меж і режимів використання зон охорони пам'яток архітектури та містобудування (ДСТУ Б Б.2.2-10:2016).

281. Олійник, О. (2023). Органічний напрям в архітектурі та дизайні. *Українська Академія Мистецтва*. 33. 60-69.

282. Прибега, Л. (2021). Історичне середовище міста: сутність і засади охорони. *Українська Академія Мистецтва*. 30. 14-20. DOI: <https://doi.org/10.33838/naoma.30.2021.14-20>

283. Прибега, Л. (2022). Поняття автентичності в архітектурному пам'яткознавстві і реставрації. *Українська Академія Мистецтва*. 31. 7-14. DOI: <https://doi.org/10.33838/naoma.31.2022.7-14>

284. Прибега, Л., Яковина, М., Оляніна, С., Міщенко, О. (2009). Пам'яткознавство: правова охорона культурних надбань. Збірник документів. Інститут культурології Академії мистецтв України Київ. 424 с.

285. Процюк, В. (2004). Геометрическое проектирование современных архитектурных систем для солнцезащиты и использования солнечной энергии. *Сборник научных трудов: Межведомственный научно-технический сборник. Спецвыпуск*. 141-147.

286. Репін, Ю. (2003). Инсоляция и освещенность в архитектуре. Проблемы нормирования и проектирования. *Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель*. 49-58.

287. Роздорожнюк, О. (2024). Впровадження енергоефективних технологій у комплексній реновації зруйнованих війною в Україні населених пунктів. *Grail of Science*. 41, 49-58. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.05.07.2024.056>.

288. Сергейчук, О. (2004). Некоторые геометрические вопросы проектирования энергосберегающих зданий. *Сборник научных трудов: Межведомственный научно-технический сборник. Спецвыпуск*. 148-155.

289. Сергейчук, О. (2010). Перспективные направления геометрических исследований по повышению энергоэффективности в строительстве. *Прикл. геометрия та інж. графіка: міжвідомчий наук.-техн.*

збірник. 86. 31-36.

290. Сергейчук, О. (2012). Оптимизация физико-технических параметров светопрозрачных конструкций в процессе проектирования энергоэффективных зданий. *Биосферносовместимые города и поселения: материалы междунар. науч.-практ. конф. (11-13 дек. 2012 г., Брянск)*. – Брянск: БГИТА. 50-56.

291. Сергейчук, О. (2014). Особливості врахування регульованого сонцезахисту у розрахунках сонячних тепло надходжень. *Будівельні конструкції*. 80, 17-21.

292. Трошкіна, О. (2005). Семантичні та об'ємно-просторові особливості архітектури офісних будинків на протязі їх історичного розвитку. *Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв*. 1, 116-125.

293. Тютіна, Л. (2022). «Еволюція пластичної мови архітектури громадських будівель ХХ століття». Дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії спеціальності 191 «Архітектура та містобудування». НАОМА.

294. УкрНДІпроектреставрація. (2016). *Склад та зміст науково-проектної документації на реставрацію пам'яток архітектури та містобудування* (ДБН А.2.2-14:2016).

295. Устінова, І. (2016). Методологічні основи сталого розвитку еколого-містобудівних систем. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктор наук за спеціальністю 18.00.01 – Теорія архітектури, реставрація пам'яток архітектури. Київський національний університет будівництва та архітектури.

296. Центр Енергоефективного Будівництва. (2025). Лексикон збірного будівництва. https://www.ceec.com.ua/?page_id=307

297. Чижмак, Д. (2012). Принципи архітектурно-планувальної організації екологічних висотних адміністративних будинків. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата архітектури за спеціальністю 18.00.02 – Архітектура будівель та споруд. Київський національний університет будівництва та архітектури.

298. Черненко, Д., Давидов, А. (2025). Досвід та перспективи використання вертикального озеленення в міському середовищі. *Вісник Національної академії образотворчого мистецтва і архітектури*, 4, 89-89.

299. Шевелєв, В., Гершкович, В. (2004). Энергосбережение в зданиях - ключевая проблема качественного строительства и эффективной эксплуатации. *Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель. Спеціальний випуск. Енергозберігаючі технології в будівництві та архітектурі*, 4-7.

300. Шевелєв, В., Волга, В. (2004). Энергосбережения в архитектуре будівель та споруд. *Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель. Спеціальний випуск. Енергозберігаючі технології в будівництві та архітектурі*, 16-19.

301. Шпара, В. (2004). Проблеми проектування цивільних багатоповерхових енергоефективних будинків. *Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель. Спеціальний випуск. Енергозберігаючі технології в будівництві та архітектурі*, 38-48.

302. Шулдан, Л. (2007). Принципи архітектурно-типологічного вдосконалення шкільних будівель з врахуванням енергозаощаджування. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата архітектури за спеціальністю 18.00.02 – Архітектура будівель і споруд – Національний університет „Львівська політехніка”.

303. Уреньов, В., Бахтін, Д. (2020). Принципи створення стійкої архітектури громадських будівель на прикладі світової практики. *Проблеми теорії та історії архітектури України*, 20.

304. Фаренюк, Є., Головатюк-Унгуряну, Ю. (2020). *Альбом технічних рішень: рекомендаційні матеріали для якісної розробки проектною документації*. Фонд Енергоефективності.

305. Хаєф, М. (2014). Інноваційні принципи моделювання енергоактивної архітектури. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата архітектури за спеціальністю 18.00.01 – Теорія архітектури,

реставрація пам'яток архітектури. Харківський національний університет будівництва та архітектури. Харків.

306. Хорхот, А., Хорхот, Г. (2012). Проекты постройки / Руднева И. В., Белявская И. О., Журавель В. И., Чапленко И. Л. Київ: Архитектура.

ДОДАТКИ ДОДАТОК А

Список опублікованих праць за темою дисертації

Статті в наукових фахових виданнях України

1. Kutsevych, V. (2024). Multi-objective daylight optimization of the office building in climatic conditions of Ukraine. *Українська Академія Мистецтва*, 36, 35–44, DOI <https://doi.org/10.32782/2411-3034-2024-36-4>
2. Куцевич, Б. (2024). Засади енегоефективності при реновації існуючих офісних будівель та реставрації пам'яток. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*, 69, 282–292, DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.69.282-292>
3. Куцевич, Б. (2023). Закордонний досвід проектування та будівництва енергоефективних офісних будівель наприкінці ХХ – початку ХХІ сторіччя. *Теорія та практика дизайну*, 28, 39–44, DOI <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.28.4>
4. Куцевич, Б. (2023). Досвід проектування та будівництва енергоефективних офісних будівель в Україні (друга половина ХХ ст. – перші десятиліття ХХІ ст.). *Українська Академія Мистецтва*, 33, 70–78, DOI <https://doi.org/10.32782/2411-3034-2023-33-8>
5. Kutsevych, V. (2018). A critique of the delivery of holistic sustainability. *Проблеми розвитку міського середовища*, 2, 61–71.
6. Kutsevych, V. (2018). Energy-efficient passive design approach for office ground-scrappers in a temperate climate. *Проблеми розвитку міського середовища*, 1, 79–94.

Статті в фахових наукових періодичних виданнях інших держав

1. Kutsevych, V., Taniguchi, K. (2025). Multi-objective daylight and energy-use optimization of the office building in climatic conditions of Ukraine. *Energy Efficiency First*, 2, 1-18, DOI <https://doi.org/10.1016/j.eef.2025.100007>.

Матеріали конференцій і тез

1. Куцевич Б. В. Вплив планувальної структури офісної будівлі на її енергоефективність. *IV Міжнародна науково-практична конференції «Інновації в архітектурі, дизайні та мистецтві: до 150-річчя Олександра Вербицького»*. Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, Київ, 21-23 травня 2025 р. С.123-125.
2. Куцевич Б. В. Багатоцільова оптимізація природного освітлення офісних приміщень. *III Міжнародна науково-практична конференції «Інновації в архітектурі, дизайні та мистецтві: до 100-чя факультету архітектури НАОМА»*. Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, Київ, 23-24 травня 2024 р. С. 91-93.
3. Куцевич Б. В. Досягнення енергоефективності при реконструкції та реставрації існуючих історичних офісних будівель культурної спадщини. *Проблеми ревіталізації та гуманізації предметно-просторового середовища повоєнної України*. Львівський національний університет природокористування, Львів, 25-26 квітня 2024 р. С.193-195.
4. Куцевич Б. В. Вплив енергоефективності на образ офісних будівель. *II Міжнародна науково-практична конференції «Інновації в архітектурі, дизайні та мистецтві»*. Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, Київ, 25-26 травня 2023 р. С. 88-90.
5. Куцевич Б. В. Досвід проектування та будівництва енергоефективних офісних будівель в Україні останніх десятиліть. *Проблеми відновлення соціальної інфраструктури та просторового розвитку територій повоєнної України*. Львівський національний університет природокористування, Дубляни, 27-28 жовтня 2022 р. С. 128-131.
6. Куцевич Б. В., Трошкіна О. А. Вплив природно-кліматичних і екологічних факторів на проектування, будівництво та експлуатацію енергоефективних офісних будівель в Україні. *Архітектура та екологія*. Національний авіаційний університет, Київ, 9-11 листопада 2022 р. С. 32.

7. Куцевич Б. В. Сучасні напрямки формування енергоефективних офісних будівель. *Міжнародна науково-практична конференції «Інновації в архітектурі та дизайні»*. Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, Київ, 25-26 травня 2022 р. С. 130.

ДОДАТОК Б

Акти впровадження

Впровадження в проєктну практику



ACT

OF IMPLEMENTATION OF RESEARCH RESULTS

The scientific results of the dissertation research by Bogdan Vadymovych Kutsevych for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the field of study 191 – Architecture and Urban Planning, on the topic: "Design principles for energy-efficient office buildings in the climatic conditions of Ukraine" were utilized in the development of the following projects:

- office complexes "Asob Tower", "Al Falah District" (2024), and "Cordoba" (2022), Riyadh, Saudi Arabia;
- shopping and office complexes "Asob Plaza" (2024), "Al Jamaz Plaza" (2022), and "Al Sadhan" (2020), Riyadh, Saudi Arabia;
- shopping, entertainment, and office complexes "Al Othaim" (2021) and "The Village" (2018), Riyadh, Saudi Arabia;
- interiors of office complexes №1 and №2 (2024), "The Space" (2021), "Samnan", and "Rumoz" (2018), Riyadh, Saudi Arabia.

The projects were carried out jointly by Rumoz Consulting Engineers (Saudi Arabia) and FOP Kutsevych B. V. (Ukraine).

The following provisions of the research work were implemented in these projects:

- Design principles and techniques of EOB;
- Passive and active design strategies for EOBs for energy needs reduction;
- Planning and façade design from the point of view of EE.
- Design sequence for EOB.

This Act has been drawn up for submission to the Specialized Scientific Council upon request.


Yasser Alhakbani
CEO

19.12.2025

Rumoz Consulting Engineers
Address RHZA2075 Bldg. # 2075 Northern Ring Road
Postal Code 12487 Secondary No.7771
Al Izdihar District-Riyadh-Kingdom of Saudi Arabia
C.R 1010612064 Tel.0558812121
Email. info@rumoz.sa



rumoz.sa

Впровадження в проєкту практику



Перспектива



План типового поверху



Перспектива

Рис. Б 1. Офісний комплекс «Asob Tower», Ер Ріяд, Саудівська Аравія, 2024 р., проєкт.

- Застосовано такі архітектурні засоби ЕЕ: вертикальний сонцезахист, тіньові навіси на покрівлі, зовнішнє озеленення, зелена покрівля, атриуми, форма плану ОБ створює самозатінення фасаду, та ін.

Впровадження в проєктну практику



Перспектива



Перспектива

Рис. Б 2. Офісний комплекс «Al Falah District», Ер Ріяд, Саудівська Аравія, 2024 р., проєкт.

- Застосовано такі ОПР: терасування та каскадність.
- Застосовано такі архітектурні засоби ЕЕ: заглиблення вікон, тіньові навіси на покрівлі, зовнішнє озеленення, зелені покрівлі, атріуми, форма плану ОБ створює самозатінення фасаду, та ін.

Впровадження в проєктну практику



Перспектива



Внутрішній двір



Перспектива

Рис. Б 3. Офісний комплекс «Cordoba», Ер Ріяд, Саудівська Аравія, 2022 р., проєкт.

- Застосовано такі ОПР: терасування та каскадність, артикуляція.
- Застосовано такі архітектурні засоби ЕЕ: заглиблення вікон, тіньові навіси на покрівлі та на ділянці, зовнішнє озеленення, зелені покрівлі, вертикальний та горизонтальний сонцезахист, фонтани, атріуми та внутрішні двори, форма плану ОБ створює самозатінення фасадів, та ін.

Впровадження в проєктну практику



Перспектива



План 1-го поверху



Внутрішній двір



Перспектива

Рис. Б 4. Торгово-офісний комплекс «Asob Plaza», Ер Ріяд, Саудівська Аравія, 2024 р., проєкт.

- Застосовано такі архітектурні засоби ЕЕ: вертикальний та горизонтальний ЗС, тіньові навіси, озеленення ділянки, фонтани, атріуми та внутрішні двори, форма плану ОБ створює самозатінення фасадів, вікна, що відкриваються (вертикальні фрамуги) та ін.

Впровадження в проєктну практику



Перспектива



Перспектива

Рис. Б 5. Торгово-офісний комплекс «Al Jamaz Plaza», Ер Ріяд, Саудівська Аравія, 2022 р., проєкт.

- Застосовано такі ОПР: терасування та каскадність.
- Застосовано такі архітектурні засоби ЕЕ: ЗС, тіньові навіси, озеленення ділянки, фонтани, атріуми та внутрішні двори, форма плану ОБ створює самозатінення фасадів та ін.

Впровадження в проєктну практику



Загальний вигляд



Фрагмент фасаду та внутрішній двір



Інтер'єр ОП

Рис. Б 6. Торгово-офісний комплекс «Al Sadhan», Ер Ріяд, Саудівська Аравія, 2020 р., проєкт.

- Застосовано такі архітектурні засоби ЕЕ: ЗС, тіньові навіси, озеленення ділянки, фонтани, атріуми та внутрішні двори, форма плану ОБ створює самозатінення фасадів, відкриті бетонні конструкції в інтер'єрі та ін.

Впровадження в проєктну практику



Загальний вигляд



Фрагмент фасаду

Рис. Б 7. Торгово-розважальний та офісний комплекс «Al Othaim», Ер Ріяд, Саудівська Аравія, 2021 р., проєкт.

- Застосовано такі архітектурні засоби ЕЕ: ЗС, різноманітні фасадні рішення в залежності від орієнтації по сторонам світу, озеленення ділянки, фонтани, атріуми та внутрішні двори, форма плану ОБ створює самозатінення фасадів та ін.

ДОДАТОК В

Додаткові матеріали, які засвідчують апробацію положень
дисертації



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ОБРАЗОТВОРЧОГО МИСТЕЦТВА І АРХІТЕКТУРИ



СЕРТИФІКАТ

цей Сертифікат підтверджує, що

Куцевич Богдан Вадимович

взяв (ла) участь у роботі II Міжнародної науково-практичної конференції
«ІННОВАЦІЇ В АРХІТЕКТУРІ, ДИЗАЙНІ ТА МИСТЕЦТВІ»

Україна, Київ, 25-26 травня 2023 р.

Ректор НАОМА

Олександр Цугорка



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ОБРАЗОТВОРЧОГО МИСТЕЦТВА І АРХІТЕКТУРИ



СЕРТИФІКАТ

підтверджує, що

Куцевич Богдан Вадимович

взяв (ла) участь у роботі III Міжнародної науково-практичної конференції

**«Інновації в архітектурі, дизайні та мистецтві:
до 100-річчя факультету архітектури НАОМА»**

Україна. Київ. 23–24 травня 2024 року

Ректор НАОМА



Олександр Цугорка



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ОБРАЗОТВОРЧОГО МИСТЕЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ



СЕРТИФІКАТ № 2025-105

підтверджує, що

Куцевич Богдан

взяв (ла) участь у роботі IV Міжнародної науково-практичної конференції

**«Інновації в архітектурі, дизайні та мистецтві:
до 150-річчя Олександра Вербицького»**

Україна. Київ. 21–23 травня 2025 року

30 годин (1 кредит ЄКТС)

Ректор НАОМА



Олександр ЦУГОРКА

ДОДАТОК Г

Рекомендований перелік приміщень ЕОБ

На основі проведених досліджень і проектної практики пропонується наступний склад основних приміщень ЕОБ:

Дослідження дозволило надати рекомендований склад основних приміщень ЕОБ.

- 1-й поверх: вестибюль з зоною ресепшин та санвузлами; зона відпочинку та очікування; атріуми / внутрішні двори; громадські приміщення (кафе / ресторани (з кухнею), супермаркет / магазини, арт галереї, салони краси, тощо); приміщення охорони; технічні та допоміжні приміщення.

- 2-й поверх: конференц зали; кімнати для переговорів; коворкінги та ін.

- Типові поверхи: офісні приміщення з санвузлами; тераси для відпочинку та ін.

- Верхні поверхи: офісні приміщення з санвузлами; тераси для відпочинку; видовий майданчик та експлуатована («зелена») покрівля та ін. Покрівля: виходи на покрівлю; технічне обладнання; фотоелектричні панелі та ін.

- Підземні поверхи: автомобільний паркінг; велопаркінг; громадські приміщення (супермаркет / фітнес центр, бар, тощо); бомбосховище та ін.

На всіх поверхах будівлі: сходи комунікаційні / сходи евакуаційні; ліфтові холи; технічні та допоміжні приміщення та ін.

ДОДАТОК Д

Джерела ілюстрацій

Рис 1. Формування ЕЕ офісних будівель. Джерело: автор, 2025.

Рис 2. Національна нормативна база з ЕЕ ОБ. Джерело: автор, 2025.

Рис 3. Міжнародний та вітчизняний досвід. Місцезнаходження будівель, що аналізуються у Північно-східній півкулі. Джерело: автор, 2025.

Рис 4. Міжнародний досвід. 1-й етап розвитку ОБ:

Home Insurance Building, Чикаго, США, арх. William Le Baron Jenney, 1885.

а) – загальний вигляд. Джерело: Wikimedia Commons, 2025;

б) – план 8-го поверху. Джерело: Larson, 2020;

Chicago Savings Bank building, Чикаго, США, арх. Holabird & Roche, 1905.

в) – загальний вигляд. Джерело: Wikimedia Commons, 2023;

г) – плани 1-го та 11-го поверхів. Джерело: Wikimedia Commons, 2024;

Equitable Building, Нью-Йорк, США, арх. Ernest R. Graham, 1915.

д) – загальний вигляд. Джерело: Wikimedia Commons, 2026;

є) – плани. Джерело: Archimaps, 2016;

Рис 5. Міжнародний досвід. 2-й етап розвитку ОБ:

American Radiator Building, Нью-Йорк, США, арх. Raymond Hood, André Fouilhoux, 1924.

а) – загальний вигляд. Джерело: Dictionary of Unitarian & Universalist Biography, 2026;

б) – плани поверхів. Джерело: CIBSE Heritage Group, 2021;

Palmolive Building, Чикаго, США, арх. Holabird & Root, 1929.

в) загальний вигляд. Джерело: Chuckman's photos on Wordpress: Chicago nostalgia and memorabilia, 2012;

г) – план. Джерело: City of Chicago, 2026;

Empire State Building, США, Нью-Йорк, арх. Shreve, Lamb & Harmon, 1931.

д) – загальний вигляд. Джерело: Gray, 2010;

є) – плани. Джерело: Archeyes, 2023.

Рис 6. Міжнародний досвід. Конкурсні проекти офісних будівель 20-30 рр. XX ст.:

Проект офісної будівлі по вул. Friedrichstrasse, Берлін, Німеччина, арх. Ludwig Mies van der Rohe, 1921.

а) – загальний вигляд. Джерело: MOMA, 2026;

б) – план. Джерело: Plansofarchitecture, 2026;

«Скляний хмарочос», Берлін, Німеччина, арх. Ludwig Mies van der Rohe, 1921.

в) – загальний вигляд. Джерело: Drawing Matter, 2026;

г) – план. Джерело: Plansofarchitecture, 2026;

Chicago Tribune Tower, Чикаго, США, 1922, загальний вигляд.

д) – арх. Walter Gropius, Adolf Meyer. Джерело: Bauhauskooperation, 2026;

е) – арх. Max Taut. Джерело: The Skyscraper Museum, 2026;

ж) – арх. Bruno Taut, Walter Gunther, Kurz Schutz; Max Taut. Джерело: The Skyscraper Museum, 2026.

Рис 7. Міжнародний досвід. 3-й етап розвитку ОБ:

Lever House, Нью-Йорк, США, арх. SOM, 1952.

а) – загальний вигляд. Джерело: World-Architects, 2026;

б) – план. Джерело: Slade Architecture, 2026;

Toronto-Dominion centre, Торонто, Канада, арх. Ludwig Mies van der Rohe, John V. Parkin & Associates, Bregman + Hamann Architects, 1967.

в) – загальний вигляд. Джерело: Getty Images, 2026;

г) – план. Джерело: MoMA, 2026;

Shinjuku Mitsui Building, Токіо, Японія, арх. Nihon Sekkei, 1974.

д) – загальний вигляд. Джерело: Wikipedia, 2026.

е) – план. Джерело: Officee, 2026.

Рис 8. Міжнародний досвід. Johnson Wax Headquarters, 1939, 1950, Расіні, США, арх. Frank Lloyd Wright:

а) – загальний вигляд. Джерело: Wikipedia, 2026;

б) – розріз, фасад. Джерело: Archdaily, 2026;

в) – план 1-го поверху. Джерело: Archdaily, 2026;

г) – інтер'єр робочого залу. Джерело: *Library of Congress*, 2026;

д) – загальний вигляд дослідницької будівлі. Джерело: *Archeyes*, 2025.

Рис 9. Міжнародний досвід. Price Tower, 1956, Бартлсвіл, США, арх.

Frank Lloyd Wright:

а) – загальний вигляд. Джерело: *Discover Images*, 2026;

б) – план 1-го поверху. Джерело: *Library of Congress*, 2026;

в) – загальний вигляд. Джерело: *Elevator Scene*, 2024;

г) – план 11-го поверху. Джерело: *Library of Congress*, 2026;

д) – південно-західний фасад. Джерело: *Library of Congress*, 2026;

е) – розріз А-А. Джерело: *Library of Congress*, 2026.

Рис 10.1. Міжнародний досвід. 4-й етап розвитку ОБ:

GM Renaissance Center, Детройт, США, арх. John Portman & Associates, 1977.

а) – загальний вигляд. Джерело: *Wikipedia*, 2016;

б) – план проміжного рівня. Джерело: *Hicks*, 2016;

Tour Total, Париж, Франція, арх. WZMH Architects, Roger Saubot, 1985.

в) – загальний вигляд. Джерело: *Wikipedia*, 2021.

Рис 10.2. Міжнародний досвід. 4-й етап розвитку ОБ.

AT&T Building, Нью Йорк, США, арх. Philip Johnson, 1984.

а) – загальний вигляд. Джерело: *Wikipedia*, 2026;

б) – плани поверхів. Джерело: *The Architectural Review*, 2026;

Portland Building, Портланд, США, арх. Michael Graves, 1982

в) – загальний вигляд. Джерело: *Archdaily*, 2026;

г) – плани 1-го поверху. Джерело: *Dezeen*, 2015;

Humana Building, Луїсвіль, США, арх. Michael Graves, 1985.

д) – загальний вигляд. Джерело: *Michael Graves*, 2015;

е) – план. Джерело: *Domus*, 2024.

Рис 11. Міжнародний досвід. 5-й етап розвитку ОБ:

а) – *Commerzbank Headquarters, Франкфурт на Майні, Німеччина, арх. Foster + Partners, 1997.* Джерело: *Foster + Partners*, 2025;

б) – *Stadttor, Дюссельдорф, Німеччина, арх. Petzinka Pink & Partner, 1998.*

Джерело: *Zweipink, 2025;*

в) – *London City hall, Лондон, Велика Британія, арх. Foster + Partners, 2002. Джерело: Foster + Partners, 2025;*

Рис 12. Міжнародний досвід. 6-й етап розвитку ОБ:

а) – *Manitoba Hydro Place, Вінніпег, Канада, арх. KPMB Architects, 2009. Джерело: KPMB Architects, 2025;*

б) – *Bullitt center, Сієтл, США, арх. Miller Hull Partnership, 2013. Джерело: Miller Hull, 2025;*

в) – *Apple Park, Купертіно, США, арх. Foster + Partners, 2017. Джерело: Foster + Partners, 2025.*

Рис 13.1. Міжнародний досвід. Manitoba Hydro place, 2009, Вінніпег, Канада, арх. KPMB Architects. Джерело: KPMB Architects, 2025:

а) – *зовнішній вигляд;*

б) – *схема пасивних і активних систем будівлі;*

в) – *повздовжній розріз. Природна вентиляція через «подвійний фасад» та завдяки «сонячної витяжці»;*

г) – *об'ємно-планувальна організація типового 6-ти поверхового офісного блоку.*

Рис 13.2. Міжнародний досвід. Manitoba Hydro place, 2009, Вінніпег, Канада, арх. KPMB Architects. Джерело: KPMB Architects, 2025:

а) – *повітряний потік. Природна вентиляція;*

б) – *повітряний потік в літній період;*

в) – *повітряний потік в зимовий період;*

г) – *типовий розріз офісних приміщень;*

е) – *фрагменти південного та східного фасадів, що демонструють архітектурні і інженерні рішення.*

Рис 14.1. Міжнародний досвід. Stadttor, 1998, Дюссельдорф, Німеччина, арх. Petzinka Pink & Partners. Джерело: Petzinka Pink & Partners, 2025:

а) – *зовнішній вигляд ОБ вдень;*

б) – *зовнішній вигляд ОБ вночі;*

- в) – план 0-го поверху;
- г) – план організація типового 6-ти поверхового блоку;
- д) – план ОП;
- е) – ситуаційний план.

Рис 14.2. Міжнародний досвід. Stadttor, 1998, Дюссельдорф, Німеччина, арх. Petzinka Pink & Partners. Джерело: Petzinka Pink & Partners, 2025:

- а) – поздовжній розріз;
- б) – схема фасаду. Фасадний коридор;
- в) – розріз фасаду. Фасадний коридор;
- г) – інтер'єр атріуму;
- д) – інтер'єр фасадного коридору;
- е) – фасад атріуму.

Рис 15. Міжнародний досвід. Sino-Italian Ecological and Energy-Efficient Building, 2006, Пекін, Китай, арх. Mario Cucinella Architects. Джерело: Mario Cucinella Architects, 2024:

- а) – зовнішній вигляд будівлі. Південний схід;
- б) – фрагмент західного фасаду;
- в) – екологічні стратегії. Літній період;
- г) – екологічні стратегії. Зимовий період;
- д) – план типового поверху;
- е) – зовнішній вигляд будівлі. Північний схід;
- ж) – фрагменти перерізів південного фасаду.

Рис 16. Міжнародний досвід. Bullitt center, 2013, Сіетл, США, арх. Miller Hull Partnership. Джерело: Miller Hull, 2025:

- а) – зовнішній вигляд будівлі;
- б) – зовнішній вигляд будівлі;
- в) схема опалення, вентиляції та фотоелектричної покрівлі;
- г) схема збору та очищення дощової та «сірої» води;
- д) ситуаційний план;
- е) інтер'єр офісних приміщень;

ж) – план типового поверху.

Рис 17. Міжнародний досвід. *Forum Chriesbach*, 2006, Дюбендорф, Швейцарія, арх. *Bob Gysin Partner*. Джерело: *BGP*, 2025:

- а) – зовнішній вигляд будівлі;
- б) – зовнішня обхідна галерея;
- в) – фрагмент фасаду, плану галереї та розріз через галерею;
- г) – розріз із схемою вентиляції; д) – інтер'єр атріуму;
- е) – план типового поверху;
- ж) – план 2-го поверху;
- з) – план 1-го поверху;
- и) – схема збору та очищення дощової та «сірої» води.

18. Міжнародний досвід. *Triodos Bank*, 2019, Зейст, Нідерланди, арх. *RAU Architects*. Джерело: *RAU*, 2023:

- а) – зовнішній вигляд будівлі;
- б) – західний фасад;
- в) – план 1-го поверху;
- в) – план 2-го поверху;
- д) – розріз.

Рис 19. Етапи розвитку ОБ з точки зору енергоефективності. Міжнародний досвід. Джерело: автор, 2025.

Рис 20. Етапи розвитку ОБ з точки зору енергоефективності. Вітчизняний досвід. Джерело: автор, 2025:

- а) – Нацбанк України, Київ, 1905. Джерело: *Wikipedia*, 2013;
- б) – Київська міська дума, Київ, 1878. Джерело: *Wikipedia*, 2024;
- в) – Будинок Державної промисловості, Харків. 1928. Джерело: *The Charnel-House*, 2015;
- г) – Кабмін України, Київ, 1937. Джерело: *Mind.ua*, 2022;
- д) – Укравтодор, Київ, 1976. Джерело: *Wikipedia*, 2018;
- ж) – Державна науково-технічна бібліотека України, Київ, 1972. Джерело: *Socialistmodernism*, 2021;

з) – *Мінсоцполітики України, Київ, 1981. Джерело: Wikimaria, 2011;*

і) – *Комітети ВР України, Київ, 2002. Джерело: Комітет ВР України з питань державного будівництва, регіональної політики та місцевого самоврядування, 2014;*

к) – *Укрексімбанк, Київ, 1998. Джерело: Espresso.tv., 2016.;*

л) – *БЦ «Парус», Київ, 2006. Джерело: Kovalska, 2026;*

м) – *БЦ «Гулівер», Київ, 2012. Джерело: Drizoro, 2026;*

н) – *ОЦ «Оптіма Плаза», Львів, 2016. Джерело: Archimatika, 2025.*

о) – *БЦ по вул. Лейпцизька 15, Київ, 2019. Джерело: Гурт Проект, 2025.*

Рис 21. Вітчизняний досвід. Приклади ОБ, що використовують заходи енергоефективності (до 2000 рр.).

а) – *Міністерство соціальної політики України, Київ, арх. В. Бавіловський, Г. Гранаткін, 1981 р. Джерело: The Village Україна, 2023;*

б) – *Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського, Київ, арх. В. Гопкало, В. Гречина, В.Песковський, 1989 р. Джерело: Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського, 2025;*

в) – *Експериментальна база по використанню сонячної енергії, Алушта, арх. Г. Хорхот, І. Білявська, В. Журавель, І. Руднева, інж-енерг. В. Гершкович, 1991 р. Джерело: Хорхот та Хорхот, 2012.*

Рис 22. Вітчизняний досвід. Приклади ОБ, що використовують заходи енергоефективності (після 2000 рр.). Офісний центр «Оптіма Плаза», вул. Наукова 7Д, Львів, арх. Столовой А., 2014-2016 рр. Джерело: Archimatika, 2025.

а) – *зовнішній вигляд будівлі;*

б) – *схема руху сонця на ділянці, та схеми сонцезахисту;*

в) – *план типового поверху.*

Рис 23. Вітчизняний досвід. Приклади ОБ, що використовують заходи енергоефективності (після 2000 рр.). Джерело: Гурт Проект, 2025:

а) – *Капітальний ремонт адмін. будівлі по вул. Гоголівська 22-24, Київ, арх. Давидов А. М., Магура Т. І., Петросюк Т. О., 2019 р., зовнішній вигляд, план;*

б) – Бізнес-центр по вул. Лейпцизька 15, Київ, арх. Давидов А. М., Магура Т. І., Петросюк Т.О., 2019 р., зовнішній вигляд, плани поверхів, розріз;

Рис 24. Аналіз наукової літератури з питань ЕЕ ОБ. Основні напрямки досліджень у сфері ЕЕ ОБ. Джерело: автор, 2025.

Рис 25. Аналіз наукової літератури з питань ЕЕ ОБ. Основні предмети досліджень у сфері пасивного дизайну:

а) – відношення площі поверхні до об'єму, та площі підлоги. Джерело: Watson та ін., 1983;

б) – об'єм будівлі и пропорції сторін будівлі. Джерело: Albatici i Passerini, 2011;

в) – фізичні властивості скла (low-E glass). Джерело: Stanekwindows, 2025;

г) – денне сонячне випромінювання для: різних пор року; різних орієнтацій; вертикальна/горизонтальна площина. Джерело: Lechner, 2009;

д) – стандартні плани крупних будівель до 20-го століття. Джерело: Lechner, 2009;

е) схема організації односторонньої та перехресної вентиляції. Джерело: Liddament M. 1996.

Рис 26. Стратегії проєктування для скорочення енергопотреб ОБ згідно наукової літератури. Джерело: автор, 2025.

Рис 27. Методологія дослідження. Джерело: автор, 2025.

Рис 28. Методи дослідження принципів проєктування ЕОБ. Джерело: автор, 2025.

Рис 29. Фактори, які впливають на формування ЕОБ. Джерело: автор, 2025.

Рис 30. Композиційні рішення ЕОБ, що впливають на ЕЕ. Джерело: автор, 2025.

Рис 31. Об'ємно-просторові рішення ЕОБ, що впливають на ЕЕ. Джерело: автор, 2025.

Рис 32.1. ЕЕ фасадні рішення. Подвійні фасади (ПФ):

а) – типи подвійних фасадів (ПФ). Загальний вигляд. Джерело: Oesterle та ін., 2001;

б) – варіанти руху повітря у ПФ. Загальний вигляд. Джерело: Hachet-Vermette С, 2020;

в) – архітектурно-технічні елементи ПФ, що мають вплив на їхню ефективність. Джерело: Jankovic та Goia, 2021.

Рис 32.2. ЕЕ фасадні рішення. Подвійні фасади (ПФ):

а) – варіанти роботи багатопверхового ПФ. Джерело: Souza, 2024;

б) – Harvard Business School's Tata Hall, Харвард, США, 2014, арх. William Rawn Associates. Джерело: William Rawn Associates, 2022.

Рис 33.1. Енергоефективні фасадні рішення. Зовнішній сонцезахист. Фіксований та рухомий:

а) – типи ЗС. Джерело: автор, 2025;

б) – комірчаста (egg crate). Джерело: 2030palette, 2025;

в) – різновиди ЗС. Розрізи. Джерело: Neufert і Neufert, 2012;

г) – ЗС, як частина ПФ. Розрізи. Джерело: Neufert і Neufert, 2012;

д) – горизонтальні скляні ламелі з інтегрованими фотоелектричними панелями. Загальний вигляд. Джерело: Facadesign.us, 2025.

Рис 33.2. Енергоефективні фасадні рішення. Автоматизовані динамічні системи ЗС:

а) – автоматизована система сонцезахисту з поворотним екраном, що затінює верхні поверхи, рухаючись за траєкторією сонця навколо будівлі. Kuggen, Гетеборг, Швеція, арх. Wingardh Arkitektkontor, 2011 р., розріз, загальний вигляд. Джерело: Archdaily, 2011;

б) – адаптивний (кліматично реагуючий) фасад. Реагує на сонячне опромінення та зміну траєкторією сонця на протязі року. Al Bahar Towers, Абу-Дабі, ОАЕ, арх. Aedas Architects, 2012 р., схема трансформації, загальний вигляд. Джерело: Archdaily, 2012;

в) – адаптивний фасад з трикутних перфорованих панелей. Campus Kolding, Коллінг, Данія, арх. Henning Larsen, 2014 р., фрагмент фасаду,

загальний вигляд. Джерело: *Archdaily*, 2014.

Рис 34. Енергоефективні фасадні рішення. Світлові полиці в ЕОБ:

а) – розріз зовнішньої стіни без світлової полиці. Джерело: автор, 2025;

б) – варіант розрізу зовнішньої стіни зі світловою полицею. Джерело: автор, 2025;

в) – схема світлового потоку при застосуванні світлових полиць. Джерело: *Designing Buildings Ltd*, 2025;

г) – напівпрозора світлова полиця *InLighten*. Джерело: *Kawneer*, 2025;

д) – криволінійна світлова полиця *Brightshelf*. Джерело: *Brightshelf*, 2015.

Рис 35. Інші енергоефективні рішення. Ліхтарі верхнього світла та світлові тунелі в ЕОБ:

а) – *YouTube Headquarters*, 1997, Сан Бруно, США, арх. *William McDonough + Partners*. Розріз через центральний атриум, та зенітний ліхтар, що демонструє схему природнього освітлення та схему природньої вентиляції. Джерело: *Mcdonoughpartners.com*, 2025;

б) – світловий тунель. Джерело: *Solatube International*, 2025;

в) – основні типи зенітних ліхтарей. Глухі та ті, що відкриваються. Арочні, одно-, дво-, трьох-схильні та ін., напівкруглі, призматичні та ін. Джерело: *Toiture.pro*, 2025;

г) – розріз ОБ з використанням зенітних ліхтарів та світлових тунелів. Джерело: *The Cannon Corporation*, 2025.

Рис 36. Інші енергоефективні рішення. «Зелені» стіни та зелені насадження:

а) – *Kö-Vogel II*, 2020, Дюсельдорф, Німеччина, арх. *Ingenhoven Architects*. Фрагмент розрізу плантерів. Джерело: *Ingenhoven Architects*, 2025;

б) – Муниципалітет, Венло, Нідерланди, арх. *Kraaijvanger Architects*, 2016. Загальний вигляд «зеленої» стіни. Джерело: *Kraaijvanger Architects*, 2025;

в) – основні типи «зелених» стін. I - Чіпки самостійно виткі рослини у відкритому ґрунті, II - Самостійно виткі рослини з шпалерами або дротами, III - Підвісні або вбудовані контейнери для рослин. IV - Фасадні панелі або

пластикові плантери з кишенями/секціями для вирощування. Джерело: Deckere, 2025;

г) – Gemeentehuis Haarlem, Гофддорп, Нідерланди, 2021, арх. RAU, фрагмент розрізу. Джерело: RAU, 2023.

Рис 37. Інші енергоефективні рішення. «Зелені» покрівлі»:

а) – розріз офісного приміщення із «зеленою покрівлею». Джерело: Manni Group, 2025;

б) – основні типи «зелених» покрівель. I - Екстенсивні, II - Напівінтенсивні, III - Інтенсивні. Джерело: Rainscaping Iowa, 2015.

Рис 38. Інші енергоефективні рішення. Сучасні енергоефективні інженерні системи в ЕОБ:

а) – система управління будівлею (BMS). Джерело: Gajjelli, 2026;

б) – адаптивне освітлення. Джерело: Magnatech LED, 2026;

в) – адаптивне освітлення в різний час доби. Джерело: Magnatech LED, 2026;

г) – ліфти з рекуперацією енергії. Джерело: Bullitt Foundation, 2013;

д) – теплообмінник (типу повітря - повітря). Джерело: IQS Directory 2026;

ж) – система водяного опалення з теплообмінником. Джерело: Woolf Plumbing & Gas, 2026;

і) – Схема променистої системи охолодження. Джерело: Nzebindia, 2026;

Рис 39. Енергогенеруючі системи з відновлюваних джерел в ЕОБ:

а) – фотовольтаїчні панелі на даху у комбінації із «зеленою» покрівлею ОБ. Джерело: Wallbarn, 2023;

б) – фотовольтаїчні панелі, що інтегровані до фасаду будівлі. FKI Tower, Сеул, Південна Корея, арх. Adrian Smith + Gordon Gill Architecture LLP, 2013. Джерело: Джерело: Adrian Smith + Gordon Gill Architecture, 2026;

в) – фотовольтаїчне скло як елемент склопакету для вікон ОБ. Джерело: Onyx Solar Energy SL and Onyx Solar Group LLC, 2026;

г) – Розріз. Bahrain World Trade Centre, Манама, Бахрейн, арх. Atkins, Killa

Design, 2008. Джерело: Killa Design, 2026;

д) – *план-схема руху повітря. Джерело: Джерело: Minamoto, 2014.*

Рис 40. Класифікація ЕОБ за ознаками. Джерело: автор, 2025.

Рис 41. Архітектурно-будівельне кліматичне районування території України. Джерело: Мінрегіонбуд України, 2011.

Рис 42. Особливості проєктування ЕОБ в залежності від виду будівництва. Джерело: автор, 2025.

Рис 43. Міжнародна практика енергorenovaції існуючих ОБ:

а, б) – K118 Korfbau Halle 118, Вінтертур, Швейцарія, арх. In-Situ, 2021. Джерело: Archdaily, 2024;

в, г) – Ombú, Мадрид, Іспанія арх. Foster + Partners, 2022. Джерело: Archdaily, 2024;

д, е) – Реновація будівлі колишньої залізничної компанії під офісну функцію, Куала-Лумпур, Малайзія, арх. O2 Design Atelier, YTL Land & Development, 2021. Джерело: Archdaily, 2024;

Рис 44. Вплив ЕЕ га образність ЕОБ. Джерело: автор, 2025.

Рис 45. Клімат України, вимоги ДБН щодо енергоефективності огорожувальних конструкцій та освітлення приміщень:

а) – Кліматична карта України і світу 1980-2016. Згідно з Коррен-Geiger. Джерело: Beck та ін., 2018;

б) – Кліматичні зони України. Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 “Теплова ізоляція та енергоефективність будівель”. Джерело: Мінрегіон України, 2022;

в) – Мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель $R_{\text{q min}}$. Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 “Теплова ізоляція та енергоефективність будівель”. Джерело: Мінрегіон України, 2022;

г) – Нормативні показники освітлення основних цивільних будівель. Таблиця Д.1. Згідно з ДБН В.2.5-28:2018 “Природне і штучне освітлення”. Додаток Д. Джерело: Мінрегіон України, 2018.

Рис 46. Погодні дані для міст Київ та Одеса в Україні:

- а) – середньомісячна температура. Джерело: Meteonorm 8. 2025;*
- б) – тривалість сонячного сяйва. Джерело: Meteonorm 8. 2025;*
- в) – місячна сонячна радіація. Джерело: Meteonorm 8. 2025;*
- г) – місячна сонячна радіація (дифузна) на вертикальній площині.*

Джерело: Meteonorm 8. 2025;

- д) – річна роза ветрів, м/с. Джерело: Ladybug Tools. 2025;*
- е) – діаграми траєкторій руху Сонця. Джерело: SunEarthTools, 2025.*

Рис 47. Геометрична модель будівлі для аналізу в оточуючій забудові з урахуванням характеристик навколишнього середовища ділянки:

а) – місячна сонячна радіація на будівлі та діаграма сонячного шляху, Південний фасад. Джерело: автор, 2025;

б) – діаграми шляху сонця з кутами сонячної висоти. Джерело: автор, 2025.

Рис 48. Геометрична модель будівлі для аналізу:

- а) – загальний вигляд будівлі для аналізу. Джерело: автор, 2025;*
- б) – 3D-вид плану поверху будівлі для аналізу. Джерело: автор, 2025;*
- в) – план поверху будівлі для аналізу. Джерело: автор, 2025.*

Рис 49. Схема багатоцільової оптимізації на основі параметричного моделювання:

а) – програмне забезпечення, що використовується для параметричного моделювання та багатоцільової оптимізації. Джерело: автор, 2025;

б) – послідовність багатоцільової оптимізації на основі параметричного моделювання.

Рис 50. Параметрична модель багатоцільової оптимізації будівлі:

а) – параметрична модель багатоцільової оптимізації на основі комп'ютерних симуляцій. Джерело: автор, 2025.

Рис 51. Результати КПО, ІВД і ЕЕ, що отримані завдяки багатоцільової оптимізації для м. Київ:

а) – результати оптимізації КПО, ІВД та ЕС (недомінантні результати) Київ, 22 березня, 12:00. Джерело: автор, 2025;

б) – результати моделювання КПО* і ІВД. * Результати № 1 - 5, 8 - 9 виключено через не достатнє значення КПО. Джерело: автор, 2025.

Рис 52. Результати КПО, ІВД і ЕЕ, що отримані завдяки багатоцільової оптимізації для м. Одеса:

а) – результати оптимізації КПО, ІВД та ЕС (недомінантні результати) Одеса, 22 березня, 12:00. Джерело: автор, 2025;

б) – результати моделювання КПО* і ІВД. * Результати № 1 - 10 виключено через не достатнє значення КПО. Джерело: автор, 2025.

Рис 53. Варіант без оптимізації фасадів, Київ та Одеса:

а) – результати КПО, ІВД та енергоспоживання та відповідними геометричними параметрами. Джерело: автор, 2025;

б) – енергоспоживання, %. Джерело: автор, 2025;

в) – місячне енергоспоживання, kWh/m²у. Джерело: автор, 2025;

г) – результати моделювання КПО, ІВД (%) та освітленості (lux).
Джерело: автор, 2025;

д) – варіант фасаду (південне застелення) для Києва та Одеси. Джерело: автор, 2025.

Рис 54. Крайні оптимізовані варіанти фасадів, Київ та Одеса:

а) – результати КПО, ІВД та енергоспоживання та відповідними геометричними параметрами. Джерело: автор, 2025;

б) – енергоспоживання, %. Джерело: автор, 2025;

в) – місячне енергоспоживання, kWh/m²у. Джерело: автор, 2025;

г) – результати моделювання КПО, ІВД (%) та освітленості (lux).
Джерело: автор, 2025;

д) – крайні оптимізовані варіанти фасадних рішень (ширина та висота південних вікон, ширина сонцезахисту). Джерело: автор, 2025.

Рис 55. Оптимізовані варіанти фасадних рішень, Київ та Одеса:

а) – оптимізовані варіанти фасадних рішень (ширина та висота південних вікон, ширина сонцезахисту), Київ. Джерело: автор, 2025;

б) – оптимізовані варіанти фасадних рішень (ширина та висота

південних вікон, ширина сонцезахисту), Одеса. Джерело: автор, 2025.

Рис 56. Оптимальні значення КПО, КВ та оптимальні геометричні параметри у зв'язку із хмарністю:

а) – оптимізовані КПО, КВ та енергоспоживання з відповідними геометричними параметрами. Джерело: автор, 2025;

б) – прогноз ясного неба, Київ та Одеса. Джерело: Cedar Lake Ventures, Inc., 2025;

в) – години світлового дня, Київ та Одеса. Джерело: Cedar Lake Ventures, Inc., 2025;

г) – оптимальні геометричні параметри та теплонадходження взимку, Київ та Одеса. Джерело: автор, 2025;

д) – хмарність, Київ та Одеса. Джерело: Cedar Lake Ventures, Inc., 2025.

Рис 57. Принципи та прийоми проектування ЕОБ. Джерело: автор, 2025.

Рис 58. Прийоми проектування ЕОБ. Пасивні (архітектурні) стратегії та прийоми їх реалізації. Джерело: автор, 2025.

Рис 59. Рекомендації з проектування ЕОБ. Джерело: автор, 2025.

Рис 60. ПЗ для енергомодельовання, модельовання природнього освітлення та ін.:

а) – Pearl River Tower, Гуанчжоу, Китай, 2013, арх. SOM, аналіз сонячної радіації. Джерело: SOM, 2025;

б) – локалізоване освітлення ОП. Програмне забезпечення: DIALux Джерело: автор, 2016;

в) – інфрачервоне кольорове картування температури всередині віконної секції. ПЗ: THERM 6.3. Джерело: автор, 2016;

г, д) – The Broadgate Tower, Лондон, Велика Британія, 2008, арх. SOM, річний відсоток годин присутності, протягом яких рівень освітленості становить щонайменше 500 люкс, ПЗ: Sefaira та план локалізованого освітлення. ПЗ: DIALux. Джерело: автор, 2016;

ж, з) – Університетська лікарня, Реус, Іспанія, арх. Corea & Moran Arquitectur, 2009, модельовання руху повітря та температури у атріумі.

Джерело: Corea & Moran Arquitectura, 2025.

Рис 61. Послідовність процесу проектування ЕОБ. Джерело: автор, 2025.