

## Економічні особливості проектування житлових будівель

**Анотація:** успішні проекти енергоефективних будинків є гарною основою для конструювання екологічних будинків. Ідея зведення будинків з низьким і навіть нульовим споживанням енергії не нова: в Європі рахунок таким будівлям йде на тисячі. Перший з'явився в Швеції три десятки років тому, потім процес пішов у Німеччині.

**Ключові слова:** житлові будинки, економічні, екологічні, екобудинки, енергоефективність

Економічно та доцільно проектувати передбачає створенню концепції проектування, побудови й експлуатації будівлі, для чого слід визначитись з особливостями сучасного стану енергозбереження у виробництві й експлуатації як самих будівельних матеріалів, так і споруди у цілому. Це означає:

- використання меншої кількості енергії для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій; для опалення, охолодження і провітрювання будівель;
- використання енергій, що мають здатність до самовідновлення;
- утилізацію і вторинне використання відходів з урахуванням екологічних аспектів;
- використання природних і екологічно-чистих матеріалів;
- забезпечення природного перебігу процесів у навколишньому середовищі.

Ефективність енергозбереження й екологічність будівлі визначається сукупністю багатьох факторів: вибором місця для будівництва та підбором екологічних матеріалів і конструкцій; пасивним і активним використанням енергоносіїв, що мають здатність до відновлення; енергетично вигідним інженерним оснащенням тощо. При виборі місця для будівлі мають бути враховані: кліматичні умови; топографія; орієнтація будівлі за сторонами світу; освітленість або затінення місця; сила та напрямок вітрів; захищеність будівлі зеленими насадженнями.

Архітектурний проект самої будівлі, як невід'ємний компонент, включає заходи з економії енергії і визначається: компактністю форми будівлі (найкомпактнішою формою будівлі є напівкуля, її частина об'єму відносно об'єму напівкубу становить 81%, далі циліндр — 92%, піраміда — 98%); орієнтацією будівлі; розташуванням вікон; зонуванням будівлі (поділ на тепліші житлові й холодніші допоміжні зони); створенням масивних об'ємів, що нагромаджують, а згодом віддають тепло.

Поряд з активним використанням сонячної енергії можливе і пасивне її використання засобами планування будівлі. Так, за допомогою «буферних зон» стає можливим підігрів свіжого повітря і забезпечення ним інших функціональних зон. Окрім теплоізоляції будівель, істотного значення набуває здатність конструктивних елементів із різних матеріалів сприймати, зберігати і віддавати тепло. Матеріали, спроможні сприймати тепло і віддавати його з часовим відставанням, врівноважують температуру внутрішнього середовища. Як

простий і недорогий сонцезахист може застосовуватись широкий дах. Виступ даху захищає внутрішні приміщення від перегріву у час високого літнього сонця, але дозволяє низькому зимовому сонцю заглядати углиб приміщень.

Переходячи до енергетично-екологічних аспектів, відзначимо наступне. Найбільша частка енергії у традиційному будівництві використовується на опалення. Теоретично кожен будинок можна отопити так, щоб він став пасивним, тобто відзначався незначною потребою в енергію. Тут завдяки застосованим рішенням і матеріалам забезпечується тепловий комфорт, однаковий у зимовий та літній періоди. У пасивних будівлях річні витрати на опалення становлять всього 15 кВт\*год/м<sup>2</sup>\*рік. Джерелом тепла у пасивних будівлях можуть бути зведені системи, що одночасно використовують конденсаційні котли, теплову помпу, сонячні колектори, а також рекуператор повітря. Для порівняння: будівлі, зведені в Україні до 1988 р., використовують на обігрів 240-350 кВт\*год/м<sup>2</sup>\*рік, тобто у 16-23 рази більше порівняно з пасивними будинками. Сучасніші будівлі (2003-2007 рр.), використовують 120-160 кВт\*год/м<sup>2</sup>\*рік, тобто у 8-10-разів більше порівняно з пасивними будинками. Навіть будинки, що зараз визнаються енергозберігаючими, все ж використовують у 5 разів більше енергії ніж пасивні будинки.

*Основними критеріями пасивного будівництва є:*

1) Термоізоляція зовнішніх стін: а) У будинку має бути замкнута термічна оболонка, що охоплює простір теплового комфорту, тобто всі приміщення, де температура в зимовий період повинна перевищувати 15°C. б) Термічна оболонка повинна створювати високу теплову ізоляцію у кожному місці будинку; мінімальна товщина утеплення у кожному місці оболонки становить принаймні 0,25 м при коефіцієнті теплопровідності  $\lambda=0.04$  Вт/(м\*К). Поза ізоляцією стін і даху значну увагу слід приділити деталям, щоб запобігти виникненню містків холоду, адже скраплення водяної пари у елементах конструкції відбувається за температури, нижчої 9,3°C.

2) Щільність будівельної оболонки є однією із характерних ознак пасивного будинку. Тепле повітря, пробираючись крізь нещільності назовні, охолоджується, до температури, нижчої від точки роси, що зумовлює внутрішнє зволоження стін, погіршення термо- і звукоізоляції та посилюючи ризик виникнення цвілі.

У пасивних енергозберігаючих будівлях із ідеальною щільністю повітрообмін забезпечує система механічної вентиляції з теплообміном. Основним елементом вентиляційної системи є теплообмінник (рекуператор), де тепле повітря, що виходить, обігріває приточне повітря. У процесі рекуперації теплообмін відбувається через поверхні розділу холодного і теплого потоків, якими служать перегородки.

У пасивному будинку вентиляційний теплообмін надає (повертає) 75% необхідної енергії, а при використанні теплообмінників нової генерації - 95%. Додатковим елементом системи вентиляції пасивного будинку є теплообмінник, що складається із системи каналів, встановлених в ґрунті. Взимку температура ґрунту є вищою від температури повітря, отже теплообмінник служить для обігріву повітря. Літом, навпаки, охолоджене повітря обходить спеціальним каналом рекуператора і охолоджує приміщення, діючи подібно до кондиціонера.

3) Вікна у пасивному будинках діють як сонячні колектори: пасивно отримана сонячна енергія істотною мірою компенсує втрати тепла. Разом з тим, збільшення поверхні вікон для пасивного використання сонячної енергії, веде до збільшення втрат тепла у холодний період. Тому ефективно використання сонячної енергії досягається за умови використання теплозахисних склопакетів (двокамерні вікна, заповнені аргоном, повернуті на південь і незатінені). При цьому, широкі дахові звіси необхідно замінити рухомими заслонами — до прикладу маркізами або касетами, які на зиму можна демонтувати.

4) Важливу позицію в енергетичному балансі займає енергія, зв'язана з нагрівом води для користування. Вода надходить до будівлі холодною, за температури не вище 10°C, й прогрівається у трубах уже на місці. Це зумовлює втрати енергії, тому в пасивному будівництві звертається особлива увага на обмеження протяжності труб холодної води та їхню якісну теплоізоляцію.

5) Теплова помпа - це інноваційна обігрівальна система, рішення XXI століття.

Помпа вважається найбільш обґрунтованою економічно опалювальною системою у випадку, коли відсутнє постачання природного газу у будівлю. Цей пристрій отримує тепло просто від оточення: землі, води або повітря - і перетворює на енергію для опалення будинку й підігріву води. Це забезпечує оптимальний комфорт при найнижчих коштах експлуатації. Помпа має стабільний ККД протягом періоду експлуатації, що вигідно вирізняє її на тлі залишкових обігрівальних пристроїв, таких як газовий чи масляний котли.

Теплова система, що використовує помпу, не є складною. Вона формується із трьох конструктивних частин: нижнього джерела - ґрунтовий теплообмінник, що отримує тепло від оточення; верхнього джерела - прилад, що віддає тепло (переважно низькотемпературна система центрального опалення або система теплої води для користування), причому третьою частиною є сама помпа, що знаходиться між нижнім і верхнім джерелами та являє собою серце системи.

Для досягнення 100% обігрівальної потужності, вона використовує приблизно на 70% енергію тепла ґрунту або повітря, а також на 30% електроенергію. Використовуючи на помпу 1 кВт\*год електроенергії можна отримати чотирикратно більше, тобто аж 3 кВт\*год задарма. Тобто, помпа є найбільш енергозберігаючим пристроєм для обігріву будівель і забезпечення їх теплою водою.

6) Сонце посилає на Землю дуже багато енергії – впродовж майже 9 хвилин потрапляє на нашу планету така її кількість, якої ціла людська популяція не змогла б використати протягом одного року. Україна має в цьому також свою частину - навіть у похмурі дні, коли сонячне випромінювання обмежене на 50%, кількість сонячної енергії, доставленої до ґрунту, відповідає паливній вартості 100 літрів рідкого палива на 1 м<sup>2</sup> впродовж року. Тому система сонячних колекторів дає змогу покрити 50 ... 65% необхідної енергії річного тепловодопостачання житлового будинку.

Кожна особа в родині використовує в середньому 50 літрів теплої води на добу. У технології системи сонячних колекторів для підігріву такої кількості води потрібно менше 1 м<sup>2</sup> поверхні колектора, поміщеного на даху будівлі.

Доповненням пасивного дому є енергозберігаюче обладнання домашнього господарства, освітлення, устаткування класу А та А<sup>+</sup>. Для отримання електроенергії у пасивному будівництві можуть також використовуватись сонячні фотоелектричні батареї, які повертаються за сонцем, та вітрогенератори.

Завершенням є питання про рентабельність пасивного будівництва. Всупереч видимості, зведення пасивного будинку не є істотно дорожчим від традиційного.

У Західній Європі пасивне будівництво дорожче приблизно на 8 ...15%. У Польщі додаткові кошти становлять на 15 ... 20% залежно від виду будівлі, її призначення, додаткового обладнання. Пасивний будинок вимагає більших витрат на утеплення, спеціальні вікна, двері та систему вентиляції.

Натомість, заощаджується на окремій системі опалення, якою пасивний будинок переважно не оснащений. Такі будинки стають чимраз популярнішими в Європі; це тільки питання часу, інформації та впровадження технологій і вони з'являться в Україні. Уже тепер у Львові будуються споруди з ґрунтовими теплообмінниками (встановлені у фундаменті контейнери, заповнені кісткою із базальту дуже високої питомої теплоємності); Інститутом термоелектрики у Чернівцях розроблені високоефективні термоелектричні матеріали для сонячних елементів; у Криму виготовлено і встановлено вітрові електростанції тощо. Ці роботи повинні бути зведені у цілісні концептуальні проекти з утіленням в конкретних спорудах, оснащених програмно-технічним забезпеченням і управлінням за типом "Розумний енергонезалежний будинок", причому архітектурний проект самого будинку має відповідати Європейській хартії про сонячну енергію в архітектурі та містобудівництві тощо.

Розглянемо детально, що таке «пасивний дім»

Пасивний будинок (англ. passive house) - енергоефективна будівля, що відповідає найвищим стандартам енергозбереження. При цьому тепловтратам запобігають завдяки конструктивним особливостям будівлі, в яких використовуються сучасні енергозберігаючі технології та високоефективні теплоізоляційні матеріали.

Пасивний або нульовий будинок часто називають також «екологічним будинком» («ЕкоДім»). Відомо, що близько 40% викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу утворюється при спалюванні палива, використовуваного саме для опалення будівель. Застосування нульових будинків може скоротити ці цифри - адже в них для обігріву використовуються альтернативні джерела енергії. Крім цього, для будівництва вибираються екологічно чисті матеріали, часто традиційні - дерево, камінь, цегла. У Європі прийнята така класифікація енергоефективних будівель: будинки низького енергоспоживання (БНЕ), будинки з ультранизьким енергоспоживанням (БУЕ) і пасивні - не потребують опалення.

У таблиці 1 наведені теплоенергетичні характеристики малоповерхових будівель різного ступеня енергоефективності.

Таблиця 1. Розхід теплової енергії за видами будівель в Україні

| Індивідуальний житловий будинок<br>140 м <sup>2</sup> загальної площі | Річний розхід тепла,<br>кВт, год/м <sup>3</sup> рік | Питома витрата<br>тепла, Вт год/м <sup>2</sup> |
|---|---|--|
| Будинки старої забудови (до<br>середини 90-х рр.)                     | 600   | 125  |
| Будинки згідно ДБН В 2.2-15-2005                                      | 150   | 70   |
| Будинки низького енергоспоживан-<br>ня                                | 70  | 14-32  |
| Будинки ультранизького енергос-<br>поживання                          | 30-15   | 14-7   |
| Сучасний пасивний будинок   | менше 15  | менше 7  |

Для пасивного будинку енергоспоживання складає близько 10% від питомої енергії на одиницю об'єму, споживаною більшістю сучасних будівель. Незначне опалення потрібно лише в період негативних температур. В ідеалі пасивний будинок є незалежною енергосистемою, взагалі не вимагає витрат на підтримку комфортної температури повітря і води. Основним принципом проектування енергоефективного будинку є використання всіх можливостей збереження тепла. У такому будинку немає необхідності в застосуванні традиційних систем опалення, вентиляції, кондиціонування, водопостачання. Опалення нульового будинку здійснюватися завдяки теплу, що його виділяє живуть в ньому людьми, побутовими приладами та альтернативними джерелами енергії, гаряче водопостачання - за рахунок установок поновлюваної енергії, наприклад, теплових насосів, сонячних батарей і термовіхрових установок.

Основним принципом проектування енергоефективного будинку є використання всіх можливостей збереження тепла. У такому будинку немає необхідності в застосуванні традиційних систем опалення, вентиляції, кондиціонування, водопостачання. Опалення нульового будинку здійснюватися завдяки теплу, що його виділяє живуть в ньому людьми, побутовими приладами та альтернативними джерелами енергії, гаряче водопостачання - за рахунок установок поновлюваної енергії, наприклад, теплових насосів, сонячних батарей і термовіхрових установок.

1) Раціоналізація архітектурно-планувального рішення.

2) Хороша теплоізоляція всіх частин будівлі. Для утеплення стін, покрівлі та фундаменту використовуються вискоефективні утеплювачі, що по теплових властивостях еквівалентно цегляній кладці товщиною шість-вісім метрів.

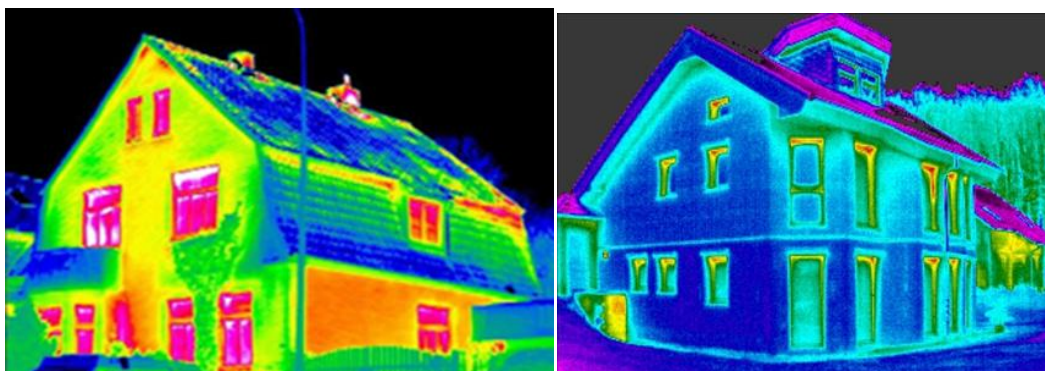
3) Використання трикамерних склопакетів з низьким показником теплопередачі.

4) Особлива увага приділяється тонкій роботі з так званими містками холоду (стики елементів, металеві частини, кути будівлі), через які тепло активно йде.

5) Герметизація будівлі, і вона дійсно стає термосом, не випускаючи повітря.

Результат: необхідність в опаленні простору різко знижується. Критерієм пасивного будинку є споживання теплової енергії - 15 кВт на один квадратний метр в рік. Це в 10-15 разів менше, ніж у радянських будинків, зведених в 1970х.

Для порівняння тепловтрат наводимо термограму:



а) "звичайний" будинок б) "пасивний будинок"

Рис. 1. Теплограма тепловтрат звичайного і пасивного будинку

Тепловтрати пасивного будинку близькі до нуля. При тих же умовах звичайний будинок «опалює» вулицю.

Пасивний будинок за вартістю приблизно на 15-20% дорожче «звичайного» житлового будинку, при тому, що експлуатаційні витрати на опалення менше на 90%, що дозволяє швидко окупити початкові витрати.

Отже, концепція енергозберігаючого будинку припускає наступне:

- Правильна орієнтація будівлі відносно сторін світу, відкритість і відсутність затінення південного фасаду, вітрозахист північної глухої сторони будівлі зеленими насадженнями, деревами, іншими будівлями госп. призначення;
- Максимальна компактність будівлі – співвідношення площі огорожувальних конструкцій – стін, вікон, даху, підлоги і всього обсягу будинку (його корисної площі). Чим менше площа огорожувальних конструкцій по відношенню до корисної площі будівлі, тим компактніше воно;
- По можливості повна відсутність балконів та інших зовнішніх елементів. Ідеальною вважається максимальна наближеність форми будівлі до півсфери, що стоїть зрізом на землі;
- Розташування з півдня максимальної кількості вікон, світлопрозорих конструкцій, які пропускали б глибоко в будівлю промені низького зимового сонця, але не більше 40% від площі стін;
- Наявність зовнішньої річної сонцезахисту у вигляді еркерів, карнизів, терас, затіняють світлопрозорі конструкції, вікна і не дають потрапляти променям високого літнього сонця в будівлю;
- Оптимальне розташування і співвідношення вікон та інших світлопрозорих конструкцій повинно бути наступним: 70-80% з південного боку, 20-30% з східної, 0-10% із західною
- Відсутність на північній стороні вікон, світлопропускаючих конструкцій, через які тепло покидало б будівлю;
- Поділ на буферні і житлові зони; розташування допоміжних приміщень з півночі в якості буферних зон; розташування житлової зони на південному сході;
- Наявність масивних акумулюють елементів всередині приміщень – стін з повнотілої цегли або бетону, оброблених зсередини, наприклад, глиняного

штукатуркою, для забезпечення прийому, збереження і віддачі ними енергії в місцях, куди потрапляють прямі сонячні промені від низького зимового сонця;

- Уловлювання акумулюючими елементами енергії внутрішніх джерел тепла – побутових приладів, комп'ютерів, освітлення, тіла людини, і т.п .;
- Повне утеплення всього периметра будівлі: фундаменту, стін, даху; тобто, створення зовнішньої теплоізоляційної оболонки будинку – теплопровідність щільних огорожувальних конструкцій (фундаменту, стін, даху) в пасивному будинку не повинна перевищувати 0,15Вт / м. ХС. Теплопровідність вікон та інших світлопрозорих конструкцій не повинна перевищувати 0,85Вт м. ХС;
- Внутрішня теплоізоляція всіх зовнішніх огорожувальних конструкцій – фундаменту, стін, даху;
- Максимально можлива герметичність (повітронепроникність) зовнішньої оболонки будівлі;
- Система припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією;
- Використання підземних каналів (грунтових теплообмінників) для пасивного попереднього підігріву (або охолодження) повітря і води.

Використання вище перелічених прийомів дозволяє енергозберігаючому будинку дуже добре зберігати тепло: взимку при аварійному відключенні системи опалення температура всередині такого будинку знижується лише на 1-2 ° С на добу.

Якими способами вирішуються описані завдання? Наприклад, правильна орієнтація будівлі залежить від рельєфу місцевості, від сезонних вітрів, наявності або запланованої посадки зелених насаджень, дерев. Вимога до відкритості південного фасаду має ключове значення для надходження сонячної енергії, припускає достатній вільний простір з цього напрямку. Захищеність північній частині будівлі теж не менш важливо – чим краще прикрита північна сторона будівлі, тим менше втрат буде в цьому напрямку. Виграшно виглядають в цьому відношенні будинку на південних схилах пагорбів, а так само будинки, прикриті з Півночі не житловими будовами, садом, лісом, посадкою.

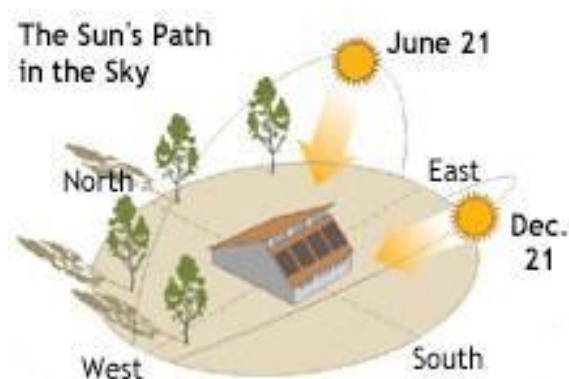


Рис. 2. Шлях сонця над об'єктом впродовж року

Хоча оптимальною формою, при максимальному обсязі і мінімальній площі, буде півсфера, форма пасивних будівлі може істотно відрізнятись, залежно від завдань і потреб. На це впливає площа ділянки під будинок, площа його

південного фасаду, архітектурні рішення, поверховість, а так само інші вимоги, зокрема, наявність зовнішнього річного сонцезахисту.

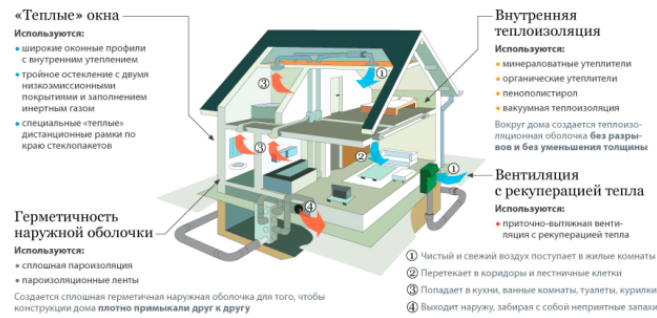


Рис. 3. Загальна схема екологічного житла

Так що насправді наближене до півсфері рішення можна зустріти дуже рідко, в експериментальних проектах. Найчастіше використовується форма будинку, в розрізі з півночі на південь нагадує неправильний багатокутник, з великим південним фасадом і зменшеною площею північного боку. У плані пасивний будинок може бути так само багатокутним, з південно-східним і південно-західним фасадами, але найбільшою популярністю користується план з подовженням по осі захід-схід. Над вікнами, світлопрозорими конструкціями південного фасаду обов'язково повинні розташовуватися елементи зовнішньої сонцезахисту – тераси, козирки, навіси, що перешкоджають проникненню сонячного випромінювання в житлові приміщення в літній період і навпаки, дозволяють низькому зимового сонця максимально прогрівати кімнати.

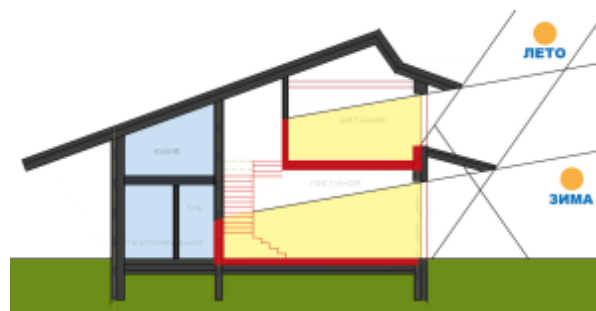


Рис. 4. Регулювання кількості сонячного світла, потрапляючого у будинок за допомогою навісів

Внутрішня компоновка пасивного будинку підпорядкована все тієї ж задачі мінімізації тепловтрат житлової зони і максимальному надходженню сонячного тепла в неї. Для вирішення в північній частині будинку зазвичай розташовують не житлові приміщення – ванні кімнати та санвузли, кухню, комори. Житлові приміщення – спальні, дитячі, вітальні – розташовують в південно-східній, південній частинах будинку. Пасивні будинки часто мають відкриті плани (перетікають простору) для полегшення термосифонного ефекту в переміщенні сонячного тепла від південного фасаду через весь будинок. Для розподілу теплового повітря в будівлях із закритими планами використовується система вентиляції.



Особливе місце в енергозберігаючому будинку приділяється використанню сонячного тепла. Щоб промені вільно проникали всередину в холодний період року, площа скління може становити до 40% південного фасаду. Для збереження сонячного тепла внутрішні стіни житлових приміщень, розташовані навпроти вікон, роблять теплоакумуючими і виготовляють з матеріалів високої щільності: бетону, цегли, каменю, саману. Ці матеріали, через ефект теплової інерції – здатності поглинати енергію і віддавати її через якийсь час, можуть запасати теплову енергію для подальшої повільного її віддачі, знижуючи температурні коливання в будівлі.

Таким чином, значну частину опалювального навантаження будівлі може нести сонячна енергія. Важливим способом запобігання втрат в пасивному будинку є теплоізоляція. При цьому проводиться чітке розділення функцій будівельних матеріалів в конструкціях. Конструкційні і з'єднувальні елементи повинні забезпечувати міцність, утеплювачі повинні забезпечувати теплову ізоляцію, декоративно-оздоблювальні матеріали – зовнішній вигляд. При такому підході вдається скоротити кількість мостів холоду, за якими тепло з будинку може виходити назовні. У будинку формується кілька шарів теплоізоляції – внутрішня і зовнішня.

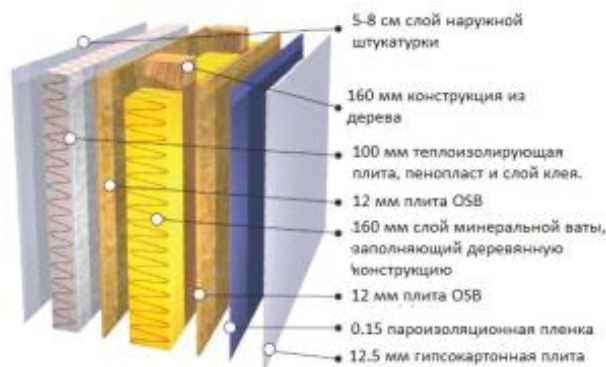


Рис. 5. Концептуальний склад теплоізолюючої стіни

Для зовнішньої теплоізоляції стін застосовують системи зовнішнього утеплення будівлі. Це вентильовані навісні фасади і системи фасадного утеплення з штукатурним шаром. Крім того, використовуються теплоізолюючі панелі товщиною 25 – 40 см. Теплоізоляція повинна бути безперервною, без отворів. Наприклад, балкони не повинні безпосередньо стикуватися з огорожувальними конструкціями – стінами, перекриттями, а відокремляться від них термоізоляцією і розташовуватися на зовнішніх опорах. Внутрення теплоізоляція часто виконується в одному блоці з пароізоляцією, для збереження повної герметичності будівлі, а так само з внутрішнім декоративним покриттям, у тому числі з екологічно чистих матеріалів.

Термоізоляція даху має так само важливе значення, і рішення аналогічні термоізоляції стін. У пасивних будинках ще з перших проектів широко поширена односхилий дах, який легше утеплювати, хоча зустрічаються складні ламані конструкції.

Термоізоляція даху – це багатошарова система, що включає як власне теплоізоляцію із запобіганням мостів холоду, так і пароізоляцію, що дозволяє вентилувати дерев'яні елементи даху, а так само перешкоджає утворенню конденсату, що знижує ефективність ізоляційних властивостей утеплювача. Крім повністю утеплених дахів, зустрічаються холодні покрівлі, коли утеплюється верхнє перекриття, а власне покрівля є окремим елементом конструкції будинку. Фундамент будинку – фундамент – теж повністю теплоізолюється з одночасною гідроізоляцією. Вирішується це наступними заходами: теплоізоляцією фундаменту зовні по всій висоті; установкою горизонтальної зовнішньої теплоізоляції по периметру будинку біля нижньої кромки опори фундаменту; установкою фундаментних блоків на піщану подушку; застосуванням схеми укладання плити першого поверху на ґрунт через сендвіч: піщана подушка, гідроізоляція, товстий утеплювач; так само фундаментні блоки над поверхнею повинні мати теплоізоляцію зовні і зсередини. При такій схемі зона промерзання ґрунту буде знаходитися на значній відстані від будинку і витоку тепла через подпол будуть несуттєві. Аналогічним чином вирішуються проблеми скорочення тепловтрат при облаштуванні підземних приміщень. Крім утеплення фундаменту також проводяться заходи по теплоізоляції перекриття.

Велика увага в пасивних будинках приділяється склінняю і вікнам. У вікнах для таких будинків використовують герметичні склопакети, щонайменше, з двома контурами ущільнень між рамою і стулками. При цьому самі вікна повинні бути оснащені склопакетом з низько емісійним покриттям, заповненим інертним газом, наприклад аргоном. Рами виготовляються з профілю із заповненням, з мінімальним коефіцієнтом теплопередачі, а так само з дерева. Часто вікна роблять не відкриваються, або відкриваються тільки на провітрювання.

Таблиця 2. Порівняння теплоізоляційних характеристик різного виду скління вікон

| Скління                            | 1 скло  | 2 скла | 2 скла з низькоемісійним покриттям, заповненим інертним газом | 3 скла з низькоемісійним покриттям, заповненим інертним газом |
|------------------------------------|---------|--------|---|---|
| $U_g$ , (Вт/м <sup>2</sup> К)      | 5.50    | 2.80   | 1.20  | 0.65  |
| $R_0$ , (м <sup>2</sup> °С)/Вт     | 0.18    | 0.35   | 0.83  | 1.54  |
| Температура на внутрішній поверхні | -1.8 °С | 9.1 °С | 15.3 °С   | 17.5 °С   |
| $g$                                | 0.92    | 0.80   | 0.62  | 0.48  |

Іноді, для додаткової теплоізоляції, на вікнах встановлюють віконниці, жалюзі або шторки. Для запобігання утворення мостів холоду вікно при монтажі виноситься в площину теплоізоляції. Тому необхідно приділяти особливу увагу належної установці віконних конструкцій, наприклад, забезпечити ретельну закладення в теплоізоляційний шар, контролюючи при цьому герметичне і щільне.

Ще одним джерелом тепловтрат є входні двері. Тому при вході в енергосьерегаючий будинок повинен бути тепловий тамбур і другі двері. Вимоги до ущільнення притвору дверей і стику дверної коробки з конструктивними елементами будівлі такі ж, як для вікон.

Місця примикання даху, стін, фундаменту пасивного будинку намагаються робити із застосуванням термовкладок з конструкційних матеріалів з низькою теплопровідністю. Наприклад, блоків з пористого бетону, спеціальних видів цегли і т.д. Місця зчленувань додатково герметизують різними видами герметиків, пластичними будівельними розчинами.

До речі, показовим є приклад Скандинавії, коли в шведських пасивних будинках товщина ефективної теплоізоляції в стінах виходить не менше 400 мм, в даху – не менше 500 мм, в нижньому перекритті – не менше 300 мм.

В принципі, застосовуючи сучасні теплоізолюючі, показник витрат енергії на опалення можна знизити менше нормативу, але розрахунки Інституту пасивних будинків продемонстрували, що саме при 15 кВт чисто математично досягається екстремум за показником «ефект / витрати». Якщо намагатися знизити до нуля витрати на тепло, різко зростають витрати на будівництво і складність системи.



Рис. 6. Суцільна герметична оболонка, виконана без розривів

Однією з найважливіших інженерних систем пасивного будинку, що дозволяють істотно зменшити втрати тепла, є система вентиляції з рекуперацією повітря – припливний і витяжний вентиляційні канали повинні проходити через рекуператор, де частина тепла відпрацьованого, але нагрітого повітря передається свіжому, але холодному повітря з вулиці. Так само припливне канал для забору повітря може бути прокладений під землею, нижче рівня промерзання, щоб додатково підігріти (або охолодити влітку) повітря. Але для досить холодного клімату застосування такого теплообмінника сумнівно, тому що існує реальна небезпека конденсації і замерзання в ньому вологи при низьких температурах.

У кінцевому підсумку система рекуперації дозволяє повертати в приміщення до 90% тепла від втрат повітрям.

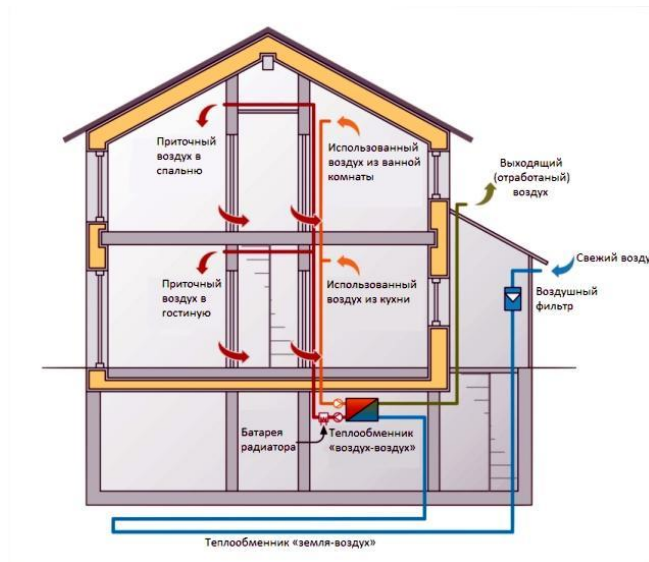


Рис. 7. Схема повітрообміну в пасивному будинку

### *Архітектурне рішення*

- енергетично раціональна орієнтація будівлі по частинах світу з точки зору розташування віконних прорізів, дверей і буферних зон.

### *Об'ємно-планувальне рішення*

- енергоефективна форма будинку, що забезпечує мінімальну площу зовнішніх стін;
- оптимальна площа склону;
- наявність тамбурів на входах.

### *Конструктивні рішення*

- безперервна ізолююча оболонка будівлі з високоефективних теплоізоляційних матеріалів товщиною 25-40см (за розрахунком), відсутність мостів холоду, герметичність;
- використання віконних систем з високим рівнем теплозахисту;

### *Інженерні рішення*

- забезпечення повітрообміну з мінімальними тепловтратами, забезпечуваного механічної приточно-витяжною системою з рекуперацією тепла.

## **ВИСНОВКИ**

У загальному основна задача пасивного будинку – забезпечення теплової ефективності, достатньої для відмови від додаткового опалення. Але в концепції енергоефективного будинку обмежено загальне споживання енергії, тепла, гарячої та холодної води, газу зі сторонніх джерел рівнем до 120 кВт\*год/м<sup>2</sup> в рік. Реальне сукупне енергоспоживання середнього будинку з середньою сім'єю в кілька разів перевищує зазначену цифру. Тобто енергозбереження в усіх сферах споживання – необхідна умова для віднесення житла до цієї категорії.

Що змушує людей прагнути до самообмеження? Звичайно, дуже високі ціни на комунальні послуги та енергоносії. Але не меншою мірою і нова філософія життя, в якій немає зниження рівня комфорту, але є бажання жити в гармонії з довкіллям, не завдаючи їй шкоди. Сучасні технології надають для цього необхідні можливості:

- застосування сонячних колекторів дозволяє повністю відмовитися від використання газу та електричної енергії для підігріву води і приміщення;
- застосування сонячних батарей і вітрогенераторів спільно з акумуляторними батареями дозволяє повністю відмовитися від споживання електроенергії з центральної електромережі;
- застосування контролерів для управління електричними пристроями і системою теплозабезпечення дозволяє оптимізувати мікроклімат у приміщенні, узгодити роботу пристроїв з наявністю людей у будинку;
- застосування функціонально насиченої економічної побутової техніки;
- можливість використання теплових насосів і використання акумульованої теплової енергії;
- можливість використання біогазу, отриманого при бродінні і газогенерації замість магістрального природного газу.

Цей перелік можна істотно продовжити. В даний час ми, в основному, використовуємо запасену енергію Землі і вкрай мало використовуємо енергію з поновлюваних джерел енергії моря, річок, водойм, сонця, вітру.

Пасивні будинки зовсім недавно здавалися малозрозумілою екзотикою. Сьогодні це цілком досяжна реальність, предмет для широкого впровадження і преференцій з боку держави.

Розумні енергонезалежні будинки поки теж екзотика. Але кількість таких будинків збільшується, технології налаштовуються на пропозицію доступних за ціною і якістю пристроїв і матеріалів для забезпечення такого будівництва. У Франції кілька років функціонує 10 поверхова офісна будівля з енергопостачанням від сонячних батарей. Кількість виробленої енергії перевищує власні потреби будівлі. У Китаї відкривається найбільша у світі будівля загальною площею 75 000 квадратних метрів з енергопостачанням від сонячних батарей. Значить з'явиться досвід експлуатації, стандарти виконання і доступні ціни. Це всього лише питання часу. Таке будівництво вже не данина моді і не експерименти. Високі ціни на енергію та енергоносії роблять вигідними вкладення в енергонезалежні об'єкти.

Крім того, пасивні будинки дуже комфортні і екологічно сприятливі для людини. На сьогоднішній день такі споруди - найзручніші і сучасні типи будівель. У такому будинку не буває «холодних» зон, у всіх кімнатах однакова комфортна температура. У них автоматично підтримується оптимальна температура, вологість і чистота повітря, що перетворює життя в такого роду будинках в задоволення. З урахуванням того, що люди близько 60% свого часу проводять в приміщеннях, значення таких об'єктів для підтримки високої якості життя важко переоцінити.

Але не тільки фінансовий фактор змушує споживачів вибирати пасивні будинки. Для багатьох це інвестиції у власне здоров'я. Справа в тому, що в пасивних будинках особливий мікроклімат. Уявімо звичайну квартиру взимку. Вікна зачинені, але досить швидко стає душно, і вони відкриваються. Через нього потрапляє свіже повітря, але при цьому падає температура - і вікно знову закривається. Перепади температури і протяги не дуже корисні. У пасивному

будинку температура стабільна і регульована, а свіже, очищене повітря подається безперервно. Мікроклімат такої будівлі сприяє продовженню життя людини. Є і ще один ефект: так як вікна весь час закриті, то вуличний шум не потрапляє в будинок. Все це створює новий комфорт життя.

#### ЛІТЕРАТУРИ

1. ЭКОДОМ – перспективное направление строительства. С. К. Марьина, А. А. Кикоть, Т. А. Артамонова, С. М. Алаева - Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул
2. Трегобчук В., Веклич О. Ресурсо-екологічна безпека – Економіка України. – 2002. – №4. – С. 12-23.
3. Григорьев Р.В. Оптимизация систем локальной электроэнергетики по критериям энергоэффективности и надежности – Р. В. Григорьев – Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2011. - №4. С. 24-29.
4. Канев С.Н. Современные энергосберегающие технологии в ЖКХ – С.Н.Канев – Энергосбережение. – 2011. – №6 – С. 28-32.
5. Мица Н.В. Сутність та проблеми енергозбереження в Україні – Н.В.Мица – Сталий розвиток економіки. – 2011. - №4. – С. 40-47.
6. Шилкин Н.В. Повышение энергетической эффективности зданий в странах Прибалтики и Восточной Европы – Н.В.Шилкин – Энергосбережение. – 2011. - №7. – С. 17-24.
7. Экология, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей среды и здоровья человека, утилизация отходов: XVIII международная научно-практическая конференция, (7-11 июня 2010г., г.Щелкино АР Крым) / Укр. гос. науч.-техн. центр.
8. Табунщиков Ю.А. Энергосбережение и энергоэффективность – мировая проблема предельной полезности – Энергосбережение. – 2010 - №6
9. Широков Є. Екодiм нульового енергоспоживання: вигiдно, швидко, корисно – Енергозбереження Подiлля. – 2010. – №2
10. Широков Е. Экодом нулевого энергопотребления: реальный шаг к устойчивому развитию – Архитектура и строительство России. – 2009. – №2