РОЗДІЛ І

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ БУДІВЛІ

1.1. Енергоефективні будівлі. Основні положення

«Енергоефективні будівлі» як новий напрям у будівництві з'явилися після світової енергетичної кризи 1974 р. З моменту будівництва перших енергоефективних будівель до початку 90-х років XX століття основний інтерес представляло вивчення заходів з економії енергії. В той час, як з середини 1990-х років увага переноситься на пошук енергозберігаючих рішень, які одночасно сприяють підвищенню якості мікроклімату у приміщеннях будівель.

У світовому будівництві з'явилася велика кількість будівель, мікрорайонів та навіть архітектурно-будівельних зон, які були запроектовані та побудовані на основі різних концепцій енергетично ефективних та екологічно чистих технологій. Ці концепції об'єдналися під загальною назвою «Sustainable Buildings» («стале будівництво», «життєзберігаюче будівництво»). «Sustainable Buildings» – спосіб забезпечення в будівлі комфортного мікроклімату, максимальне використання енергії зовнішнього середовища та енергоефективних елементів будівлі як єдиного цілого. Основні концепції енергетично ефективних та екологічно чистих будівель представлені на рис. 1.1.

Енергоефективна будівля (energy efficiency building) – будівля, в якій ефективне використання енергоресурсів досягається за рахунок використання інноваційних рішень, які можуть бути вирішені технічно, обґрунтовані економічно, а також прийняті з екологічної та соціальної точок зору і не змінюють звичайного способу життя. До енергоефективних будівель можуть бути віднесені будівлі з низьким енергоспоживанням та будівлі з нульовим енергоспоживанням (рис. 1.2.).

Будівля з низьким енергоспоживанням (low energy building) – будівля, побудована з використанням сучасних будівельних матеріалів, у яких питома витрата енергії на опалення становить від 50 до 80 кВт·год /м^2.

Будівля з нульовим використанням енергії (zero energy building) – будівля з нульовою витратою енергії на опалення, що забезпечує власні енергетичні потреби.

Концепція «будівлі з нульовим енергоспоживанням» (ZEB, Zero Energy Building) отримала розвиток в США і Канаді. В цілому концепція ZEB має ряд схожих рис зі стандартом пасивного будинку (Passivhaus), але існує і ряд

відмінностей. ZEB приділяє підвищену увагу використанню альтернативних джерел енергії, наприклад, вітрових генераторів або сонячних батарей на основі фото-електричних перетворювачів.

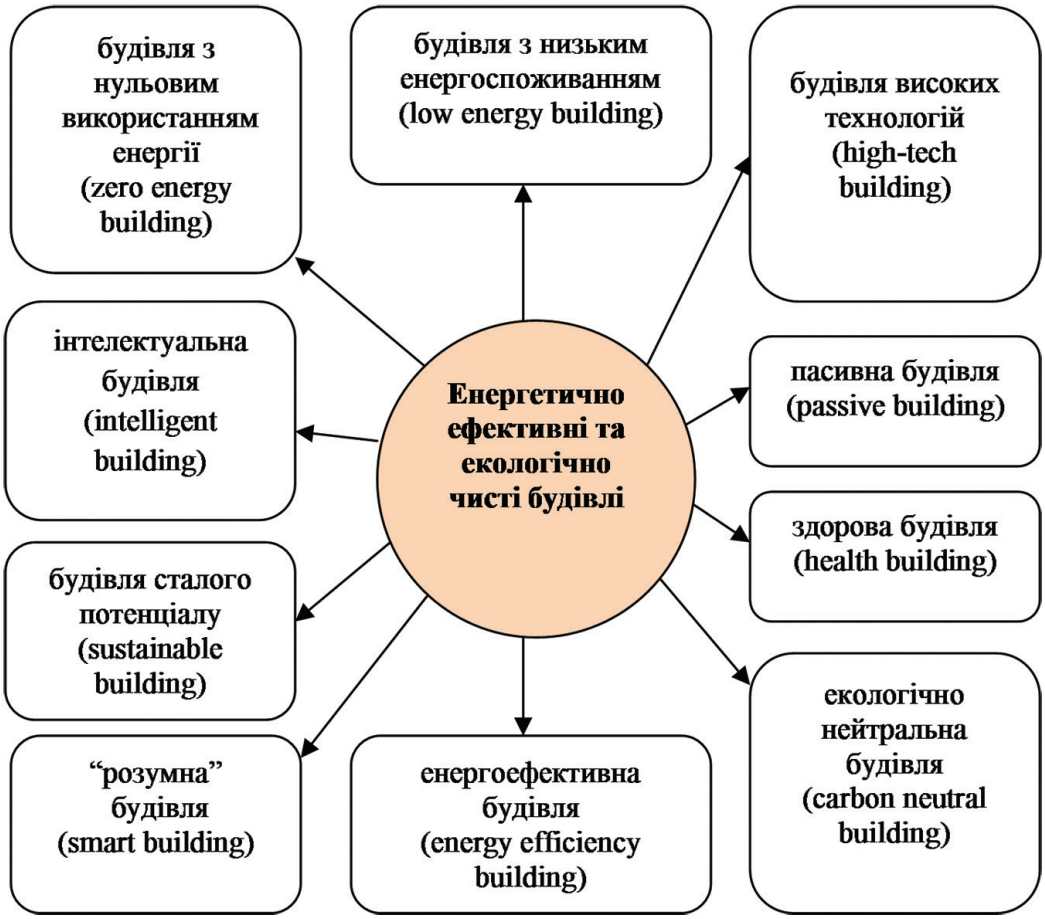


Рис. 1.1. Класифікація енергетично ефективних та екологічно чистих будівель

Пасивна будівля (passive building) – будівля, в якій передбачено спеціальні заходи, щодо використання нетрадиційних (поновлюваних) джерел енергії, які суттєво впливають на зниження споживання енергії у порівнянні з традиційними джерелами.

Концепція «пасивної будівлі» була розроблена професором Бо Адамсоном в 1988 році при проведенні досліджень в університеті Лунда в Швеції. Перша вимога, пред’явлена до такого будинку – можливість обійтися мінімальним опаленням в умовах суворих скандинавських зим. Альтернативою зовнішнього опалення повинні були стати внутрішні джерела тепла, джерела сонячної енергії, проникаючої у вікна і нагріваючої повітря.

Теплоізоляція пасивного будинку є одним з найважливіших елементів при проектуванні і будівництві огороджувальних конструкцій пасивного будинку.

Конструкції стін, покрівлі, фундаменту повинні відповідати високим вимогам теплового опору. Матеріал і товщина теплоізоляційного шару визначаються відповідно до вимог, за якими, коефіцієнт теплопередачі огороджувальної конструкції «U» не повинен перевищувати значення 0,15 Вт/м^2·К.

Здорова будівля (health building) – будівля, в якій пріоритет при виборі енергозберігаючих технологій мають технічні рішення, які одночасно сприяють поліпшенню мікроклімату приміщень та захисту навколишнього середовища, побудовані з використанням екологічно чистих матеріалів.

Енергоефективна будівля «Pearl River Tower», Китай

Green building «SOLARIS», Сінгапур

Будівля високих технологій «City hall», Лондон

Рис. 1.2. Енергетичноефективні будівлі

Розумна будівля (smart building) – автоматизована будівля, організована для зручності проживання людей за допомогою високотехнологічних пристроїв.

Інтелектуальна будівля (intelligent building) – будівля, в якій, з точки зору теплопостачання та кліматизації, на основі застосування комп'ютерних технологій, оптимізовані потоки тепла і маси в приміщеннях та огороджувальних конструкціях.

Концепція інтелектуальної будівлі – основним критерієм ефективності проекту інтелектуальної будівлі є якість її взаємодії з мешканцями. Взаємопов'язана робота автоматизованих будинкових та квартирних систем забезпечує «інтелект» житлового середовища.

До основних систем інтелектуальних будівель відносяться [60]:

- система керування вентиляцією та кондиціонування повітря;
- система управління тепло – та водопостачанням;
- система управління електропостачанням;

- система управління освітленням;
- система керування поновлюваними джерелами енергії.

Для побудови інтелектуального будинку необхідно дотримуватися принципу «відкритості систем», «відкритої архітектури «. Під відкритістю розуміється наявність єдиного протоколу взаємодії устаткування різних виробників. Важливо, щоб технічні пристрої були сумісні між собою і являли єдине ціле.

Будівля високих технологій (high-tech building) – будівля, в якій економія енергії, якість мікроклімату та екологічна безпека досягаються за рахунок використання технічних рішень, заснованих на ноу-хау.

Екологічно нейтральна будівля (carbon neutral building) – це будівля, в якій кількість і якість спожитої енергії не викликають суттєвих порушень стану навколишнього середовища.

Будівля сталого потенціалу (sustainable building) – будівля, що знаходиться в екологічній рівновазі з людиною і довкіллям.

1.2. Світовий досвід проектування та будівництва енергоефективних будівель

Квартал BEDZED в Лондоні *(рис. 1.3.-1.4.)*

BEDZED (Beddington Zero Energy Development) – комплекс будівель, розташований в 15 км від Лондона, в якому реалізовані інноваційні «зелені» будівельні технології. Кожен будинок має теплоізоляційну оболонку, використані тришарові склопакети і системи рекуперації енергії. Дощова вода збирається і використовується для технічних потреб, сміття сортується та переробляється. Розтруби на дахах будівель – це приводи витяжної системи вентиляції, що працюють від сили вітру. Ця яскрава архітектурна деталь не тільки дозволяє здалеку впізнати BEDZED, але й економити енергію. Швидкість вітру на висоті даху завжди постійна, близько 4 м/с, що забезпечує роботу вентиляції без електрики.

Рис. 1.3-1.4. Квартал BEDZED у Лондоні

BEDZED позиціонується як проект з мінімальним викидом CO_2 в атмосферу. При будівництві використовувалися тільки ті матеріали, які згодом легко утилізувати. У проекті повністю відмовилися від використання невідновлюваної енергії, одержуваної від спалювання нафти і газу. Тепло та електрику виробляє станція, де спалюються відходи деревини. Частину гарячої води для потреб опалення та водопостачання тут отримують від сонячних колекторів на дахах будівель [71].

Німецький квартал Вобан (VAUBAN) у Фрайбурзі *(рис. 1.5.)*

Німецький квартал Вобан (Vauban) у Фрайбурзі, побудований на місці французької військової бази у 2000 році, є одним з європейських експериментальних еко-районів, своєрідним полігоном для «зеленого» будівництва та вивчення реальної ефективності нових еко-технологій [77].

Основна частина району Вобан – це сотня будинків, побудованих за стандартами наднизького споживання енергії (стандарт Passivhaus, «Пасивний будинок»). Найяскравіша частина кварталу Вобан – «Сонячне поселення», що складається з 59 енергетично активних будівель. Вони не тільки забезпечують свої потреби за рахунок енергії вітру і сонця, а й передають надлишки в міську мережу. Архітектор РольфДіш багато років просував ідею енергоактивних будинків, але саме в цьому проекті вона отримала розвиток. Діш побудував будівлі з дерева, але потім «обернув» їх в ефективний утеплювач товщиною 35 см. На даху кожного будинку встановлені потужні сонячні батареї. Типовий енергоефективний будинок в Вобаном виробляє в півтора рази більше енергії, ніж споживає.

Рис. 1.5. Німецький квартал Вобан (VAUBAN) у Фрайбурзі

Район ЕКО-ВІІККІ (ECO-VIIKKI) в Фінляндії *(рис.1.6.)*

Район Еко-Віккі (Eco-Viikki) – це новий університетський кампус та дослідницький центр біотехнологій Технологічного університету в передмісті Гельсінкі.

Обов'язкові елементи кожного будинку – засклені балкони, водозберігаюча сантехніка, системи для збору дощової води. Більшість будівель мають добре утеплення, повністю засклені південні фасади. За рахунок них взимку будинки висвітлюються і частково нагріваються. В районі також побудовано декілька експериментальних житлових і громадських будівель з використанням натуральних матеріалів (зокрема, соломи) і накопичувачів енергії. Завдяки встановленим на дахах сонячним батареям, загальна площа яких перевищує 1400 м^2, район частково виробляє енергію сам.

Відповідно з підвищеними вимогами до теплозахисту огороджувальні конструкції виконані з енергозберігаючих матеріалів з ефективною теплоізоляцією:

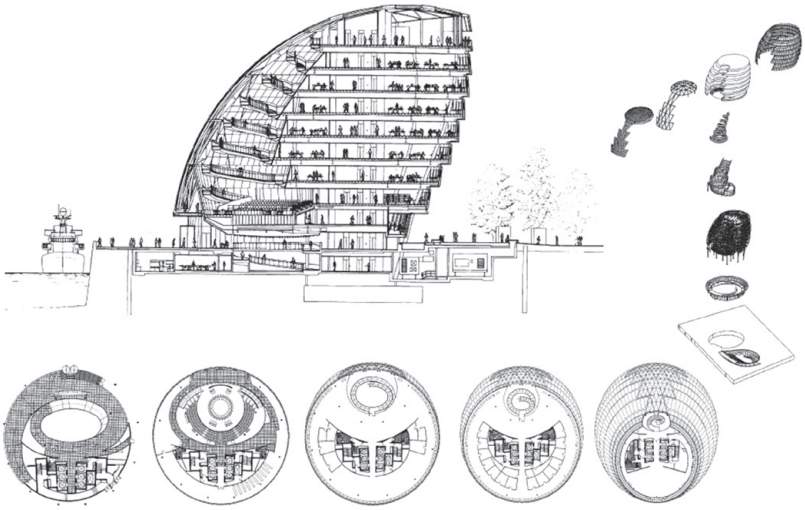
- зовнішні стіни зроблені з дерев'яних елементів, виготовлених у заводських умовах;
- фасадне облицювання виконане з використанням паперу, зробленого з паперових відходів;
- конструкція підлоги представляє собою комбінацію системи підлогового опалення, яке зберігає тепло бетонної основи.

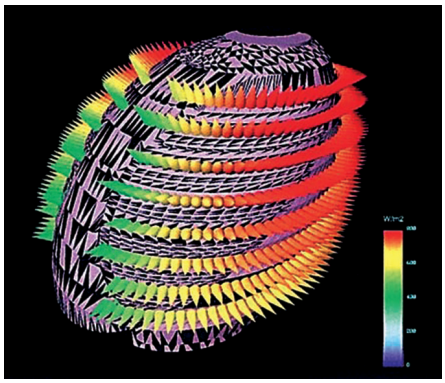
Система тепло та електропостачання житлових будівель, крім підключення до міських мереж централізованого тепло – та електропостачання, включає в себе найбільшу в Фінляндії установку з використання сонячної енергії [77].

Рис. 1.6. Район ЕКО-ВІІККІ (ECO-VIIKKI) у Фінляндії

Прикладом обґрунтованого вибору архітектурної форми та орієнтації будівлі *з урахуванням спрямованого впливу сонячної радіації* є нова ***будівля мерії Лондона*** (архітектор Сер Норман Фостер) (рис.1.7.-1.9.)

Незвичайна форма будівлі мерії Лондона визначається енергетичним впливом зовнішнього клімату на оболонку будівлі та дозволяє найкращим чином використовувати позитивний і максимально нейтралізувати негативний вплив зовнішнього клімату на енергетичний баланс будівлі.





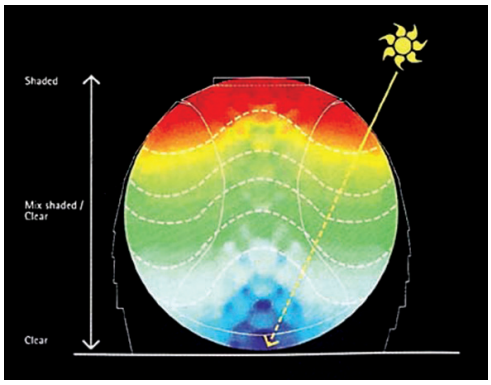


Рис.1.7. Будівля мерії Лондону та комп'ютерне моделювання тепловитрат і теплонадходжень через оболонку будівлі

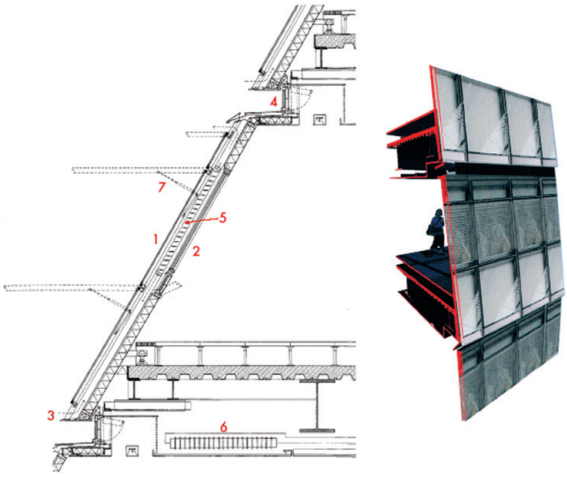


Рис. 1.8. Схема конструкції північного фасаду будівлі мерії Лондону:
1 – зовнішня оболонка подвійного фасаду; 2 – внутрішня оболонка подвійного фасаду; 3 – отвір для надходження повітря в приміщення; 4 – отвір для видалення повітря з приміщення; 5 – штора-жалюзі; 6 – охолодження стелі; 7 – пристрої відкривання вікон

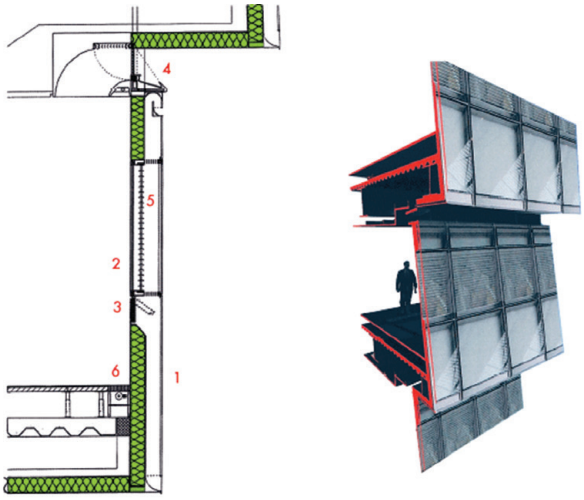


Рис. 1.9. Схема конструкції південного фасаду будівлі мерії Лондону:
1 – зовнішня оболонка подвійного фасаду; 2 – внутрішня оболонка подвійного фасаду; 3 – отвір для надходження повітря в приміщення; 4 – отвір для видалення повітря з приміщення; 5 – штора-жалюзі; 6 – конвектор

Для визначення форми, орієнтації та розмірів будинку використовувалися методи комп'ютерного моделювання. Були побудовані математичні моделі навантаження на систему кліматизації в літній та зимовий період з урахуванням тепловтрат і теплонадходжень через оболонку будівлі. Враховувався спрямований вплив зовнішнього клімату на оболонку будівлі. Аналіз цих моделей дозволив визначити форму будівлі, наближену до оптимальної, при цьому в якості «точки відліку» були вибрано значення максимально допустимих теплонадходжень від сонячної радіації через одиницю площі зовнішніх огороджувальних конструкцій в літній період. Розрахунки дозволили вибрати форму, орієнтацію і розмір будівлі, площу і розташування світлопрозорих огороджувальних конструкцій, які дали можливість у теплий період року мінімізувати вплив сонячної радіації на оболонку будівлі і знизити витрати на його охолодження. Мінімізація потреби в охолодженні будівлі в літній період дозволила,

в свою чергу, відмовитися від традиційної системи кондиціонування повітря – для охолодження використовуються ґрунтові води з відносно низькою температурою [66].

Прикладом вибору архітектурної форми та орієнтації будівлі з *урахуванням спрямованого впливу вітру* є ***стадіон «Sapporo Dome»*** в Японії (архітектор Хіроші Хара) *(рис. 1.10.)*

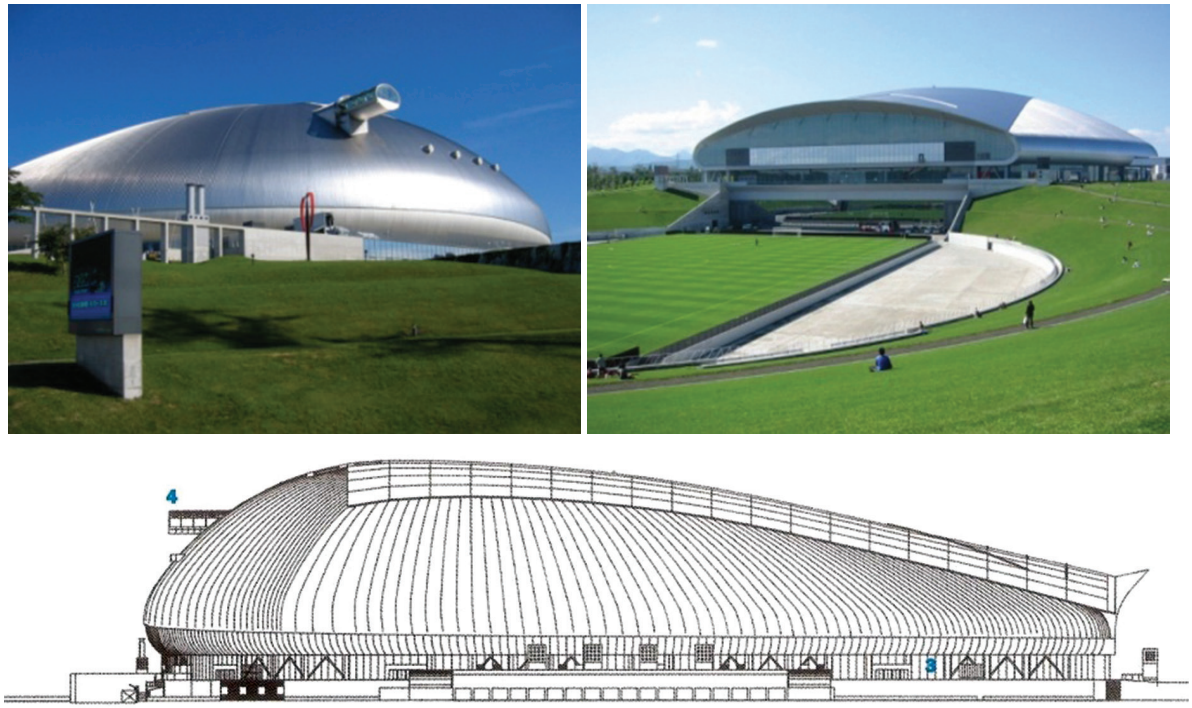


Рис. 1.10. Стадіон «Sapporo Dome» (архітектор Хіроші Хара)

Вибір форми та орієнтації куполу стадіону «Sapporo Dome» був обумовлений мінімізацією снігового навантаження та зменшенням впливу холодних північно-західних вітрів. Накопичення снігу на поверхні купола зведено до мінімуму, так як велика вісь куполу орієнтована уздовж переважаючого напрямку вітру. Профіль покрівлі – аеродинамічний сприятливий для здування снігу. На західній стороні стадіону розміщена група дерев, що утворює сніго- та вітрозахисну смугу. З метою уникнення снігових заметів всі в'їзди в спорткомплекс виконані підземними.

При проектуванні перед архітектором була поставлена задача забезпечення сонячним освітленням стадіону протягом щонайменш чотирьох годин для нормального росту трави. Традиційно для цього використовуються розсувні або зсувні покриття, проте велике снігове навантаження не дозволяло використовувати таке рішення. Єдиним варіантом залишалося переміщення самого футбольного поля. Природний футбольний газон розміром 120 на 85 метрів важить

8300 тонн. Це перша в світі «висяча арена», яка переміщається зі швидкістю 4 метри за хвилину за допомогою 34 коліс. Футбольна арена встановлюється поза стадіоном на відкритому майданчику. Арена може розгортатися, орієнтуючись на сонячне освітлення, що дозволяє поліпшити умови росту трави на газоні.

Будинок-вежа Suite Vollard *(рис. 1.11.)* побудований у бразильскому місті Курітіба – це перший у світі будинок, 11 поверхів якого обертаються на 360° незалежно один від одного [60]. Будинок збудований у стилі «revolving house», що означає, здатність споруди обертатися навколо своєї осі. Новітні будівельні технології дозволили обертати кожен поверх окремо, незалежно від інших. Квартири обертаються навколо статичною основи, всередині якої прокладені комунікації і знаходяться кухні і ванні кімнати. Вікна з подвійними склопакетами різного кольору – блакитного, золотистого або сріблястого – забезпечують теплоізоляцію та економію енергії до 50 %, навіть при використанні систем кондиціонування та опалення.

Рис. 1.11. Будинок-вежа Suite Vollard

Будівництво Suite Vollard стало початком шляху до створення ще більш складних проектів, таких як, наприклад, Rotating Tower («Обертова вежа») в Дубаї.

Обертові будинки побудовані вже в США, Канаді, Англії, Франції, Австралії, Новій Зеландії. Виникли фірми, що спеціалізуються на будівництві таких будинків [66].

«Сонячний будинок» м. Каппельродек, Німеччина *(рис.1.12.)*

Односімейний сонячний будинок розташований в м. Каппельродек, графство Ортенау, Баден-Вюртемберг, Німеччина. Будинок цікавий тим, що знаходиться на широті 48035', приблизно на цій самій широті знаходиться м. Дніпропетровськ – 48027', це дозволяє застосувати аналогічні підходи та технології для будівництва енергоефективних будівель, які знаходяться у I кліматичній зоні України.

У будинку застосовується активна система сонячного опалення. На південному схилі покрівлі розташовані плоскі сонячні колектори. З боків південного та північного скатів покрівлі розташовані фотоелектричні сонячні панелі. Теплоізоляція зовнішніх стін і даху: 30 см деревного волокна, натомість у звичайному будинку застосовується від 12 до 16 см теплоізолюючого шару.

Коефіцієнт теплопровідності зовнішньої оболонки будинку:

Дах: $U = 0,12\ W / m^2 K$;

Підвал: $U = 0,12\ W / m^2 K$;

Стіни $U = 0,11\ W / m^2 K$

Конструкції будинку представлені дерев'яними панелями. Особливістю цих панелей є здатність до гарного поглинання і вивільнення вологи через масивні дерев'яні стіни. Для зовнішньої обробки будинку використовується біла акація, для внутрішньої обробки – біла ялина. ***Конструкція стіни*** (зсередини назовні): глиняна штукатурка Claytec: 2 см; дерев'яні стінові панелі (Lignotrend): 11 см; ізоляція деревним волокном 30 см; деревоволокнисті плити: 2 см; зовнішня дерев'яна обшивка: 7 см. ***Вікна***: дерев'яні рами з потрійним склінням, $U = 0,75\ W / m^2 K$. Система вентиляції з рекуперацією тепла та енергозберігаючими вентиляторами DC. Грунтовий теплообмінник [64].

Екодома серії Solar, м. Владивосток, Росія *(рис. 1.13.-1.17.)*

Індивідуальні житлові будинки та туристичні модулі з сонячним опаленням та сонячним охолодженням, спроектовані в 2006-2010 р. у м Владивосток. Автономність будинків від зовнішніх джерел теплопостачання від 35 до 81% залежно від комплектації. Перевага проектів у тому, що вже на стадії архітектурного рішення, без використання активних систем, частка сонячного опалення в теплопостачанні будинку складає від 35 до 57% в морозні погоди з вітром 10-15 м/с і морозом 15С° [69].

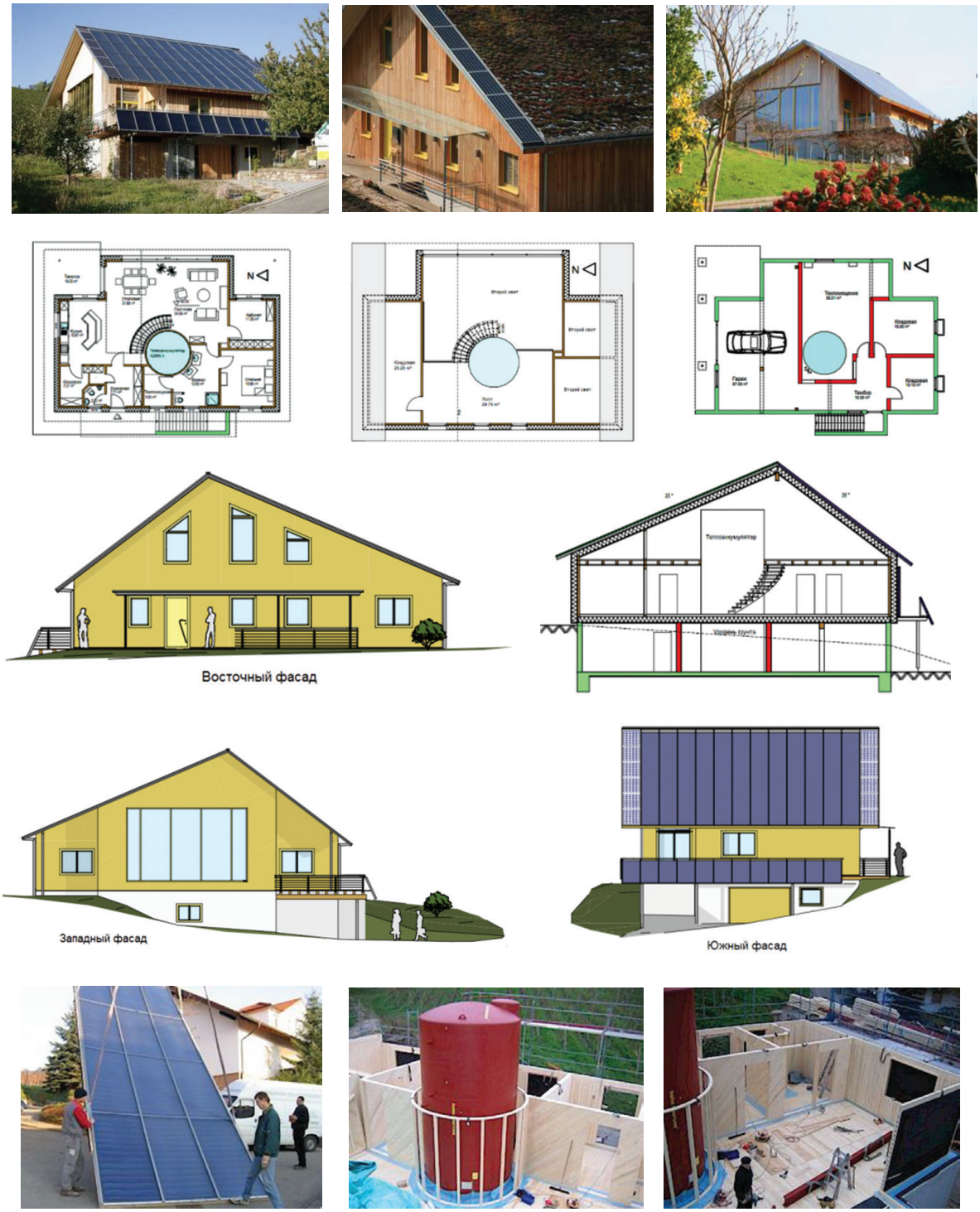


Рис. 1.12. Односімейний сонячний будинок розташований
в м. Каппельродек, графство Ортенау, Баден-Вюртемберг, Німеччина [69]

Рис.1.13. Екодома SOLAR (архітектор П. Казанцев) [69]

Рис. 1.14. Екодома SOLAR-K (архітектор П. Казанцев) [69]

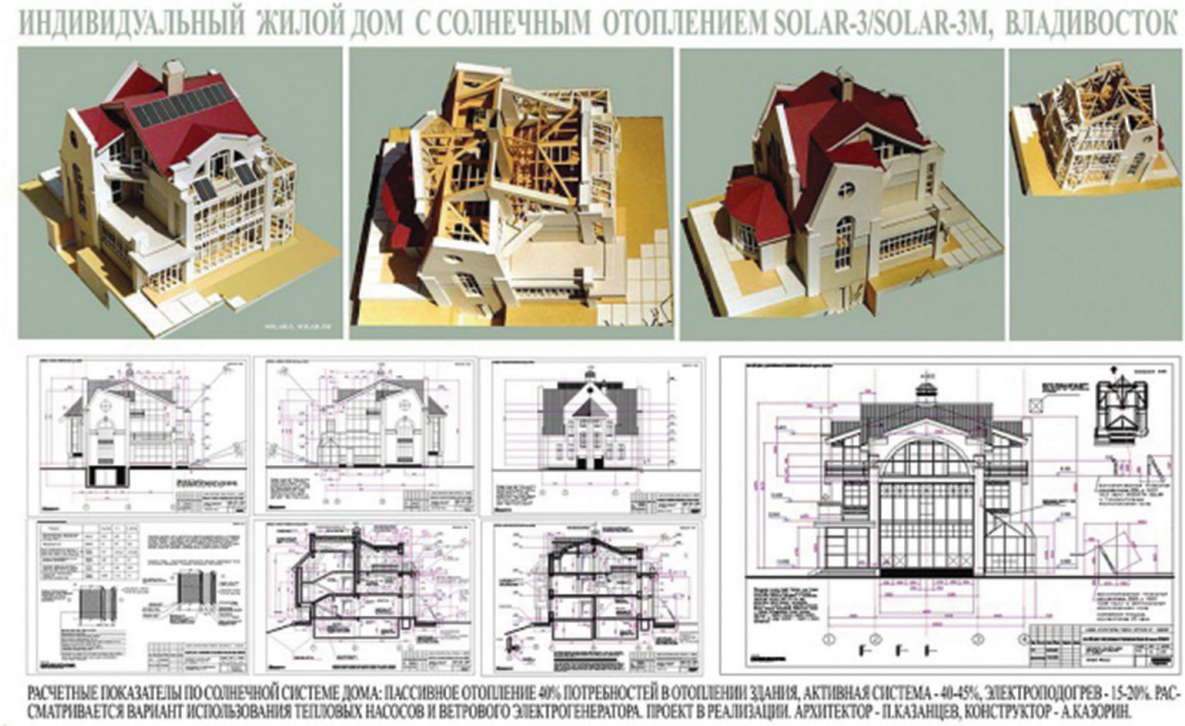


Рис. 1.15. Індивідуальний житловий будинок з сонячним опаленням SOLAR3/SOLAR-3M. Архітектор П. Казанцев, конструктор А. Казорін [69]

Рис. 1.16. Індивідуальний житловий будинок з сонячним опаленням SOLAR-5M / SOLAR -5S [69]

Рис. 1.17. Житловий каркасний екомодуль SOLAR 5M [69]

1.3. Енергозберігаючі будівлі з використанням сонячної енергії

Одним з додаткових енергетичних джерел може бути сонячна енергія, а також сонячне випромінювання, акумульоване у вигляді тепла.

Системи сонячного енергозабезпечення поділяються на **«пасивні», «активні» та змішані** (рис. 1.18.) [72].

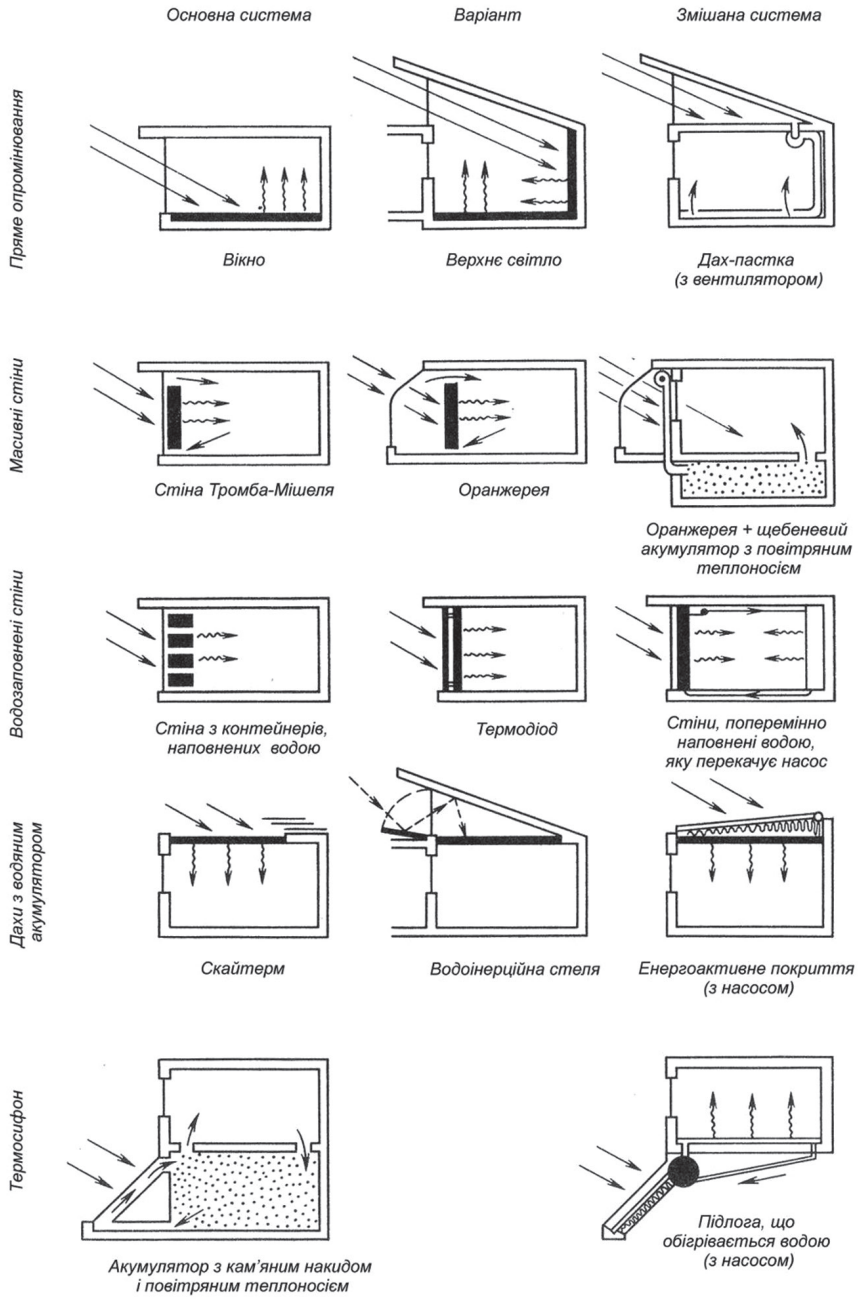


Рис. 1.18. Системи сонячного енергозабезпечення [72]

В «активних» системах використовуються різні пристрої та прилади, які, акумулюють в собі сонячну енергію і передають її споживачеві у вигляді тепла (опалення та підігрів води) або у вигляді електрики.

«Пасивні» системи засновані на застосуванні архітектурних та конструктивних рішень для підвищення ступеня використання сонячної радіації та зниження теплових витрат будівлі без застосування геліотехнічного обладнання, замість нього використовуються елементи будівлі як накопичувачі сонячної енергії.

1.3.1. Пасивні системи опалення будинку

В «активних» системах використовуються різні пристрої та прилади, які, акумулюють в собі сонячну енергію і передають її споживачеві у вигляді тепла (опалення та підігрів води) або у вигляді електрики.

«Пасивні» системи засновані на застосуванні архітектурних та конструктивних рішень для підвищення ступеня використання сонячної радіації та зниження теплових витрат будівлі без застосування геліотехнічного обладнання, замість нього використовуються елементи будівлі як накопичувачі сонячної енергії. Пасивні системи можна розділити на три групи: системи з прямим сонячним обігрівом, системи з інсольованим об’ємом та системи з обігрівом термоаккумулюючого елементу.

Системи з прямим сонячним обігрівом. Дана система є традиційною та найбільш простою. Сонячні промені, потрапляючи в будівлю через скління, нагрівають приміщення, при цьому, скління має бути орієнтоване на південь (допустимо відхилення на 20 °). В якості акумулятора тепла використовується підлога та внутрішні стіни, виконані з матеріалу з високою теплоємністю – цегли або каменю. В деяких варіантах пасивних систем на певній відстані від вікна встановлюють низьку перегородку (висотою не більше 1 м), яка частково бере на себе роль геліоприймача та теплового акумулятора.

Принципи проектування будинків з прямим сонячним обігрівом:

1) Захист вікон від великої теплопровідності:

а) теплоізоляційні віконниці;

б) застосування скління типу «теплове дзеркало».

2) Захист від перегріву влітку:

а) навіси;

б) регульоване затінення (стаціонарні або рухомі жалюзі);

в) зелені насадження (листяні).

3) Акумулювання тепла в підлогах, стінах, камінах:

а) виготовлення акумулюючих конструкцій з каменю, бетону або цегли;

б) акумулюючі конструкції повинні бути масивними (товстими);

в) оздоблення поверхонь акумулюючих конструкцій повинне бути темним.

Для даного способу використання сонячної енергії характерна орієнтація основних приміщень на південь.

Системи з інсольованим об'ємом. Ця система відрізняється від системи з прямим сонячним обігрівом тим, що сонячними променями нагрівається нежитлове, неопалюване приміщення. Це приміщення або примикає до південного фасаду будівлі або вбудовується в нього (sun space» – сонячний простір або геліотеплиця). Головним завданням геліотеплиці є нагрівання в ній повітря, завдяки великим заскленим поверхням. Нагріте повітря поширюється по решті приміщень або природним шляхом, або за допомогою примусової вентиляції, що вмикається системою датчиків, при досягненні певної температури повітря в теплиці. Дана система сонячного обігріву, безсумнівно, володіє рядом переваг, порівняно з попередньою, бо надходження нагрітого повітря в житлові приміщення можна контролювати. Тому, такий вид сонячного обігріву отримав широке поширення при проектуванні малоповерхових житлових будівель.

За архітектурним рішенням і розташуванню щодо житлових приміщень геліотеплиці розрізняють [23]:

а) окремо розташована геліотеплиця;

б) геліотеплиця, що примикає до основного житлового об'єму;

в) геліотеплиця, розташована під спільним дахом з житловим об'ємом;

г) вбудована в житловий об'єм геліотеплиця;

д) циркуляція теплого повітря навколо будинку (будинки з «подвійною оболонкою») (з двома оболонками).

Принципи проектування будинків з системами з інсольованим об'ємом аналогічні принципам проектування будинків з прямим сонячним опаленням. До них додається ще необхідність у розрахунках циркуляції теплого повітря по житловим приміщенням з геліотеплиці і спосіб даної циркуляції (природний або штучний).

Перевага цієї системи полягає в:

а) наявності простору, нежитлового, в якому підігрівається повітря перед потраплянням його в житлові приміщення;

б) можливість контролю потрапляння нагрітого повітря в житлові приміщення;

в) використання сезонного зонування, тобто геліотеплиця – це тільки літнє приміщення;

г) створення буферної (часто зеленої) зони між «вулицею» та внутрішнім простором будинку.

Системи з обігрівом термоакумулюючого елементу

У будинку з системою з обігрівом термоакумулюючого елементу тепло (або прохолода) передаються в житлові приміщення за рахунок огороджувальних конструкцій (стіна або дах).

Існує шість різних систем:

а) система Тромбу-Мішеля, Франція;

б) система Байера, США;

в) термосифонна система Андерсена, США;

г) система «стіна-поглинач», Великобританія;

д) система Лефевра, США;

е) система «скай-терм» (sky-therm) Гарольда Хея, США.

Система Тромбу-Мішеля. Зазвичай це товста стіна (кам'яна, бетонна або цегляна) з темною поглинаючою поверхнею, захищена зовні одним або двома шарами скла. Близько рівня підлоги і стелі розташовані отвори (продухи) для входу і виходу повітря. Радіація поглинається поверхнею стіни, яка нагрівається та нагріває повітря в прошарку між стіною та склом. Повітря розширюється, стає легше, і починається термосифонна циркуляція, в результаті якої тепле повітря потрапляє в кімнату через верхні продухи і, нагріваючи кімнату, самостійно охолоджується, потім через продух біля рівня підлоги знову надходить до геліоприймача після чого цикл повторюється (рис. 1.19.).

Система Байєра. Система, в якій стіни, звернені на південь, складені з циліндричних ємностей по 200 літрів кожна, ємності наповнені водою та поставлені одна на одну. Кожна така стіна складається приблизно з 20 циліндричних ємностей і має зовнішнє огородження у вигляді одношарового скління. Віконниці, які вночі закривають стіну, в інший час доби, лежать на землі та відбивають своєю поверхнею сонячне світло, направляючи його для додаткового нагріву на стінові циліндри. Циліндри, забарвлені в чорний колір, поглинають сонячну радіацію, яку за допомогою випромінювання, теплопровідності та конвекції передають в житлове приміщення. Влітку система діє навпаки – вдень віконниці піднімають у вертикальне положення, перешкоджаючи проникнення тепла та утримуючи прохолоду, а вночі ізолюючі віконниці опускають і циліндри охолоджуються до нічної температури повітря.

Термосифонна водяна стіна. Це система, в якій водяні радіатори, пофарбовані в чорний колір, розташовані між склінням південного фасаду та внутрішнім приміщенням. Вода переміщюється вздовж контура цієї системи, завдяки

природній циркуляції, і зберігається в баках, які знаходяться над цією стіною, в горищному приміщенні (рис. 1.20.)

Система «Стіна-поглинач». На південному фасаді будинку встановлено металеві панелі, забарвлені в чорний колір. Повітря у зазорі між зовнішньою стіною та панелями нагрівається від контакту з металом, піднімається вгору і засмоктується в кімнату за допомогою вентилятора.

Система Лефевра. Система, в якій необхідне скління другого поверху будинку. На невеликій відстані від скління розташовується термоакумулююча стіна. Тепло накопичується в цій стіні, а потім передається проміжному простору другого поверху, нагріваючи термоакумулююче міжповерхове перекриття, яке далі, віддає тепло житловому приміщенню на першому поверсі (рис. 1.21)

Система скай-терм (sky-therm). Ця система заснована на принципі почергового нагрівання та випаровування. Поглинання і акумулювання сонячної енергії здійснюється лотком з водою, глибиною 21 см, встановленим на плоскій покрівлі. Лоток зроблений з чорних поліетиленових секцій, які покриваються важкими поліуретановими пластинами завтовшки 4,5 см. Взимку вдень лоток відритий і вода нагрівається сонячними променями. Взику вночі лоток закривається теплоізолюючою плитою, а будинок обігрівається через стелю. Влітку лоток залишають відкритим вночі і закривають вдень.

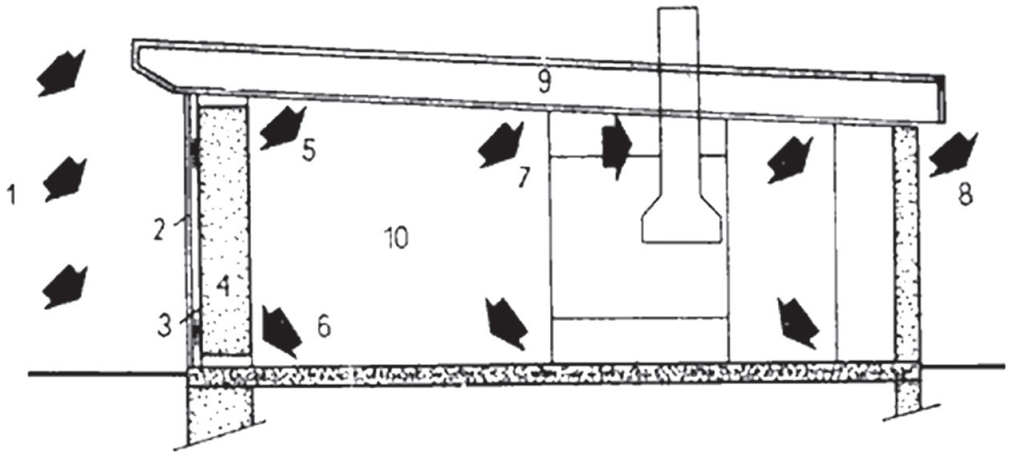


Рис. 1.19. Схема сонячної опалювальної системи Тромбу-Мішеля:

1 – радіація; 2 – скління (45 м^2); 3 – повітряний прошарок; 4 – бетонні стіни, що акумулюють тепло; 5 – рух теплого повітря в житлове приміщення; 6 – холодне повітря; 7 – циркуляція теплого повітря в кімнаті; 8 – випуск повітря; 9 – сталева трубчаста конструкція даху; 10 – житловий простір

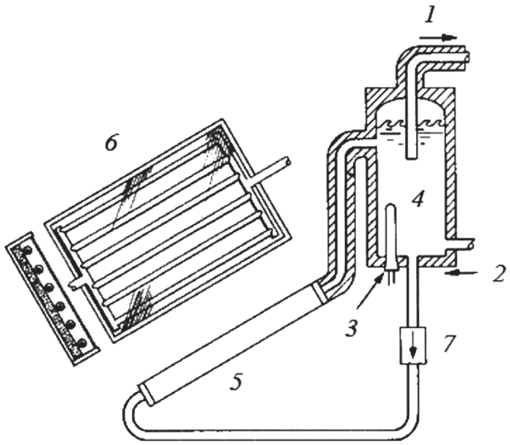


Рис. 1.20. Термосифонна водяна стіна:

1 – гаряча вода; 2 – холодна вода; 3 – додатковий нагрівач; 4 – бак; 5 – колектор (вид збоку); 6 – колектор (вид зверху і поперечний переріз); 7 – вентиль.

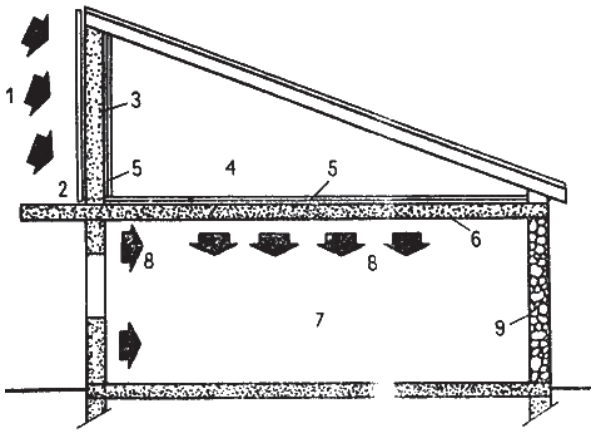


Рис. 1.21. Сонячна опалювальна система Лефевра:

1 – радіація; 2 – скло; 3 – теплонакопичувальна стіна із зовнішньою поверхнею чорного кольору; 4 – простір; 5 – утеплювач; 6 – стеля-теплонакопичувачів; 7 – житлова кімната; 8 – віддача. тепла; 9 – утеплена стіна з північного боку.

1.3.2. Активні системи сонячного теплопостачання

Активні системи сонячного теплопостачання – системи, що містить геліотехнічне та звичайне теплотехнічне обладнання і призначені для забезпечення теплопостачання будівлі. Активна система відрізняється поліфункціональністю, її можна використовувати для опалення, охолодження та гарячого водопостачання. Цей фактор пояснює переважання геліобудинків з активною системою. У цих будинках немає визначених вимог до взаємного розміщення приміщень. Проте архітектура (зовнішній вигляд) будинків даного типу визначається характером розташування сонячних колекторів відносно об’ємної структури будівлі.

Активні системи сонячного теплопостачання технічно можна розділити на дві групи:

- у яких використовуються сонячні колектори (рис. 1.22);
- у яких використовуються фотоелементи.

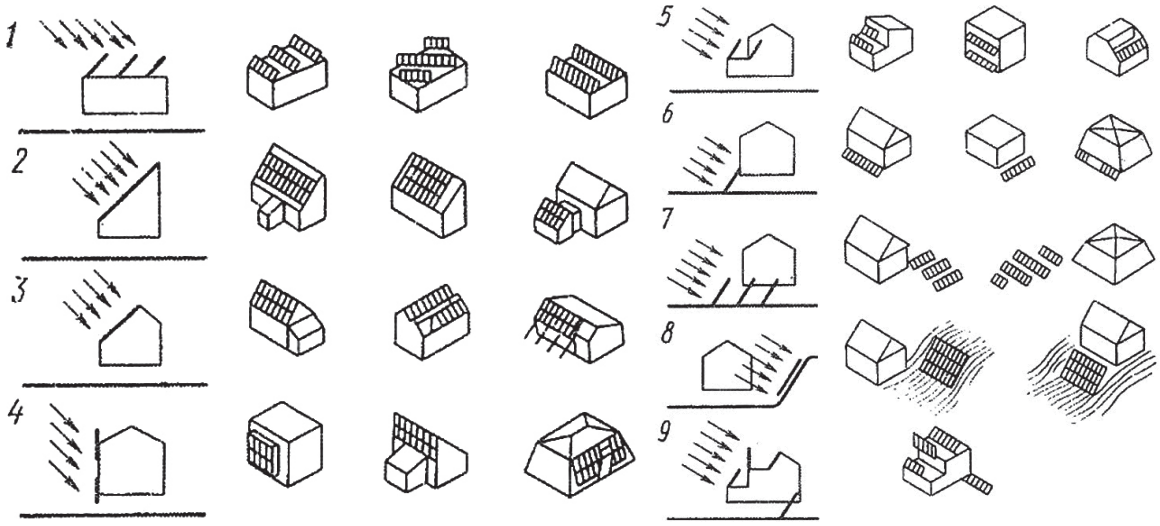


Рис. 1.22. Основні типи сонячних колекторів у залежності від їх розміщення на будівлях:
1 – змонтовані на плоскій покрівлі; 2 – змонтовані на односкатній покрівлі;
3 – те саме на двоскатній покрівлі; 4 – вертикальні та похилі на стінах;
5 – балконні та на лоджіях; 6 – цокольні; 7 – наземні;
8 – наземні на схилах рельєфу; 9 – комбіновані [72].

Питання для самоперевірки по першому розділу навчального посібника

1. *Назвіть основні концепції енергетичноефективних будівель*
2. *У чому полягає концепція пасивного будинку?*
3. *Наведіть декілька прикладів проектування та будівництва енергоефективних будівель*
4. *Які енергоефективні квартали Вам відомі?*
5. *Які системи сонячного енергозабезпечення Ви знаєте?*
6. *Назвіть пасивні системи опалення будинку*
7. *Назвіть активні системи опалення будинку*
8. *Поясніть принцип роботи системи Тромбу-Мішеля*
9. *Поясніть принцип роботи системи скай-терм*
10. *У чому полягає різниця між пасивними та активними системами опалення будинку?*