

РОЗДІЛ 1

Енергозбереження в будівельних технологіях

У першому розділі навчального посібника викладений теоретичний матеріал у вигляді основних понять і положень, який переважно стосується питань підвищення енергоефективності будівель. Наведені ті практичні методики, які найбільш застосовані в будівлях та мають загальнохарактерні риси існуючої різноманітності конструктивних рішень.

Необхідно зазначити, що переважна більшість систем енергозабезпечення будівель житлового фонду, який був зведений у минулому столітті, побудовані на базі типових рішень і характеризуються низькою проектною ефективністю та неприйнятними обсягами витрат щодо споживання енергії порівняно із сучасними показниками енергоефективності. Вибір технічних рішень, що забезпечують збільшення ефективності, аналіз ефективності споживання енергії базується на проведенні відповідного обстеження систем енергозабезпечення будівель.

1.1 Визначальні напрямки з підвищення енергоефективності будівель

На сучасному етапі розвитку технологічних рішень із підвищення ефективності під час використання енергоносіїв основним чинником у напрямку з енергозбереження в будівлях є рівень збереження теплової енергії, тому що кількість матеріальних і фінансових ресурсів, які витрачаються на теплозабезпечення, набагато більші, ніж витрати на системи освітлення, електропостачання та вентиляції. Збереження теплової енергії є основним завданням, вирішення якого впливає на

організацію роботи інших пов'язаних із нею енергетичних систем.

Для вирішення завдання з ефективного використання енергоносіїв у будівлях існує багато інженерних методів, матеріалів, технологій. Убачається за необхідне розглянути теоретичний матеріал, що являє собою загальну фундаментальну інформацію, який формує шляхи самостійного вибору необхідних методів з енергозбереження в будівлях.

Системи теплопостачання є одними з найбільш енергоємних систем. Тому все частіше використовуються програми з енергоощадності, запроваджуються різні енергозберіжні проєкти та технології для зменшення енергоємності в житловому комплексі з метою підвищення енергоефективності систем теплопостачання. Основними заходами, спрямованими на зменшення витрат на теплопостачання будівель є: утеплення огорожувальних конструкцій, горищного й дахового перекриття, підвалів; заміна та модернізація вікон і дверей або їх ущільнення; зменшення площі скління огорожувальних конструкцій; установлення тепловідбивних рефлекторних екранів за опалювальними приладами; запровадження технологій керування внутрішньою температурою приміщень у нічний та неробочий часи, що дає можливість знизити споживання теплоти приблизно на 5–10 %; встановлення ефективного теплообмінного обладнання в тепlopунктах; запровадження системи моніторингу обсягів теплоспоживання та ін.

Необхідно зазначити, що першочерговим заходом із модернізації систем теплопостачання повинно бути встановлення приладів обліку теплової енергії. Зазначена технологія є базовою щодо подальшого обґрунтування запровадження можливих проєктів з енергозбереження, дає технічну можливість для моніторингу споживання

енергоресурсів та можливість виявити факти з їх понаднормативної витрати. Обсяги споживання теплоти на опалення, зафіксовані приладами обліку, залежать від геометричних параметрів будівель, теплозахисних характеристик їх огорожувальних конструкцій та режимів теплоспоживання для підтримання нормативного теплового комфорту в приміщеннях.

Стратегічним напрямком розвитку сучасних технологій у державі, зокрема й у сфері будівництва, є зменшення споживання енергоресурсів. У напрямку енергозбереження будівель велике значення приділяється підвищенню теплозахисту їх огорожувальних конструкцій.

Із загального обсягу споживаної теплової енергії у житлово-будівельній сфері найбільша частка витрачається на опалення, все інше – на виробництво будівельних матеріалів та на саме будівництво. Для зменшення надвеликих обсягів енергоспоживання будинків державними органами введені нові нормативи щодо теплозахисту будівель, які передбачають послідовне зниження енергоспоживання шляхом збільшення в середньому вдвічі величини опору теплопередачі стінових конструкцій і скорочення тепловтрат різних конструктивних елементів.

Найбільшу увагу у вирішенні цієї проблеми приділяють не лише новому будівництву, а й існуючому фонду житлових і громадських будинків, що експлуатуються, теплотехнічні характеристики яких не задовольняють сучасні вимоги з енергозбереження. Зниження величин в енергоспоживанні будинків, що експлуатуються, може бути досягнуте підвищенням вимог щодо теплотехнічних характеристик матеріалів огорожувальних конструкцій, а також улаштуванням опалювальних систем із керованими тепловими режимами.

Не менш важливі архітектурні аспекти в разі модернізації розмаїтості фасадів відновлюваних будинків.

Підвищення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій вимагає істотної витрати фінансових, матеріальних і трудових ресурсів. Тому виконання робіт з улаштування теплозахисту повинно виконуватися після розроблення відповідного проєкту.

У закордонній будівельній галузі практика модернізації будівель й особливо підвищення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій широко поширене. Це пов'язане з постійним оновленням нормативних показників у бік жорсткості вимог і прискороною їх реалізацією. Розроблені технології спрямовані на відновлення втрачених під час експлуатації будівель теплозахисних властивостей їх огорожувальних конструкцій, а також на удосконалення методів підвищення теплозахисту будівельних елементів і з'єднань, які були закладені в застарілих за технічними вимогами проєктах будівель.

1.1.1 Характеристика факторів створення тепломасообміну всередині приміщень

Середовище приміщень складається з таких основних природно-кліматичних факторів: температури, вологості, руху повітря, сонячної радіації, електромагнітного поля, а також фізичних і хімічних факторів, пов'язаних із виробничою та побутовою діяльністю людини, таких як: теплове випромінювання, шум, вібрація, токсичні пари, гази, які називають шкідливими і небезпечними факторами.

Життєдіяльність людей у приміщеннях будівель вимагає створення і підтримання в них необхідних мікрокліматичних умов, що характеризуються санітарно-

гігієнічними та виробничими вимогами, залежно від призначення приміщення і специфічності виконуваної там роботи.

Мікроклімат усередині приміщень формується під постійним впливом змінних тепломасообмінних факторів із зовнішнім середовищем, а також, антропогенних факторів процесів тепломасообміну, що відбуваються усередині приміщення, таких як: виділення тепла, вологи, пилу, газів і т. ін., тобто тепломасових надходжень, пов'язаних із життєдіяльністю людини.

Формування відповідного мікроклімату в приміщеннях впливає на стан комфорту, що є суб'єктивним почуттям людини, яке виникає у зв'язку зі сприйняттям органами чуттів зовнішніх подразників, таких як: тепла, запахів, кольорової гами, світла, вібрації, звуків і т. ін.

Найефективніше піддаються керуванню фактори, що визначають тепловий комфорт і ступінь енергоспоживання в приміщенні, насамперед температура повітря, відносна вологість та рух повітря. Додаткові фактори керування – це температура поверхонь предметів у приміщенні, тепловіддача і терморегуляція тіла людини, що пов'язано з теплоізолювальною здатністю одягу, її паро- і повітропроникністю.

Перші основні із зазначених факторів називають мікрокліматичними умовами, що визначають рівень енергоспоживання в будинках. Інші фактори пов'язані з пристосованістю організму людини до умов довкілля і з підтриманням його теплового балансу.

Основними фізичними показниками, що впливають на рівень енергоспоживання в приміщенні, є:

- середня температура повітря в приміщенні та її зміна впродовж визначеного періоду;
- усереднена температура всіх внутрішніх поверхонь приміщення;

– вологість і санітарно-гігієнічний стан повітря в приміщенні.

Загалом діяльність людини відбувається в певній частині приміщення, цю частину називають обслуговувальною, або робочою зоною. Усі системи створення мікроклімату разом із технологіями теплозахисту огорожувальних конструкцій повинні забезпечувати комфортні умови в цій зоні приміщення за мінімуму енергоспоживання.

Комфортними умовами вважають такі параметри мікроклімату, за яких людина, яка перебуває в межах обслуговувальної або робочої зони приміщення, не зазнає перегрівання або переохолодження.

На сучасному рівні технологій підтримання комфортних мікрокліматичних умов усередині приміщень будівель здійснюється за допомогою систем забезпечення мікроклімату, такі як системи кондиціонування, системи опалення і системи вентиляції.

Режим тепломасообміну – це сукупність усіх зовнішніх факторів та енерговитратних процесів, які створюють тепломасообмінний стан у закритих приміщеннях. Умовно його поділяють на тепловий, вологісний, повітряний.

Існує класифікація за інтенсивністю тепловиділення всередині приміщень. Відповідно до цієї класифікації більшість приміщень у цивільних будинках (житлові, адміністративні, шкільні і т. д.) відносять до категорії з незначними тепловиділеннями. Зазначені приміщення потребують опалення в холодний період року. Причому з метою економії енергії використовується природна вентиляція таких приміщень. Імовірна нерівномірність розподілу температури за об'ємом у таких приміщеннях у холодну пору року може бути певною мірою компенсована

правильним розміщенням припливних і витяжних вентиляційних отворів.

1.1.2 Пасивний тепломасообмін у приміщенні

Тепломасообмін у будинку між зовнішнім і внутрішнім повітрям відбувається природним шляхом – пасивний обмін, або штучним шляхом – активний обмін (за допомогою технічних засобів і технологій).

За пасивного тепломасообміну повітря надходить у приміщення і видаляється з нього через нещільності або спеціальні отвори в огороженнях або каналами систем природної вентиляції. Створення такого процесу зазвичай не вимагає використання спеціальних енерговитратних технологій. Такий підхід щодо експлуатації будівель необхідно враховувати як на етапі проектування будівлі, так і на етапах реновації будівлі.

Якщо потрапляння повітря відбувається ззовні всередину приміщення, то такий процес називають інфільтрацією, під час руху повітря у зворотному напрямку – ексфільтрацією.

Основними природними факторами, що спричиняють переміщення повітряних мас у будинку, є тепловий режим, гравітаційний і вітровий тиск.

Унаслідок того, що повітрообмін у будинку значною мірою залежить від теплового режиму, то інфільтрація холодного зовнішнього повітря всередину приміщення призводить до додаткових енергетичних витрат на його нагрівання. Втрати тепла на різні види інфільтрації холодного повітря становлять значну частку від основних тепловтрат. Також рекомендується враховувати втрати тепла через масив огорожень при теплотехнічному розрахунку, тому що вони призводять до зниження температури на внутрішній поверхні огорожень.

За пасивного тепломасообміну під час прогрівання нижніх поверхів повітря піднімається в приміщення верхніх поверхів. За температури нижчої від нуля градусів, і різниці тисків, спричиненої сильним вітром, втрати тепла відбуваються як за рахунок теплопровідності стінових конструкцій, так і за рахунок холодної інфільтрації холодного повітря через нещільності огородження. Тому поряд із загальним повітрообміном рекомендується враховувати кількість зовнішнього повітря, що в цьому разі інфільтрується всередину приміщень.

Будова буферних приміщень (тамбурів, застаканованих лоджій або балконів), ущільнення стулок віконних конструкцій, щільна і надійна герметизація з'єднань між окремими елементами огорожувальних конструкцій є в таких випадках тими основними енергозбережними заходами, завдяки яким забезпечується зниження рівня енергоспоживання в будинках.

Нагріті або холодні поверхні є джерелами радіаційного нагрівання або охолодження в приміщенні. Усі внутрішні поверхні стін, технічне обладнання і меблі, а також основна маса повітря є факторами пасивного процесу теплообміну й утворення конвекційних потоків. Вплив зовнішнього середовища на тепловий режим огорожувальних конструкцій будівлі і приміщень визначається спільною дією декількох метеорологічних параметрів – відносна вологість зовнішнього повітря, сонячна радіація, напрямок вітру, кількість опадів та ін. Усе це необхідно враховувати під час визначення втрат тепла через огородження. Для холодного періоду року визначальними параметрами є температура зовнішнього повітря та швидкість вітру. Тривалість опалювального періоду залежить від географічного місця розташування будівлі і вимог щодо підтримання умов комфорту всередині її приміщень.

Для створення найефективнішого пасивного тепломасообмінного процесу в будівлі необхідно максимально враховувати і використовувати природний фактор, такий як сонячна радіація.

Ураховуючи вищезазначене, для підвищення рівня енергетичної ефективності під час експлуатації будівель необхідно використовувати такі проєктні рішення пасивного впливу на режим тепломасообміну в будинках:

а) забезпечення теплонадходження в приміщення від сонячної радіації:

- використання просторової форми будинку;
- вибір орієнтації будинку щодо сторін світу;
- врахування ступеня і характеру скління фасаду будинку;

– вибір кольорів фарбування фасаду і покрівлі будинку;

- врахування ступеня затінення фасаду будинку;
- використання сонцезахисних засобів;

б) застосування теплозахисних властивостей зовнішніх огорожувальних конструкцій:

- використання будівельного матеріалу стін із найменшим значенням коефіцієнта теплопровідності;
- вибір теплозахисної здатності скління;
- використання відповідних теплозахисних вставок або матеріалів з ефектом теплоаккумуляції, що входять до зовнішніх огорожень;

в) вплив на рівень температури повітряного середовища поблизу будинку:

- використання заходів з озеленення прилеглих до будинку територій;

- вибір засобів захисту огорожень від вологи;

г) вибір періоду роботи засобів створення пасивного тепломасообміну:

– відкривання і закриття вікон та інших отворів будинку для регулювання вентиляції.

1.1.3 Активний тепломасообмін у приміщенні

Як було зазначено вище, активний тепломасообмін доводиться застосовувати, якщо методи пасивного тепломасообміну вже не спроможні забезпечити необхідний енергозбережний ефект для підтримання комфортних умов у приміщеннях будівлі.

Створюючи активний тепломасообмін за допомогою енерговикористовувальних пристроїв, необхідно співвідносити його з енергетичними витратами, які повинні зводитися до мінімуму. Цього можна досягти:

– оптимізацією в енергетичному відношенні технічних систем для забезпечення життєдіяльності людей у будівлі;

– контролем за рівнем виділення всередині приміщень забруднення, що потребує для зменшення його концентрації подачі зовнішнього повітря;

– модернізацією систем теплозабезпечення і холодозабезпечення за рахунок використання нетрадиційних джерел тепла і холоду, рекуперації тепла і т. д.;

– удосконалюванням систем забезпечення мікроклімату.

Однаковість температури і відсутність руху повітря в закритому приміщенні небажані. Необхідно керуватися нормативними показниками щодо параметрів кратності повітрообміну, швидкості руху повітря у приміщенні залежно від його призначення.

Якщо на одному боці приміщення є джерело охолодження повітря (наприклад, холодна поверхня вікна), то близько до нього повинно розміщуватися джерело

випромінювання тепла (наприклад, опалювальний прилад) для того, щоб компенсувати втрати тепла.

Існують такі шляхи активного впливу на тепломасообмінний режим у будинках, що призначені для контролю та підтримання необхідного стану повітряних мас усередині приміщень:

а) регулювання повітрообміну в приміщенні:

– визначення розташування будинку щодо напрямку «панівних» вітрів;

– визначення прийнятної схеми провітрювання;

– вибір аеродинамічної якості будинку;

б) контроль за процесом проникнення повітря через зовнішнє огороження:

– вибір конструкції зовнішніх огорожень із повітропроникними властивостями;

– використання засобів захисту від інфільтрації зовнішнього повітря.

Необхідно зазначити, що в разі запровадження методів пасивного та активного тепломасообміну в будівлях із метою створення в них комфортних умов для життєдіяльності людини, необхідним є виконання вимог зі збереження енергії. Визначені заходи повинні бути спрямовані не лише на зниження потреби в енергії, а й на зменшення забруднення зовнішнього середовища і збільшення періоду використання поновлюваних природних ресурсів: сонячне тепло, геотермальне тепло, природний рух повітря і т. д. Водночас витрати високопотенціальної енергії повинні бути зведені до мінімуму.

1.1.4 Фактори надходження вологи в будівлю

На технічний стан матеріалів огорожувальних конструкцій будівлі і на ефективність процесу підтримання

комфортних умов переважно впливає рівень вологості. Волога є першим й основним «ворогом» самої будівлі та періоду її використання, так і всіх видів витрат на її експлуатацію.

Основними факторами надходження вологи в конструктивні елементи будівлі є:

- будівельна волога – вона потрапляє на поверхні та всередину огорожень під час зведення будинків, ремонту або виготовлення самих будівельних матеріалів;

- ґрунтова волога – вона потрапляє за відсутності водоізолюваного захисту і може проникати в стінові огороження з ґрунту завдяки процесу капілярного всмоктування, і підніматися по мікротріщинах огорожень на висоту до 2–2,5 м від рівня землі;

- метеорологічна волога – вона проникає в огороження під час випадання опадів;

- гігроскопічна волога – вона потрапляє в стінові огороження будинків унаслідок здатності будівельних матеріалів поглинати вологу з повітря (сорбційні властивості будматеріалів);

- волога, що конденсується, – процес конденсації водяної пари з повітря на внутрішній поверхні огорожень і у їх товщі, що пов'язано з тепловим режимом самих огорожень і відбувається у разі, якщо їх температура дорівнює або нижча від температури точки роси.

У перші роки експлуатації нових будинків відзначається підвищений вологовміст більшості огорожувальних конструкцій. Особливо це належить до конструкцій, виконаних із бетонів, цегляної кладки, деревини. У зв'язку із цим у більшості зведених будинків значна частина огорожувальних конструкцій несе надлишок хімічно не зв'язаної вологи й у початковий період їх експлуатації віддає її повітряному середовищу приміщень. Це зі свого боку призводить до значних

тепловтрат через холодні огорожувальні конструкції, що прямо впливає на рівень енерговитрат для забезпечення рівня комфорту в приміщеннях, а саме їх збільшення порівняно з нормативними вимогами.

Крім загального повітрообміну, значний вплив на вологість повітря в приміщенні має розміщення джерел виділення вологи, а також особливості її поширення по будинку або комплексу суміжних неізолюваних приміщень. Перенесення вологи пов'язане з нерівномірним розподілом тиску в окремих зонах приміщення і природними течіями повітря, спрямованими в бік меншого тиску.

1.2 Технології та методи підвищення теплозахисту будівель

1.2.1 Нормування теплоізоляції стін житлових будинків

Проблема поліпшення теплозахисту експлуатованих будинків виникла як наслідок енергетичної кризи, що посилюється за період останніх років. Це пов'язане з більшим споживанням енергоресурсів, які йдуть на опалення будинків, що становить у деяких країнах найбільшу частину із загальної витрати енергії. Такі обставини привели до того, що в більшості зарубіжних країн нормовані величини теплозахисту огорожувальних конструкцій, а саме, величини необхідних опорів теплопередачі залежно від призначення будинку, збільшилися в 2–3,5 раза.

У разі визначення економічно доцільного рівня енергоефективності під час модернізації будівель або нового їх будівництва, враховуються основні види втрат тепла, вартість теплової енергії, вартість матеріалу теплоізоляційного шару багат шарової конструкції,

відпускні ціни на огорожувальні конструкції, вартість їх транспортування і монтажу.

Невеликі помилки, що допускаються під час конструювання, виготовлення, монтажу та експлуатації огорожувальних конструкцій призводять до зниження температури на внутрішній поверхні стін нижче від припустимої, що найчастіше призводить до їх зволоження, що зі свого боку зменшує величину опору теплопередачі стін до неприйнятних значень.

Вимоги щодо підвищення енергетичної ефективності будинків, які є основним кінцевим споживачем енергії, стають однією з важливих складових законодавства в більшості країн світу. Основне завдання, сформульоване під час створення системи нормативних документів, полягає в реалізації потенціалу енергозбереження в будівельному комплексі за рахунок поліпшення енергетичної ефективності нових, відновлювальних та експлуатованих будинків і систем їх енергозабезпечення.

Зниження енергоспоживання в будівельному секторі – проблема комплексна: і тепловий захист опалювальних будинків, і її контроль є найважливішою частиною загальної проблеми. Передбачається поетапний перегляд існуючих норм із теплозахисту в бік більш жорстких їх показників. Також паралельним питанням є вирішення проблем із теплого захисту для будинків із системами охолодження внутрішнього повітря в теплу пору року. Це означає, що для різних кліматичних зон держави нормативні показники з рівня теплового захисту будуть різнитися за умовами енергозбереження на опалення та на охолодження.

Сучасні нормативні показники з теплового захисту будинків відповідають тенденціям підвищення рівня

енергоефективності будівель на світовому рівні, і методи їх контролю визначені:

- установленням числових значень нормованих показників енергоефективності будинків;
- класифікацією нових та експлуатованих будинків за енергетичною ефективністю;
- створенням можливості виявлення груп експлуатованих будинків, які необхідно терміново реконструювати з погляду енергоефективності;
- розробленням правил проектування теплового захисту будинків під час використання показників енергоефективності;
- розробленням методів перевірки відповідності нормованим показникам теплового захисту й енергетичної ефективності, як під час проектування і будівництва, так експлуатації будинків (сертифікація будівель);
- обмеження або недопущення проектування будинків із витратами енергоресурсів, які перевищують установлені нормовані показники енергоефективності.

Зміна в нормуванні теплозахисних якостей огорожувальних конструкцій дає значний ефект в економії енергетичних ресурсів, які витрачаються на опалення будинків. Але це досягається лише в тому разі, якщо впроваджуються нові конструктивні і технологічні рішення зовнішніх стін, які пристосовані не лише до кліматичних умов, а й до будівельної бази.

1.2.2 Види та методи визначення зношення будинків

У процесі улаштування додаткового теплозахисту значна увага приділяється різним видам зношення окремих елементів і систем будинків загалом. Величини зношення житлових будинків визначають стан житлового фонду, черговість проведення теплозахисних заходів, їх обсяги,

фінансові витрати і взагалі ступінь енергетичних витрат на їх експлуатацію. Стосовно житлових та громадських будинків розрізняють два види зношення – фізичне і моральне.

Фізичне зношення житлових будинків – це втрата ними за весь період експлуатації рівня первісних матеріальних витрат, а також експлуатаційних якостей і технічних властивостей: міцності, твердості, теплозахисних та експлуатаційних властивостей, а також і зовнішнього вигляду.

Зазначений метод визначення рівня зношення будівлі полягає в тому, що за результатами обстеження технічного стану конструктивних елементів установлюють відсоток зношення кожного елемента. Достовірне визначення розмірів фізичного зношення як окремих конструктивних елементів і конструкцій (систем, видів устаткування), так і будинків загалом має принципове практичне значення, оскільки знання цих величин необхідне для визначення економічної доцільності проведення теплозахисних заходів і здійснення якісного проектування додаткової теплоізоляції.

Моральним зношенням житлових будинків є невідповідність будинків існуючим на момент оцінювання нормативним об'ємно-планувальним, архітектурно-конструктивним, санітарно-гігієнічним та іншим вимогам. Причини, що спричиняють сам процес морального зношення, мають яскраво виражений соціальний характер. На практиці житлові та громадські будинки, які були зведені на одному рівні комфортабельності, через якийсь проміжок часу перестають відповідати сучасним критеріям їх оцінювання. Історично склалося так, що моральне старіння житлових будинків настає значно раніше, ніж їх фізичне зношення.

1.2.3 Основні принципи підвищення теплозахисту стін

Підвищення теплозахисних властивостей стінових огорожувальних конструкцій полягає в збільшенні їх опору теплопередачі. Це досягається утепленням стін теплоізоляційними матеріалами, які повинні захищатися від зовнішніх впливів захисно-декоративним шаром, здатним за необхідності зберегти або поліпшити архітектурно-художній вигляд будинку або приміщення.

Термомодернізація будинків – це дії, спрямовані на термоізоляцію перегородок і ущільнення помешкань. Але без попереднього функціонального аналізу приміщень такі заходи будуть необґрунтованими. Втручання у вологісно-термічну рівновагу будинку може призвести до погіршення показників комфортності, навіть до неможливості проживання в модернізованому помешканні.

Причини промерзання перегородок можуть бути різними:

- неправильно спроектована теплоізоляція перегородки в конструкційних вузлах;
- невдала заміна спроектованого ізоляційного матеріалу на інший, із вищою теплопровідністю, або незаповнення пустот ізоляційним матеріалом, як передбачає проєкт;
- недостатня вентиляція приміщень, унаслідок неправильного проєктування, виконання або експлуатації (герметизація приміщень і вікон, закриття витяжних решіток);
- неправильна експлуатація приміщень, як за проєктними вимогами, так і за їх призначенням.

Для додаткового теплозахисту стін існують два основних способи його розміщення: із зовнішнього або внутрішнього боку стіни. У деяких випадках за певного обґрунтування, виконують теплозахист будинків із

розміщенням утеплювача із зовнішнього і внутрішнього боків стіни одночасно. Цей спосіб можна назвати комбінованим.

Нанесення теплоізоляційного матеріалу на внутрішній поверхні стіни має такі позитивні якості:

- теплоізоляційний матеріал, який не має достатньої здатності до опору впливам зовнішнього середовища, перебуває в сприятливих умовах і не потребує додаткового захисту із застосуванням дорогих засобів підмащування;

- здійснення робіт з улаштування теплозахисту може здійснюватися в будь-яку пору року незалежно від способу кріплення.

Недоліки нанесення теплозахисту на внутрішній поверхні стіни з боку приміщення такі:

- зменшення площі приміщення за рахунок збільшення товщини стіни;

- необхідність улаштування (з метою виключення випадання конденсату) додаткового теплозахисту в кутових місцях прилягання плит і перекриттів до зовнішніх стін;

- необхідність улаштування пароізоляційного шару перед теплоізоляційним матеріалом із боку приміщення з метою захисту стіни від зволоження;

- перебування матеріалу стінової конструкції в зоні низьких температур, що знижує теплову інерцію огороження;

- неможливість захистити конструктивні стінові стики будинків від протікань;

- неможливість змінювати архітектурно-художній вигляд фасаду;

- необхідність відведення мешканців;

- складність установа теплоізоляції в місцях розміщення приладів опалення, а також у межах товщини підлоги.

Розміщення теплозахисту із зовнішнього боку стіни має істотні позитивні якості, такі як:

- створення захисної термічної оболонки, яка виключає утворення «містків холоду»;
- виключення необхідності устрою пароізоляційного шару;
- можливість захисту стиків від протікань у великопанельних будівлях;
- можливість створення нового архітектурно-художнього вигляду будинку;
- можливість одночасно з установами теплоізоляції виправляти дефекти стіни;
- перебування матеріалу стінової конструкції в зоні позитивних температур;
- під час встановлення теплоізоляції із зовнішнього боку стіни не зменшується площа приміщень.

Ураховуючи всі зазначені переваги, нормативними документами, які регламентують технологію виконання теплоізоляції будівель, однозначно стверджується, що виконання теплоізоляційного покриття необхідно виконувати лише на зовнішній поверхні огорожувальних конструкцій. І лише в окремих випадках дозволяється виконувати теплоізоляцію з внутрішнього боку стіни, наприклад, коли будівля визначена архітектурно-історичною пам'яткою.

Установлення теплозахисту із зовнішнього і внутрішнього боків стіни одночасно майже не використовується, тому що цей спосіб має велику трудомісткість робіт. Він застосовується в особливих випадках, коли неможливо забезпечити відповідний рівень теплозахисту методом нанесення теплоізоляції лише з одного боку стіни.

1.2.4 Принципи утеплення перекриття будинків

Дахове перекриття – це один з основних конструктивних елементів будинку, який забезпечує його схоронність і функціональність. Експлуатаційні якості покриття даху значно впливають на умови проживання на верхніх поверхах будинку, а також на фізичний і технологічний стан зовнішніх стін, горищного перекриття, балконів верхніх поверхів. Особливо важливим є підтримання дахового перекриття в технічно справному стані в зимовий період, оскільки будь-які порушення такого стану в цю пору року часто призводять до ушкоджень огорожувальних конструкцій будинку та погіршення параметрів внутрішнього мікроклімату.

Теплоізоляційний матеріал має потребу в захисті від зовнішніх впливів, тому конструктивне виконання утеплення дахового перекриття повинно являти собою багат шарову конструкцію (так званий «покрівельний піриг»).

Для умов теплозахисту мансардного поверху або опалювального горищного поверху принцип виконання утеплення такий: зовнішнє дахове покриття, вентиляційний контур, шар захисту від вітру та вологи, шар теплоізоляції, шар пароізоляції.

Для умов теплоізоляції суміщеного перекриття принцип виконання утеплення такий: зовнішнє захисне покриття, технологічна стяжка з будівельних розчинів, шар теплоізоляції, дахове перекриття.

В умовах, коли проводиться утеплення горищного перекриття, необхідно додатково виконувати теплоізоляцію трубопроводів, вентиляційних каналів, витяжних труб, виключення надходження тепла зі сходової клітки, забезпечення природної вентиляції горищних приміщень створенням спеціальних душників.

1.3 Теплоізоляційні матеріали та методи утеплення будівель

1.3.1 Характеристика теплоізоляційних матеріалів

Конструкція додаткового теплозахисту в період експлуатації зазнає зовнішніх і внутрішніх впливів.

До зовнішнього впливу відносять: сонячну радіацію, атмосферні опади, змінні температури, вологість повітря, звукові хвилі, повітряний потік, гази, хімічні речовини, біологічні шкідники.

До внутрішніх впливів відносять: силові навантаження (постійні, тимчасові та короткочасні), коливання температури, вологість, морозне обдимання і сейсмічні хвилі.

Термін служби визначає довговічність. Правильна і довгострокова робота теплозахисту будівлі забезпечується в тому разі, якщо він буде здатний протистояти даним впливам і відповідати конструктивним, технологічним і естетичним вимогам.

Для досягнення надійності захисних конструкцій необхідно, щоб вони були вогнестійкими, обмежували або не допускали проникнення вологи всередину конструкції і були стійкі до актів вандалізму.

Для досягнення технологічних вимог конструкція додаткового теплозахисту повинна бути індустриальною, транспортабельною, технологічно не складною під час монтажу, ремонтпридатною.

Теплоізоляційний матеріал для утеплення будинку зберігає тепло, втримуючи в собі повітря в нерухомому стані, завдяки його комірчастій структурі, яка характеризується різною щільністю. Чим щільніший за такою структурою матеріал, тим менш рухливе повітря в ньому. За дуже низької щільності комірчастої структури

матеріалу різко зростає повітрообмін і тепло йде з утеплювача. У такому разі необхідно збільшувати його товщину, а це економічно та технологічно не вигідно для споживача. Крім того, зі зменшенням щільності зростає стисливість матеріалу і зменшується термін служби теплоізоляції.

У сучасній будівельній практиці застосовують різноманітні теплоізоляційні матеріали, основні з яких:

- легкі бетони (керамзитобетон, перлітобетон, шлакобетон, газо- і пінобетон та ін.);

- «теплі» розчини (цементо-перлітовий, гіпсо-перлітовий, поризований та ін.);

- вироби з органічних матеріалів (плити деревостружкові, фібролітові, комишитові та ін.);

- мінераловатні та скловолокнисті матеріали (мінераловатні мати, мінераловатні плити м'які, напівтверді, тверді і підвищеної твердості, плити зі скловолокна та ін.);

- полімерні матеріали (пінополістирол, пінопласт, пінополіуретан, піноскло або газоскло та ін.);

- композиційні матеріали і вироби з них (перлітопластобетон та ін.).

Використання того чи іншого конкретного матеріалу для теплозахисту стін залежить від цілої низки визначальних чинників, серед яких: довговічність, необхідна товщина шару теплоізоляції, технологічна прийнятність розміщення матеріалу на стіні, маса теплоізоляційної конструкції, вартість матеріалу, трудомісткість устрою, можливість транспортування матеріалу на будівельний майданчик.

На сьогодні найбільш поширеними під час установа додаткової теплоізоляції є полімерні матеріали (пінополістирол, пінополіуретан) та вироби з мінеральної вати і скловолокна; в разі виконання

теплоізоляції з цих матеріалів маса всієї конструкції теплозахисту буде найменшою.

Наявність у будівельній галузі великої кількості теплоізоляційних матеріалів, які мають різну технологію монтажу, вартість і коефіцієнт теплопровідності, виникає проблема вибору найбільш економічно доцільного матеріалу. Для цього необхідно керуватися величиною повної собівартості встановлення одного квадратного метра утеплювача, а для умов термомодернізації будівель ще й розрахунковим показником терміну окупності робіт із нанесення теплоізоляції. Для теплоізоляційних матеріалів існує тенденція збільшення вартості квадратного метра утеплення в разі збільшення щільності й міцності теплоізоляційного матеріалу. Але використання більш міцних теплоізоляційних матеріалів, призводить до збільшення терміну служби теплозахисту. Це пов'язане з тим, що більша міцність та щільність за своєю комірчастою структурою теплоізоляційних матеріалів є найбільш повними показниками, які характеризують їх довговічність.

Питання гарантованої довговічності на період експлуатації теплоізоляційного матеріалу в конструкціях додаткового теплозахисту на цей час є маловивченим. Тому доводиться користуватися приблизними статистичними даними про довговічність теплоізоляційних матеріалів.

Для утеплення стін існуючого житлового та суспільного фонду будівель найбільш доцільно застосовувати теплоізоляційні матеріали з пінополістиролу, мінеральної вати і скловолокна. Товщина утеплювача визначається розрахунком.

Для узагальнення наявних даних і полегшення вибору конкретного варіанта додаткової теплоізоляції складена нормативна класифікація технічних рішень теплозахисту стін. Технічні рішення теплозахисту загалом можуть бути класифіковані за трьома основними ознаками:

за місцем розміщення (із внутрішнього і зовнішнього боків стіни); за видом матеріалу утеплювача; за видом матеріалу захисного шару.

1.3.2 Конструктивно-технологічні рішення додаткового теплозахисту стін

Приблизно з початку ХХІ століття в нашій державі склалася розгалужена галузь будівельної індустрії, завданнями якої є виготовлення та встановлення теплозахисту стін будинків.

Вибір технологічного методу нанесення теплоізоляційного і захисно-декоративного шарів характеризується трьома основними ознаками:

- за походженням компонентів, які входять до їх складу (органічні, неорганічні);
- за умовами виготовлення (будівельні, серійні заводські);
- за способами кріплення (механічні, клейові, комбіновані та пошарове нанесення).

Способи встановлення і закріплення теплоізоляційних матеріалів класифікують такими конструктивно-технологічними рішеннями:

- нанесення за технологією штукатурення та будівельної кладки – пінополіуретан, «теплі» розчини, легкі бетони та ін. Теплозахист із легких бетонів має два варіанти будови: шляхом пошарового нанесення на стіну і подачею бетону між стіною і опалубкою;
- навішення за допомогою будівельних монтажних стрижнів – скловолкнисті плити напівтверді і підвищеної твердості, пінополістирольні плити, пінопласти та ін.;
- закріплення на напрямних – мінераловатні плити, плити зі скловолкна;

– клейове кріплення з навішенням – плити з піноскла, скловолокнисті плити, пінополістирольні плити, пінопласти та ін.

Установлення утеплювача з внутрішнього, зовнішнього або одночасно з внутрішнього і зовнішнього боків стіни може здійснюватися з повітряним прошарком (вентильованої або невентильованої) або без нього.

Захисно-декоративне покриття теплоізоляційного матеріалу може виконуватися за технологією пошарового нанесення цементного, полімерного та ін. складу оздоблення, або за технологією механічного чи клейового кріплення облицьовувальних панелей із керамічних, бетонних плиток, тонколистового металу, дерева, полімерів та інших матеріалів. У цей час найбільше використовують способи штукатурення з теплоізоляції та способи облицьовування теплозахисту штучним матеріалом.

1.3.3 Основні етапи проєктування додаткового теплозахисту

Проєктування додаткового теплозахисту житлових будинків зазвичай складається з чотирьох основних етапів.

Перший етап проєктування починається з моменту первісного визначення передбачуваного характеру і орієнтовних обсягів майбутніх заходів щодо теплозахисту.

На другому етапі проєктування обстежують об'єкт теплоізоляції, аналізують принципово можливі способи підвищення додаткового теплозахисту. Уточнення завдання дозволяє скласти алгоритм обстеження певних частин утеплюваного будинку, що передбачає такі складові:

– безпосередній огляд стінових конструкцій (загальний огляд конструкцій, обмірювання елементів і вузлів, виявлення дефектів та ушкоджень візуально й за допомогою інструментів і приладів);

– установлення характеру та величини діючих навантажень і впливів (установлення технологічних навантажень, визначення атмосферних навантажень, виявлення характеру і ступеня агресивності зовнішніх впливів на стінові конструкції, а також природно-кліматичних факторів);

– оцінювання фізико-механічних характеристик матеріалів і конструкцій (виявлення на основі проєктної і виконавчої документації характеристик матеріалу, визначення механічних характеристик матеріалів неруйнівними методами і випробування їх у лабораторіях);

– аналізування результатів обстеження.

Третій етап проєктування складається з виконання перевірних розрахунків, варіантного аналізу конструктивних рішень, можливих способів ведення робіт, використання різних матеріалів для теплоізоляції. З розроблених варіантів вибирають той варіант, що задовольняє побажання замовника і є доцільним з погляду проєктної організації.

До четвертого етапу виконання робіт теплоізоляції огороджувальних конструкцій будівлі можна віднести здійснення авторського нагляду й участь у комісії з приймання закінчених етапів утеплення і теплозахисту будинку загалом.

Повноцінну економію енергетичних ресурсів, які йдуть на опалення будинку, можна одержати лише в комплексі із заходами щодо скорочення втрат тепла через огороджувальні конструкції, які не відповідають нормативним вимогам з опору теплопередачі, і модернізацією інженерного устаткування (опалення й вентиляції).

1.3.4 Енергозберіжні технології віконних і балконних конструкцій

Віконні та балконні конструкції є невід'ємною частиною фасадів, за своєю сумарною площею вони становлять майже половину від площі зовнішніх стін житлових будинків і призначені для забезпечення необхідної природної освітленості приміщень і можливості контакту з довкіллям.

У зв'язку з цим світлопрозорі огороження житлових будинків повинні відповідати певним вимогам.

Теплозахист узимку – тепло повинне залишатися в приміщенні, однак вікна не повинні перешкоджати проникненню всередину сонячного випромінювання, а також температура внутрішньої поверхні скління повинна бути якнайближче до температури внутрішнього повітря (умова комфорності).

Теплозахист влітку – захист приміщень від надмірного нагрівання сонцем.

Захист від непогоди – дощ і вітер не повинні проникати всередину приміщень.

Освітленість – забезпечення приміщень повною інсоляцією.

Прозорість – максимальна прозорість ізсередини назовні та обмеження видимості ззовні всередину.

Звукоізоляція – забезпечення шумової ізоляції ззовні та зсередини.

Вентиляція (припливна і витяжна) – забезпечення необхідної інфільтрації свіжого повітря з додержанням усіх вимог до стану повітря у приміщенні.

Функціональність і технологічність – простота і надійність в експлуатації, монтажу і виготовленні.

У зимовий період тепловтрати через вікна житлових будинків можуть досягати до 30 % від загальних втрат тепла

будинком. Це свідчить про те, що яким би гарним не був додатковий теплозахист стін, без проведення заходів щодо скорочення тепловтрат через віконні та балконні конструкції, він не дасть очікуваного ефекту.

Фактично значення опорів теплопередачі вікон застарілої конструкції в будинках існуючого житлового фонду відрізняються від нормативних більше ніж утричі. Основною причиною такого відхилення є їх повітропроникність, спричинена проникненням холодного повітря в повітряний прошарок між двома скляними стінками вікон (відповідно і всередину приміщень). Це спричинює посилену конвекцію повітря в міжскловій порожнині і призводить до неприйняттого зниження теплозахисної здатності. Опір теплопередачі вікон із деревини застарілої конструкції зі щілинами в стулках плетінь і штапикових кріпленнях доходить до $0,2-0,17 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

Водночас високий ступінь ущільнення віконних конструкцій негативно впливає на умови мікроклімату в житлових приміщеннях, що приводить до необхідності проведення певних заходів із реконструкції системи вентиляції. Від ущільнення більшою мірою, ніж теплозахисту, залежить ізоляція приміщень від шуму.

Таким чином, теплозахисні властивості вікон – це не лише проблема економії енергії, а й забезпечення комфортних умов усередині приміщень.

Поки що вимоги, які ставляться до вікон (за винятком вимог до зовнішнього вигляду), забезпечуються використанням трьох основних видів матеріалів – деревини, пластмаси й алюмінію, а також їх комбінації. Кожний матеріал характеризується специфічними властивостями, які можуть сприяти як перевагам, так і недолікам конструкції.

Базовими елементами сучасних віконних і балконних конструкцій є склопакети. Основою для їх широкого використання стало застосування нових недорогих технологій із використанням надійних герметиків і термолірованого скла. Варіюючи різними видами скла з тепловідбивними (й іншими) покриттями, відстанями між склом, кількістю повітряних камер і складом газонаповнення склопакетів, виготовляють вікна з будь-якими заданими енергозбережними параметрами. Найвищий термічний опір мають конструкції із застосуванням газонаповнених двокамерних склопакетів (заповнення інертними газами) із теплозахисним склом.

Для забезпечення надходження свіжого повітря в приміщення крізь віконні отвори розроблені і застосовуються деякі технічні пристрої. Зокрема, на сучасні вікна ставлять так звані «вентиляційні клапани», які забезпечують оптимальний за швидкістю повітрообмін у приміщеннях.

1.3.5 Методи модернізації системи опалення будівель

Старі, зношені системи опалення – один із визначальних факторів зниження енергоефективності будівель. Модернізація застарілих опалювальних систем дає можливість значно зменшити витрати на енергоресурси для обігрівання будинків. Але перш ніж її розпочинати, необхідно обстежити системи опалення загалом та її елементи з одночасним визначенням величин тепловтрат зовнішніх стін будинку.

Покращити енергоефективність системи опалення будівлі можна під час виконання такої послідовності заходів з енергозбереження, як:

- термореновація будинку – заходи із додаткового утеплення зовнішніх стін; установлення сучасних вікон; ущільнення вхідних і балконних дверей;

- модернізація джерела тепла – встановлення в тепловому вузлі регулювальної автоматики (за технологією індивідуального теплопункту), що дає можливість регулювати температуру теплоносія залежно від температури довкілля з обов'язковим установленням лічильника теплової енергії, а це дасть можливість контролювати витрату тепла в будинку; встановлення регуляторів тиску, які утримують на необхідному для вузла і теплообмінника рівні тиск на подавальному і зворотному трубопроводах; установлення регулятора витрати теплоносія залежно від режиму теплоспоживання; використання очисних фільтрів;

- ліквідація корозії та інкрустації – використання труб із полімерів; виконання хімічного промивання системи;

- герметизація та модернізація системи – встановлення напірного розширювального бачка; використання безсальникових насосів; установлення регуляторів витрати на стояках, щільних відсікальних кульових кранів;

- модернізація або заміна приладів опалення;

- встановлення сучасних контрольно-вимірювальних приладів із можливістю дистанційного передавання інформації;

- заміна способу прокладання трубопроводів системи – застосування поквартирної системи опалення, яка дає можливість виконати розведення трубопроводів у межах однієї квартири, що забезпечує підтримку заданої температури повітря в приміщеннях цієї квартири.

1.4 Інноваційні технології в будівельній галузі

Сьогодні великі сподівання покладають на енергоефективні будинки та енергію з відновлюваних джерел, яку можна отримати від вітру, сонця, а також у результаті спалювання деревини та біопалива. Будинки можуть і повинні бути більш екологічними та енергоефективними.

В усьому світі можна спостерігати, як відмова від викопного палива стає трендом. Насамперед це стосується житлово-комунальної сфери і досягається модернізацією старих будівель та за рахунок упровадження енергоефективних технологій.

Розвиток будівельних технологій не стоїть на місці. А отже, незабаром людство перестане будувати малоефективні будівлі, оскільки відповідно до Директиви щодо енергетичних показників будівель, яку прийняли країни Євросоюзу в грудні 2009 року, з 1 січня 2020 року вимагається будівництво щонайменше пасивних будівель.

1.4.1 Зведення енергоефективних будівель

До 2021 року країни Євросоюзу планують перейти на принципово нові будівельні стандарти, що дозволяють зводити енергоефективні будинки, здатні за рахунок поновлюваних джерел виробляти енергії більше, ніж споживають самі. Нові стандарти можна звести до принципу «трьох нулів» – нульове споживання енергії з міської енергосистеми, нульові викиди забруднювальних повітря речовин, нульові обсяги відходів. Цього, зокрема, вимагає Директива ЄС з енергоефективності будівель. Поки активні будинки здебільшого експериментальні, ціна яких помітно вища, ніж в аналогічних звичайних будинків, у середньому на 20–30 %.

Нульове енергоспоживання досягають за рахунок ефективного використання поновлюваних природних джерел енергії, яка трансформується в електрику: сонце, вітер, біопаливо, енергія річок, припливів та відпливів тощо. Наразі існує низка реалізованих проєктів, у рамках яких будинки впродовж багатьох місяців споживають електроенергії менше, ніж виробляють.

Значний економічний ефект можна одержати за допомогою використання сучасних енергозберіжних технологій та якісної теплоізоляції будівель. Концепція нульового енергоспоживання не виключає можливості під'єднання до міської електромережі в моменти пікових навантажень або під час дефіциту енергопотужності від поновлюваних джерел. Однак після цього в міську мережу із залишком повертається вся спожита енергія.

Використання енергоефективних і біокліматичних технологій в активних будинках до мінімуму зводить шкідливі викиди для людей та довкілля (вуглекислий газ, леткі органічні речовини тощо). Після завершення терміну експлуатації будинку його можна легко демонтувати, а всі конструкції піддати вторинному переробленню. Такі будинки не залишають після себе ніяких відходів.

Активні будинки з'явилися в Україні завдяки Закону про «зелений» тариф. Уже є багато будинків, на дахах яких встановлені фотопанелі потужністю до 10 кВт і здатні впродовж 1 року перекрити свої витрати електроенергії, ще й подати значну частину енергії до загальної електромережі.

Варто відзначити, що на сьогодні вартість будівництва енергоефективних будинків вища, ніж аналогічних за розмірами будівель, побудованих за традиційними технологіями. Переважно різниця у витратах визначається вартістю необхідного енергогенерувального обладнання: вітряки, фотогальванічні панелі, теплові

насоси тощо. Крім того, як будівельні матеріали використовують дорожчу і якісну екологічну речовину – дерево, камінь, склобетон тощо.

На сьогодні у світі налічується більше ніж 100 реалізованих проєктів активних будинків. Так, у Європі побудовано 33 будинки, у США – 30 будинків, у Латинській Америці – понад 20, в Канаді – понад 10 і приблизно стільки само в Азії та Австралії разом узятих.

1.4.2 Активний будинок

Активний будинок із позитивним енергобалансом – це будівля, яка отримує енергію з довкілля за допомогою альтернативних джерел кількістю, що перевищує власні потреби. Для мінімізації енерговитрат і економії ресурсів застосовують кращі технології пасивних і розумних будинків. Так, перші технології, пов’язані з використанням у житловому будівництві особливостей довкілля і ландшафту, з’явилися в американського архітектора Френка Ллойда Райта. Він заклав основи нового напрямку в будівництві – органічної архітектури. Її ключовий постулат – будинок повинен доповнювати природу і рельєф, причому доповнювати і плануванням, і матеріалами.

Принципи побудови активних будинків

Проектування активного будинку починають із вивчення місцевості, зокрема: рельєфу, клімату (вологості, світлового режиму, напрямів і швидкостей повітряних потоків), складу повітря і наявності в ньому хімічно агресивних речовин.

Потім відбувається вибір технології будівництва. Енергозбережні будинки, як активні, так і пасивні, дуже різноманітні – по суті, кожний такий будинок створюють із нуля. Типових екобудинків не буває. Найчастіше вибір припадає на каркасне будівництво, яке сторіччями

використовували в холодних регіонах світу – Канаді та Ісландії. Каркасні конструкції відносно дешеві і дозволяють гнучко варіювати планування житла, а багатошарові панелі, що утворюють поверхні, забезпечують хорошу теплоізоляцію. Інша перспективна технологія – сітчасті оболонки. Її поки що рідко використовують для побудови енергоекономічних будинків цілком, але часто застосовують для створення секцій сонячних батарей.

Планування будинку з позитивним енергобалансом

Вибір технології будівництва обумовлюється переважно рельєфом і характером ґрунтів, на яких стоятиме будівля. Зважаючи на специфіку клімату, архітектори розробляють модель будинку. Споруду орієнтують таким чином, щоб площа поверхонь, повернених до сонця, була максимальною. Це забезпечує природне нагрівання та освітлення, а також можливість використання пристроїв сонячної енергетики і теплонакопичувачів.

Віконні отвори є основним каналом енергообміну будинку й вулиці. Тому відкриття та закриття жалюзі, від яких залежить освітлення, поглинання і віддавання тепла, багато в чому здійснюється автоматично. За це відповідають інтелектуальні системи керування – спадок «розумних» будинків. Наприклад, якщо в приміщенні нікого немає і, отже, немає необхідності в освітленні, смужки жалюзі розгортаються «поглинальним» темним боком до скла. Зрозуміло, самі вікна активних будинків – це склопакети з якісною теплоізоляцією.

Джерела енергії

На сьогодні існує безліч альтернативних джерел енергії, по-справжньому ефективні лише деякі з них. Під час будівництва будинків із позитивним енергобалансом найбільш використовуваними: сонячні батареї, мініатюрні

вітряні електростанції, геотермальні свердловини, теплові насоси.

Перші два джерела енергії сильно залежать від клімату і застосовні не скрізь. Проте, к. к. д. сучасних сонячних панелей достатній, щоб забезпечувати будівлю електрикою навіть у високих широтах і країнах із малою кількістю ясних днів. Геотермальні свердловини можуть використовуватися, якщо є допустим глибинне буріння. Їх закладають одночасно з фундаментом. На відміну від сонячних і вітряних установок перепланування геотермальних джерел енергії практично неможливе. Теплові насоси – установки, які безпосередньо використовують другий закон термодинаміки. Вони дозволяють «викачувати» тепло прямо із землі і повітря, причому необов'язково теплих. Незважаючи на простоту принципу, ефективність теплових насосів не надто висока і їх застосування має швидше експериментальний характер.

Перспективи активних будинків

Перші пасивні (в сучасному розумінні) будинки почали будувати у 80-х роках минулого століття, а вже в 90-х з'явилася ідея активного будинку. Особливий інтерес до проєкту виявили Данія та Німеччина, країни, що виділяють серйозні кошти на екологічні дослідження.

Саме в Данії був уперше побудований будинок, який виробляє енергію. Подальші розробки проводять як у сфері вдосконалення технологій спорудження екобудинків, так і сфері проєктування цілих міст, що забезпечують себе енергією за відсутності окремих енергостанцій. Такі міста задалегідь отримали назву «стабільних» – за задумом вони не лише економлять енергію, а й взагалі не мають негативного впливу на довкілля.

1.4.3 Будинок нуль енергії

Будинок нуль енергії, або **будинок із нульовим споживанням енергії**, – будівля, яка має високу енергоефективність, здатна на місці виробляти енергію з поновлюваних джерел і споживати її рівною кількістю впродовж одного року. За умови вироблення кількості енергії меншої, ніж необхідно для споживання, будівлю називають будинком із майже нульовим споживанням.

Будинки з нульовим споживанням енергії не використовують викопне паливо й отримують необхідну енергію з поновлюваних джерел. Вони можуть бути традиційними будівлями, але з великим сонячним колектором, сонячною батареєю чи вітрогенератором.

Більшість таких будинків будують за такими принципами:

- зменшення необхідної енергії;
- використання надлишків енергії;
- зменшення необхідності в штучному охолодженні (опаленні);
- забезпечення високоефективними системами керування мікрокліматом та іншими системами, зокрема освітлення;
- забезпечення поновлюваними джерелами енергії сонця, вітру тощо.

На практиці термін «будинок нуль енергії» може мати різні значення:

– **будівлі з нульовим чистим споживанням енергії із загальної мережі**, які подають в енергомережу впродовж року таку саму кількість енергії, яку вони отримують із цих мереж;

– **будівлі з нульовими викидами вуглецю**, які не використовують енергію, що призводить до викидів CO₂, або які впродовж року компенсують використану енергію

викопного палива за рахунок власного виробництва достатньої кількості енергії без викидів CO₂;

– *окремо розміщені будівлі з нульовим споживанням енергії із загальної мережі*, які не вимагають під'єднання до будь-яких мереж, крім резервних. Такі будівлі можуть зберігати енергію для використання в нічний час доби або в зимовий період;

– *будинки з позитивним енергобалансом або активні будинки*, які подають у системи енергопостачання більшу кількість енергії, ніж використовують. За 1 рік ці будівлі виробляють більше енергії, ніж споживають.

Преваги:

– власники таких будинків можуть не турбуватися про майбутнє подорожчання енергоносіїв;

– підвищений комфорт за рахунок рівномірного розподілу тепла в будинку;

– немає потреби в жорсткій економії енергії;

– знижується загальна щомісячна вартість життя;

– вища вартість перепродажу будинку, оскільки попит на такі будинки більший, ніж пропозиція.

Недоліки:

– витрати на будівництво значно вищі;

– дуже мало архітекторів та будівельників мають необхідні знання, щоб зводити такі будинки;

– хоча будинок упродовж 1 року може отримати та віддати в мережу однакову кількість енергії, але якщо він братиме енергію в час пік, то це не знизить необхідної потужності електростанцій;

– будинок не може ефективно використовувати енергію сонця, якщо південна (для північної півкулі) сторона будинку перебуває в тіні.

1.4.4 Зведення активних будинків в Україні

Українці найчастіше використовують у будівництві цеглу, метал і бетон, однак на ринку існують компанії, що пропонують енергоефективні помешкання. Перший в Україні серійний енергоефективний дім звели під Києвом у 2015 році.

Компанія «ВЕЛЮКС» (Україна) є одним з організаторів першого проєкту енергоефективного будинку, створеного на основі концепції «Активний дім». Енергоефективний будинок побудували в селі Микуличі (20 км від Києва) на ділянці 0,06 га розміщеній на території котеджного містечка. OptimaHouse – це сучасний будинок загальною площею 128 м² із мансардним поверхом і терасою, розрахований на проживання сім'ї з 3 осіб. На двох поверхах, урахувуючи мансарду, розміщені вітальня, кухня-їдальня, 2 спальні, загальна гардеробна, санітарний вузол із душовою, простора ванна кімната з пральнею, технічне приміщення з усіма інженерними системами. В OptimaHouse встановлено 9 мансардних вікон лінії Premium. Переважна частина вікон із дистанційним керуванням та живленням від сонячної батареї для більшого ефекту енергозбереження. Усі вікна оснащені загартованим зовнішнім склом і внутрішнім склом «триплекс» для безпеки та комфорту мешканців будинку. Обов'язковим елементом конструкції є клапан для провітрювання зі змінним фільтром. У відкритому вигляді він сприяє проникненню свіжого повітря в приміщення навіть за закритого вікна. А фільтр надійно захищає від потрапляння пилу та комах.

Отже, для опалення будинку можна використати систему теплового насоса в поєднанні із сонячними панелями і сонячними колекторами для підігрівання води, які встановлені на даху із західної та східної сторін будівлі.

Економити на електроенергії дозволить також продумана система природного освітлення і прозорі конструкції (фасадні і мансардні вікна, двері), які також забезпечать надходження природного тепла.

В окремому приміщенні будинку встановлено інвенторне обладнання, з'єднане з акумулятором, який дозволяє перетворювати енергію сонця на електричну, а також накопичувати її на випадок непередбачуваних відключень у мережі.

Завдяки використанню енергоефективних технологій, сонячним батареям, високому рівню автоматизації керування енергоспоживанням, а також теплоізоляції і системі природного освітлення, річне споживання енергії будинком OptimaHouse буде на 65 % нижче, ніж у звичайних будинків аналогічного розміру.

Таким чином, річне споживання енергії для опалення будинку становитиме до $40 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$ (загальне споживання енергії – до $60 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$).

Вартість такого будинку становить до $1\,000 \text{ \$}/\text{м}^2$ з внутрішнім обробленням. Проект призначений для споживачів із середнім доходом. За словами розробників OptimaHouse, мешканці стандартних будинків щомісяця за енерго- і водоспоживання платять близько 96 \$, а мешканці OptimaHouse будуть платити 14 \$ за 1 місяць.

У Дніпрі придумали спосіб швидкого будівництва екобудинків – за допомогою панелей із соломи. Солома – доступний природний матеріал. Процес дуже простий: на дерев'яний каркас пресом утрамбовують соломку. Краї підрівнюють і отримують рівну панель. Таким способом можна «побудувати» солом'яний будинок лише за 2 місяці. Переваги солом'яного матеріалу – це його теплохарактеристики, які вдвічі більші за необхідні.

Компанія «Екопан» для створення будинку використовує панельно-каркасну технологію, яку ще

називають SIP-технологією (Structural Insulated Panel – структурна ізоляційна панель): будівлю збирають як конструктор із готових елементів. Економно та швидко. Для будівництва використовують панелі завтовшки 20 см. За температури ззовні 12 °С для опалювання будинку площею 200 м² потрібно лише 10 м³ газу на 1 добу, що майже у 9 разів менше, ніж для опалювання кам'яного будинку такої самої площі.

Вартість будинку – близько 500 \$/м² з урахуванням внутрішнього оброблення.

Будинки такого самого типу дуже поширені в Канаді, Норвегії, на Алясці та в інших країнах із суворим кліматом. Навіть без опалення і в сильний мороз будинок не промерзне.

Будинок-термос, який ефективно економить тепло, побудував своїми силами житель Івано-Франківська. За словами господаря, влітку будинок відмінно зберігає прохолоду, а взимку майже не потребує опалення.

Пасивний будинок

Навесні 2016 року в Україні запустили стартап PassivDom, що передбачає створення не просто пасивних будинків, а повністю автономного житла. Будинок, який не потребує підключення до комунікацій, можна побудувати навіть високо в горах.

Каркас будинку створено на 3D-принтері і не містить стиків, що гарантує хорошу теплоізоляцію.

Житло збирають із модулів по 36 м², на даху будинку встановлюють сонячну електростанцію. Для очищення не дуже забрудненої води (наприклад, із душу) та її повторного використання є спеціальна система.

PassivDom – це «розумне» житло: система сама регулює температуру в приміщенні за даними прогнозу погоди, контролює заряд акумуляторів та багато іншого. За

допомогою програми на смартфоні функціями будинку можна керувати.

Створення будинків за модульною технологією застосовують і в Португалії. Компанія Gomos System «будує» житло лише за 3 дні.

Компанія Neoasce будує пасивні будинки з герметичним прошарком, що забезпечує теплоізоляцію високої якості. Компанія додержується німецьких принципів Passivhaus.

Енергію для будинку виробляють сонячні батареї і колектори, теплові насоси. Будинок не потребує під'єднання до електромережі або до системи опалення. Вартість будинку – 1 000 \$/м² з урахуванням внутрішнього оброблення, комунікацій та сантехніки.

Для порівняння в таблиці 1.1 наведені витрати теплової енергії за видами будинків в Україні.

Таблиця 1.1 – Витрати теплової енергії за видами будівель в Україні

Індивідуальний житловий будинок (загальна площа – 140 м²)	Річна витрата тепла, кВт · год/м³	Питома витрата тепла, Вт · год/м²
Будинки старої забудови (до середини 90-х років минулого століття)	600	125
Будинки згідно з ДБН В 2.2-15-2005	150	70
Будинки низького енергоспоживання	70	14–32
Будинки ультранизького споживання	30–15	14–7
Сучасний пасивний будинок	Менше ніж 15	Менше ніж 7

1.5 Аналіз ефективності впровадження проєктів з енергозбереження в будівлях

Розроблені проєкти та виконані роботи з енергозбереження в житлових і громадських будівлях зазвичай є самоокупними. Економія коштів, досягнута за рахунок скорочення споживання теплової енергії, забезпечує повернення вкладених у запровадження проєктів фінансових витрат.

Вихідною величиною щодо розрахункового аналізу економії від упровадження проєктів щодо заощадження енергії є визначення базового рівня теплоспоживання будівель до початку реалізації заходів з енергозбереження.

Базовий рівень встановлюється індивідуально для кожної будівлі на основі аналізу фактичних обсягів теплоспоживання за попередні роки (за приладами обліку або договорами з теплостачальною організацією). Визначають теплову потужність будівель за питомою опалювальною характеристикою як попередній розрахунок для подальшого порівняння розрахункової величини з базовим тепловим навантаженням.

Економію теплової енергії розраховують як різницю між базовим та проєктним розрахунковим теплоспоживанням будівель. Її величина залежить від різниці погодних умов між базовим та розрахунковим роком: чим більша різниця температурних показників відповідних періодів року, тим розрахункова величина економії буде меншою і навпаки. З метою уникнення значної похибки у визначенні реальної енергоефективності запропонованих заходів необхідно приводити показники теплоспоживання до стандартних умов.

Потрібно зазначити, що для визначення економії теплоенергії необхідно розділити загальне базове теплоспоживання на його складові обсяги – на опалення

(теплову вентиляцію) та гаряче водопостачання (ГВП), які визначаються за показниками приладів обліку.

Запровадження об'єднаної електронної системи моніторингу та керування споживання обсягами енергоресурсів, особливо в будівлях бюджетної сфери, дозволить максимально об'єктивно оцінити рівень економії від запровадження можливих енергозберіжних технологій щодо зниження витрат на опалення чи гаряче водопостачання в адміністративних і громадських будівлях.

Висновки до розділу 1

На сучасному етапі розвитку технологічних рішень із підвищення енергоефективності визначальним фактором є рівень збереження теплової енергії в будівлях, що є основним завданням, вирішення якого пов'язане з організацією робіт в інших енергетичних системах – гарячого водопостачання, електропостачання, вентиляції, кондиціонування, освітлення.

Основними напрямками теплозбереження в будівлях є регулювання пасивного та активного тепломасообміну всередині приміщень і використання різних теплоізоляційних матеріалів для підвищення теплозахисту будівель. Під час виконання зазначених напрямів із підвищення енергоефективності особливу увагу необхідно приділяти не лише новому будівництву, а й фонду житлових та громадських будинків, що перебувають в експлуатації, і теплотехнічні характеристики яких не задовольняють сучасні вимоги з енергозбереження.

Контрольні запитання до розділу 1

1 Які фактори, що визначають тепловий комфорт і ступінь енергоспоживання в приміщеннях, найбільше піддаються керуванню?

2 На які види поділяють вологу, яка надходить до огорожувальних конструкцій?

3 Які існують основні види пасивного впливу на режим тепломасообміну в будинках?

4 Які існують основні види активного впливу на режим тепломасообміну в будинках?

5 Що таке режим тепломасообміну, і на які типи його поділяють?

6 У чому полягає основне завдання нормативних документів з енергозбереження в будівельному комплексі?

7 Що означає поняття «фізичне зношування житлових будинків»?

8 Що означає поняття «моральне зношування житлових будинків»?

9 Які існують основні способи додаткового теплозахисту стін будівель?

10 У чому полягають заходи щодо створення нормативного температурно-вологісного режиму в будівлях?

11 Які складові характеризують зовнішній та внутрішній вплив на теплозахист будівлі?

12 Які основні теплоізоляційні матеріали застосовують під час утеплення будівель?

13 Яка основна класифікація технологій нанесення теплоізоляційних матеріалів на стіни будівель?

14 Назвіть основні вимоги, яким повинні відповідати світлопрозорі огороження житлових будинків.

15 Перелічить послідовність основних методів модернізації системи опалення будівель.

16 У чому полягає суть визначення економії витрат на теплову енергію під час термомодернізації будівель?