

канд. архітектури **Т. Ернст**, член Союзу архітекторів України

МІКРОКЛІМАТ ПАСИВНОЇ БУДІВЛІ ТА ЇЇ ОБОЛОНКА¹



Якщо раніше теплоізоляція споруд була тільки засобом запобігання їх руйнуванню, то нині зрозуміло, що вона дає змогу заощаджувати природні ресурси, обсяги використання яких з року в рік динамічно зростають, і запаси планети невпинно виснажуються.

Належно виконана теплоізоляція створює затишок і комфортний мікроклімат у приміщеннях: можна спокійно притулитися до стіни — і не відскочити від неї, “обпікшись” холодом; не “тягне” по ногах взимку; навесні не крапає зі стелі; немає “розводів” на шпалерах тощо. Якісна теплоізоляція захищає частини будівель від пошкоджень через зміщення “точки роси”² в середину приміщення та випадіння конденсату в місцях значного перепаду температур, тобто запорає утворенню грибків і тріщин на стінах, перекриттях і фундаментах.

Конструкція будівлі може базуватися на несучих (масивних) стінах та на конструктивному каркасі. Дахи будівель та їх фундаменти можуть бути легкими каркасними і масивними. Задля забезпечення комфортного клімату в приміщенні, з метою економії енергії та запобігання руйнуванню будівельних частин будівель, всі без виключення огорожувальні конструкції мають бути якісно теплоізовані приблизно на однаковому рівні (за винятком даху, який слід більше утеплювати, і частин будівлі, які стикаються із землею — їх утеплення можна зробити дещо меншим).

Теплоізоляцію наносять на несучі й огорожувальні конструкції як із середини, так і ззовні. Але однозначно вигіднішим енергетично й екологічно буде розташування теплоізоляції із зовнішньої сторони масивних огорожувальних конструкцій. Це, по-перше, дає змогу уникнути “містків тепла”³ під час пробивання внутрішньої ізоляції несучими конструкціями. По-друге, це дає можливість перемістити “точку роси” із несучих конструкцій у шар теплоізоляції, що істотно подовжує термін експлуатації будівлі й запобігає утворенню плісені та грибка на стінах. По-третє, така конструкція сприяє прогріванню із середини масивних несучих (не захищених із середини теплоізоляцією) конструктивних елементів будівлі, що сприяє створенню більш врівноваженого і комфортного клімату в приміщенні та знижує випромінювальні тепловтрати будівлі.

Утеплення слід виконувати щільно, не пробиваючи шару утеплювача ані конструктивними, ані декоративними будівельними елементами. Так, у першій українській енергопасивній будівлі в Києві задля уникнення “містків тепла” застосовано подвійну конструкцію даху. Перший нижній несучий шар крокв, який через мауерлат спирається на несучі стіни, вкрито шаром утеплювача (екстру-



Утеплення першої української пасивної будівлі знизу, під фундаментною подушкою. Архітектор Тетяна Ернст

дований пінополістирол), який по периметру будівлі без жодного виключення стикався із стіновим утеплювачем. І тільки на шар утеплювача вкладався другий ряд крокв меншого перерізу, на які своєю чергою вкладалася обрешітка під черепицю.

Так само і тераси з південної сторони будівлі виконано на окремому фундаменті та просто “приставлено” до фасаду. Таким чином досягнуто основної мети — отримано щільне й гомогенне зовнішнє утеплення всіх конструкцій будівлі.

Як відомо, в будівлі передача тепла відбувається трьома способами. І якщо передача шляхом теплопровідності та конвекції сповільнюється за допомогою традиційних ізоляційних матеріалів на основі повітряних комірок, то втраті тепла через випромінювання найкраще протидіють масивні конструкції. Достатня теплонакопичувальна здатність матеріалу (тобто його масивність) сповільнює витік теплового випромінювання (вловлюючи промені тепла та накопичуючи його) і, таким чином, ефективно захищає будівлю від охолодження. Масивна кладка стін та масивні



Конструкція подвійного даху першої української пасивної будівлі в Києві. Архітектор Тетяна Ернст

- Оболонкою** будівлі є всі без виключення площини (тобто: зовнішні огорожувальні конструкції будівлі), які стикаються із зовнішнім середовищем: повітрям, землею та іншими твердими тілами (зовнішні стіни, дах, фундамент, підвал тощо).
- Точка роси** — точкою роси при заданому тиску є температура, до якої має охолотитися повітря, щоб вміст водяної пари в ньому досяг стану насичення та почав конденсуватися у росу. Т.р. визначається відносною вологістю повітря. Чим більшою є відносна вологість, тим вищою є т.р. та ближче до фактичної температури повітря. Чим нижча відносна вологість — тим т.р. нижча від фактичної температури. Коли відносна вологість складає 100% — то т.р. співпадає з фактичною температурою повітря.
- Місток тепла** (часто “місток холоду”) — так називаються конструктивні ділянки будівлі, на яких через порушення неперервності теплоізоляційної оболонки відбувається підвищена тепловіддача (вікна, двері, кури, стики конструкцій, виноси балконів тощо). Правильно говорити “місток тепла” — бо через конструкції рухається по “містку” саме тепло, а не холод.

| МАТЕРІАЛ | λ Вт/ м·°С | Паро- непроники́сть Мг/(м·год·Па) | Позитивні особливості | Негативні особливості | Ціна Грн. за м³ |
|----------------------------------|--------------------------|---|---|--|--------------------|
| БУДІВЕЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ | | | | | |
| Залізобетон | 1,7 | 0,03 | Масивна несуча стіна | Накопичує вологу | 800 |
| Керамзитобетон | 0,6 | 0,09 | | Масивна несуча стіна не вище одного поверху | 600 |
| Цегла | 0,5 | 0,11 | Масивна несуча стіна, має (як і глина) властивість втягувати (зайву) та знову віддавати вологу | | 750 |
| Саман | 0,25 | 0,26 | Має властивість втягувати (зайву) та (за потреби) віддавати вологу назад у повітря приміщення | Масивна несуча стіна не вище одного поверху | 300 |
| Піноблок | 0,2 | 0,21 | | Масивна несуча стіна не вище одного поверху, накопичує вологу | 500 |
| Дерево (поперек волокон) | 0,12 | 0,05 | Масивна несуча стіна, має властивість підтримувати постійну 50% вологість у приміщенні | порівняно висока ціна, необхідність якісної вітро- та гідроізоляції ззовні | 1200 |
| ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ | | | | | |
| Керамзитовий ґравій | 0,15 | 0,22 | Природний матеріал (глина), безпроблемна утилізація, низька ціна | Використовується лише як насипна ізоляція, потрібна порівняно велика товщина | 350 |
| Плити з очерету | 0,07 | 0,22 | Природний матеріал, очерет, безпроблемна утилізація, термін експлуатації: 25-35 років | Висока ціна; висока паропроникність (накопичує вологу), відсутність тепловідбивних властивостей | 1000 |
| Коркові плити (чорний агломерат) | 0,07 | 0,09 | Природний матеріал, екологічно чистий, безпроблемна утилізація, термін експлуатації: 25-35 років | Дуже висока ціна, може накопичувати вологу, відсутність тепловідбивних властивостей | 2400 |
| Піноскло | 0,06 | 0 | Необмежений час експлуатації, екологічність (скло), відсутність емісій, повна водо- та паронепроники́сть, висока міцність, тепловідбивні властивості, негорючий | Порівняно висока ціна | 2100 |
| Пінопласт ПВХ | 0,05 | 0,23 | Дешевий матеріал | Штучний матеріал, наявність емісій, висока водо- та паропроникність, швидке накопичення води та руйнування, короткий термін експлуатації: до 5 років, горючий | 400 |
| Мінеральна вата | 0,04 | 0,5 | Дешевий матеріал, негорючий | Може викликати захворювання на рак, алергію та астму, висока водо- та паропроникність, швидке накопичення води та руйнування, короткий термін експлуатації: до 15 років, використання лише у "провітрювальних фасадах" | 500 |
| Пінополістирол | 0,04 | 0,05 | Порівняно дешевий матеріал | Штучний матеріал, наявність емісій, середня водо- та паропроникність, може накопичувати воду, відсутність тепловідбивних властивостей, термін експлуатації: 15 років, горючий | 600 |
| Пінополіуретан ППУ | 0,04 | 0,05 | Простота і швидкість нанесення, щільність | Порівняно дорогий штучний матеріал, наявність емісій, середня водо- та паропроникність, може накопичувати воду, відсутність тепловідбивних властивостей, термін експлуатації: до 15 років | 1600 |
| Екструдований пінополістирол | 0,03 | 0,01 | Матеріал середньої цінової категорії, термін експлуатації: 25-35 років | Штучний матеріал, наявність емісій, відсутність тепловідбивних властивостей | 900 |
| Целюлоза (ековата) | 0,03 | 0,3 | Дешевий, екологічний, природний матеріал (старий папір), безпроблемна утилізація, термін експлуатації: 35-50 років | Може накопичувати вологу, можлива "усадка" матеріалу, відсутність тепловідбивних властивостей | 300 |



Утеплення стін першої української пасивної будівлі в Києві двома шарами спіненого скла. Архітектор Тетяна Ернст

перекриття відіграють важливу роль у збереженні й акумулюванні тепла, вирівнюванні добових перепадів температури у приміщеннях і зменшенні потужності систем опалення та кондиціювання.

Повітря є прозорим для теплових променів, тому майже всі традиційні ізоляційні матеріали, що працюють за принципом "теплової пастки" (тобто зберігають тепло в повітряних комірках матеріалу) не перешкоджають втрачати тепла із будівлі через випромінювання. Крім того, ізоляція з відкритими комірками досить легко насичується вологою, адже пара завжди рухається від теплого до холодного середовища. Взимку пара (вологе тепло) рухається крізь стіни назовні, до холоду, і, поступово охолоджуючись та "зустрічаючи" точку роси, залишає молекули води в комірках ізоляції, насичуючи її вологою. Це призводить до намокання шару паропроникної ізоляції.

Існує велика кількість теплоізоляційних матеріалів. У таблиці нижче наведено короткий опис основних з них,



Зовнішнє утеплення масивних цегляних стін першої української пасивної будівлі в Києві стіненим склом. Архітектор Тетяна Ернст

а також — для порівняння — показники для основних будівельних матеріалів, з яких наочно видно, що при використанні будь-якого з цих будівельних матеріалів для створення енерговигідної будівлі додатково слід застосувати назовні теплоізоляцію. Адже коефіцієнт теплопередачі оболонки енерговигідної будівлі не повинен перевищувати $0,20 \text{ [Вт/ (м}^2\cdot\text{К)]}$.

Як бачимо із наведеної таблиці, ідеальним за своїми фізичними властивостями є лише один єдиний утеплювач, а саме: спінене скло (піноскло). Повна паронепроникність та тепловідбивні властивості матеріалу, висока міцність на стиск водночас із необмеженою довговічністю, добрим коефіцієнтом теплопередачі та легкістю в обробці висувають його на перше місце порівняно з усіма іншими матеріалами. Наступним за ним іде екструдований пінополістирол.

При застосуванні інших теплоізолювальних матеріалів слід виконати якісну і щільну пароізоляцію будівлі зсередини та створити додаткове зовнішнє покриття, що додасть зовнішнім огорожувальним конструкціям властивості тепловідбиття.

Звісно, можна будувати енерговигідні екобудівлі і з виключно місцевих та природних матеріалів (саман або дерево в якості несучої масивної опори + утеплення целюлозою або плитами з очерету + тинькування). Такі будівлі є екологічними передусім через легкість і безпроблемність їх утилізації (природні матеріали — складові цієї будівлі — не потребують жодної спеціальної оброб-

ки для їх екологічного знищення). Проте подібні будівлі мають і свої недоліки. Саман — не такий довговічний, як камінь чи цегла, і не має достатньої несучої спроможності для будівництва дво- та багатопверхових будівель. Дерево — якісний конструкційний матеріал для будівництва, в тому числі і для спорудження багатопверхових будівель, але для будівництва із повнотілого бруса воно є занадто дорогим будівельним матеріалом (враховуючи необхідність встановлення паробар'єру зсередини та утеплення зовні, а також додаткового вікінчування таких будівель). Крім того, будівництво з цих природних матеріалів потребує застосування щонайменше одного штучного матеріалу, а саме: якісної пароізоляційної та вітрозахисної плівки, без якої є неможливо створити герметичну⁴ оболонку будівлі та захистити конструкцію від потрапляння в неї вологи.

Отже, найідеальнішим з усіх точок зору є використання конструкції стіни із цегли (бо це масивний матеріал на основі природного компоненту (обпалена глина), що має здатність підтримання постійної 50% вологості у приміщенні завдяки властивості вбирання надлишкової вологи та віддавання її при потребі, у разі зниження вологості повітря, назад до приміщення), утепленої піносклом.

Ще раз підсумуємо. При створенні енерговигідної будівлі та задля забезпечення здорового клімату в приміщеннях слід:

- робити форму будівлі компактною, тобто співвідношення площі теплоізолюваних зовнішніх поверхонь (оболонки будівлі) щодо всього об'єму будівлі та її корисної площі має бути максимально оптимальним;
- зводити стіни та перекриття із масивних матеріалів (задля створення бар'єру тепловому випромінюванню будівлі та забезпечення якісного поглинання теплових променів та накопичення тепла);
- наносити ізоляцію на будівлю зовні;
- вибирати для утеплення якісні теплоізоляційні матеріали: з добрим коефіцієнтом теплопровідності, з високим рівнем тепловідбивних властивостей та, бажано, повністю паронепроникні (із закритими комірками);
- робити будівлю максимально герметичною (адже з парою чи вологою із приміщень втрачається і тепло!);
- наносити ізоляцію якісно, уникаючи нещільностей та "містків тепла" (вимірюється тепловізором⁵).

Звісно ж, якісна теплоізоляція є дорожчою, але вже через декілька років вона повністю окупає себе через економію коштів на опалення та ремонт будівлі. А завдяки зменшенню емісії шкідливих речовин підвищена теплоізоляція робить неабиякий внесок в охорону навколишнього середовища — вона сприяє очищенню повітря, яким ми дихаємо, врівноваженню клімату та зменшенню парникового ефекту на планеті. Але передусім масивні стіни і якісна теплоізоляція сприяють створенню і підтриманню приємного і здорового для людини клімату в приміщеннях без появи грибків і плісені, без мокрих стін і постійного "висмокування" тепла із тіла людини, тобто вони створюють найкомфортніші умови для існування людини.

4 **Тест на герметичність "Blower Door"** — це спосіб вимірювання герметичності будівлі за допомогою різниці тисків. В приміщенні, через застосування потужного компресора, створюється різниця тисків відносно до зовнішнього повітря та встановлюється об'єм повітря, який просочується назовні через можливі щілини в оболонці, fugи, стики і шви. Результатом вимірювань є показник n50: відсоток обміну повітря при заданому тиску в 50 Па. Для пасивних будівель цей показник не повинен перевищувати 0,6/h.

5 **Тепловізор** — це оптико-електронний прилад (подібний на фотоапарат) для візуалізації температурних полів та вимірювання температури. Переважно працює в інфрачервоній частині електромагнітного спектру. Встановлює температуру досліджуваної поверхні, відображаючи її для наочності кольором (червоне — найтепліше, блакитне — найхолодніше).