

Постернак О.С., студент, групи ПЦБ-531мп, Інженерно-будівельного інституту
Постернак І.М., канд.техн.наук, доцент,
Одеська державна академія будівництва та архітектури

ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ І БІОКЛІМАТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У БУДІВНИЦТВІ

Актуальність проблеми енергоспоживання в умовах кліматичного та енергетичного виклику. Будівельний сектор є одним із найбільших споживачів ресурсів та енергії у світі. Цей вплив охоплює всі етапи життєвого циклу об'єктів, від видобутку сировини та будівництва до експлуатації та утилізації. В умовах глобальних кліматичних викликів та необхідності забезпечення національної енергетичної стійкості, стратегічне значення енергоефективності будівель зростає. Зменшення навантаження на енергетичну мережу та оптимізація споживання є критично важливими для економічної та екологічної безпеки. Кліматичні умови України, які характеризуються як континентальні, створюють унікальні вимоги до проектування. У зонах із різкими перепадами температур та значними сезонними коливаннями необхідний комплексний підхід, що дозволяє ефективно управляти як потребами в опаленні взимку, так і потребами в охолодженні влітку. Традиційні методи будівництва часто не здатні впоратися з цими викликами без значних експлуатаційних витрат. Отже, запровадження технологій, які інтегрують пасивні та активні стратегії, стає ключовим пріоритетом.

Концептуальні засади: поєднання пасивного та активного підходів. Концепція максимальної енергоефективності ґрунтується на синергії двох основних груп технологій. Перша група – пасивні (біокліматичні) стратегії – спрямована на мінімізацію або усунення первинного енергетичного попиту (Demand Reduction). Це досягається за допомогою архітектурних рішень, які використовують природні ресурси та теплофізичні властивості оболонки будівлі. Друга група – активні (інженерні) системи – забезпечує високопродуктивне задоволення мінімального залишкового попиту за рахунок високоефективного обладнання та відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Максимальна енергоефективність і мінімізація вуглецевого сліду досягається виключно за умови послідовного та інтегрованого застосування обох груп технологій. Пасивні методи знижують необхідну потужність активних систем, що, своєю чергою, зменшує початкові капітальні витрати на інженерне обладнання та забезпечує довгострокову економію операційних витрат.

Принципи біокліматичного підходу як основи теплового комфорту. Біокліматичний підхід до проектування будівель являє собою архітектурний метод, що ґрунтується на детальному аналізі та використанні характеристик місцевого клімату. Основна мета полягає у забезпеченні необхідного теплового комфорту для мешканців, максимально використовуючи при цьому ресурси навколишнього середовища, такі як сонячне випромінювання, вітер та температура ґрунту. Ключовим орієнтиром для біокліматичного проектування є поняття «зони теплового комфорту», що визначають діапазони еквівалентно-ефективних температур, за яких більшість людей не відчувають ні надмірного тепла, ні мерзлякуватості. Досягнення цих зон комфорту залежить від правильного вибору пасивних стратегій, які керуються біокліматичними індексами та показниками суб'єктивного сприйняття.

Архітектурна оптимізація: орієнтація, затінення та форма. Стратегічні рішення щодо форми та орієнтації будівлі є найпершими та найбільш значущими кроками у забезпеченні енергоефективності. Правильна орієнтація має забезпечити мінімальні втрати тепла в холодний період та найменше надходження сонячної радіації влітку, що є особливо актуальним для клімату з високими амплітудами температур. Таким чином, архітектурна оптимізація визначає основний енергетичний профіль будівлі ще до вибору інженерних систем. Ефективне затінення (Shading) є необхідним аспектом біокліматичної архітектури. Воно передбачає стратегічне використання таких елементів, як навіси, жалюзі або балкони, щоб блокувати високо розташоване сонце влітку, запобігаючи перегріву, і водночас дозволити проникнення низькорозташованого зимового сонця для пасивного сонячного обігріву. Це дозволяє зменшити потребу в активному охолодженні. Крім того, використання вентилярованих фасадів може забезпечити додатковий термозахист, оскільки повітряний прошарок сприяє ефективному відведенню тепла.

Домінування принципу "Fabric-First" та висока герметичність. Принцип "Fabric-First" (пріоритет оболонки) є фундаментальним для високопродуктивного будівництва, такого як Passive House. Цей підхід фокусується на якості зовнішньої оболонки: високоякісній теплоізоляції, герметичності та мінімізації термічних містків. Його мета – мінімізувати необхідну енергію для опалення та охолодження будівлі, перш ніж розглядати активні інженерні системи. Якісно побудована та герметична оболонка, відповідно до ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель», забезпечує функцію пасивного акумулятора та захисту, що є особливо важливим для підвищення стійкості будівель в умовах можливих перебоїв у енергопостачанні.

Теплова інерція та сучасні будівельні матеріали. Теплова інерція, що виражається показником D, допомагає стабілізувати внутрішню температуру та захищає конструкцію від швидких зовнішніх змін температури. Згідно з нормативними документами, сумарна теплова інерція шарів огорожувальної конструкції повинна враховуватися при теплотехнічному розрахунку. Сучасне енергоефективне будівництво активно впроваджує інноваційні матеріали для оптимізації як теплової ізоляції, так і інерції:

Фазоперехідні матеріали (PCM): це матеріали, такі як парафіни або гідрати солей, які інтегруються у сендвіч-панелі або інтелектуальне скління; вони здатні акумулювати та виділяти велику кількість прихованого тепла під час зміни фазового стану, динамічно керуючи тепловим потоком.

Дерев'яне будівництво (CLT): використання крос-ламінованої деревини (CLT-панелей) та біоізоляції (ляне волокно, целюлоза) є прикладом сталої архітектури; цей підхід поєднує високі теплотехнічні показники з низькою втіленою енергією (енергія, витрачена на виробництво матеріалів), що знижує загальний вуглецевий слід будівлі.

Високопродуктивні системи опалення, вентиляції та кондиціонування (ОВК). Після мінімізації енергетичного попиту за допомогою пасивних стратегій, активні системи ОВК відіграють ключову роль у підтримці комфорту. Сучасні системи ОВК є комплексними рішеннями, які забезпечують не лише контроль температури, але й якість повітря, включаючи аерацію, деаерацію, зволоження, осушення та фільтрацію. В умовах високої герметичності будівель, яка досягається завдяки принципу Fabric-First, критично важливою стає припливно-витяжна вентиляція з рекуперацією тепла. Цей механізм використовує теплообмінники для витягування тепла з відпрацьованого (витяжного) повітря і передачі його свіжому припливному повітрю, що мінімізує енергетичні втрати, спричинені необхідним повітрообміном. Ефективність таких систем додатково підвищується за рахунок використання вентиляторів з енергозберігаючими ЕС-приводами або АС-двигунами у поєднанні з перетворювачами частоти. Ці компоненти можуть інтегруватися у розумні системи ОВК для забезпечення максимальної ефективності та відмінних акустичних характеристик.

Забезпечення найвищої якості внутрішнього повітря (IAQ). Взаємозв'язок між підвищеною герметичністю будівлі та необхідністю контролювати якість внутрішнього повітря (IAQ) є ключовим аспектом сучасного проектування. Хоча герметичність забезпечує економію енергії, вона також вимагає обов'язкових інвестицій у високоякісну фільтрацію та очищення. Для видалення забруднюючих речовин із внутрішнього повітря рекомендується встановлення високоєфективних фільтрів у системі ОВК. Також системи ОВК можуть бути відрегульовані для збільшення кількості зовнішнього повітря у періоди високих зовнішніх забруднень або для провітрювання. Як додатковий, але потужний інструмент, особливо для комерційних або медичних приміщень, можуть використовуватися UVGI-технології (ультрафіолетове опромінення). Ультрафіолетові лампи, встановлені поблизу стелі, інактивують мікроби та віруси у повітрі. Хоча UVGI не видаляє забруднюючих речовин, воно є корисним доповненням до механічної вентиляції та фільтрації, зокрема для зниження ризику поширення патогенів.

Оптимальна гібридизація з відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ).

Максимізація ефективності теплових насосів досягається шляхом їх інтеграції з сонячними системами, що створює високоефективні гібридні системи. Поєднання ТН із сонячними колекторами дозволяє використовувати безкоштовне променисте тепло сонця для гарячого водопостачання (ГВП) та підтримки опалення. Це може майже повністю звільнити тепловий насос від навантаження влітку, що значно зменшує загальне споживання електроенергії та підвищує загальну річну ефективність системи. Особливо інноваційними є стратегії акумулювання та регенерації тепла, які перетворюють нестабільну сонячну енергію на стабільний і надійний вхідний потік для ТН:

Резюме синергетичної ефективності. Комплексний аналіз використання енергоефективних і біокліматичних технологій у будівництві підтверджує, що найбільша продуктивність і стійкість досягаються виключно через інтегровану стратегію, яка послідовно поєднує пасивні та активні підходи. Пасивна мінімізація попиту: застосування принципів біокліматичного проектування (оптимальна орієнтація та затінення) та дотримання принципу "Fabric-First" (якість теплоізоляції та герметичність, що відповідає підвищеним вимогам ДБН В.2.6-31:2021) є фундаментальною передумовою. Пасивні методи мінімізують енергетичний попит, що робить активні системи менш потужними та більш економічними. Високопродуктивне задоволення попиту: залишковий мінімальний попит ефективно задовольняється за рахунок високопродуктивних систем. Теплові насоси, особливо у гібридних конфігураціях із сонячними колекторами для регенерації геотермального поля, забезпечують максимальний коефіцієнт перетворення енергії. Динамічна оптимізація: інтелектуальні системи автоматизації є мультиплікаторами економії, які динамічно адаптують роботу систем ОВК до реальних потреб, забезпечуючи додаткову економію до 30% теплової енергії та скорочуючи термін окупності всього проекту. Стійкість та комфорт: інвестиції у високу герметичність (Fabric-First) та ефективну вентиляцію з рекуперацією тепла гарантують цілорічний тепловий комфорт та найвищу якість внутрішнього повітря.