



Гоц В.І.



Азутов В.П.



Болькін О.Г.



Шмід Юрг

**Гоц В. І., доктор техн. наук, професор, декан будівельно-технологічного факультету,
Азутов В. П., канд. техн. наук, доцент,
Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА), м. Київ,
Болькін О. Г., генеральний директор, ТОВ «АНТ Україна», м. Київ,
Шмід Юрг, директор, ТОВ «Шмід Хольцбау», м. Київ**

КОНСТРУКТИВНІ ВАРІАНТИ ТЕПЛОЕФЕКТИВНИХ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КЛЕЄНОГО ДЕРЕВ'ЯНОГО БРУСУ

Описано вплив зовнішніх факторів на тепловий баланс у житлових індивідуальних будинках, а також конструкції будинків з клеєного бруса і сандвіч-панелей.

Застосування в житловому будівництві для зовнішніх огорожень сучасних будівельних матеріалів і облежених конструкцій, які прийшли на заміну традиційним прийомам будівництва, зажадало від проектувальників знань не тільки статичних розрахунків, які забезпечують міцність і стійкість споруди, а ще і вміння володіти розрахунками, що забезпечують нормальний теплотехнічний режим як огорожень, так і приміщень.

До виходу в світ ДБН В.2.6 31:2006, зі зміною № 1 від 01 липня 2013 року «Теплова ізоляція будівель» [1], в результаті застосування традиційних будівельних матеріалів минулих років огорожень мали низький опір теплопередачі, що в умовах того часу задовольняло вимоги діючих нормативів. Разом з тим у приміщеннях спостерігалось промерзання, поява цвілі, мала місце підвищена вологість повітря у приміщенні, нерівномірність температури, що змусило мешканців до необхідності стихійного неорганізованого утеплення огорожень.

Сучасні тенденції підходів до питань жорсткої економії енергоресурсів особливо в європейських державах, які досягли значних успіхів в енергозбереженні при будівництві житлових будинків, а слід за цим і в Україні, поставило питання перед проектувальниками і будівельниками різкого збільшення опору теплопередачі огорожень, що дозволило наблизити українські нормативи до європейських.

Підвищення вимог нормативу до теплозахисту будівель змусило усіх учасників будівництва перейти на застосування сучасних, більш ефективних матеріалів з точки зору покращення теплофізичних показників споруд.

Введені в Україні нові нормативи до теплової ізоляції стін, що в 2,5-3 рази перевищують попередні, (припускають) забезпечують значне зменшення теплових втрат при експлуатації будинків.

Згідно з новими нормативами (термічний опір зовнішніх стін житлових будинків не повинен бути менше $3,3 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ для І температурної зони) стіни з монолітної цегляної кладки для північних районів України повинні зводитися товщиною близько 150 см, а товщина одношарових панелей з легкого бетону повинна бути близько 65 см.

Звичайно, на практиці це приведе до значних затрат, тому єдиним способом утеплення стін повинно стати використання конструктивних рішень зовнішніх стін з ефективним утеплювачем.

Саме тому до властивостей теплоізоляційних матеріалів висувають ряд вимог: низька теплопровідність, стійкість до коливань температур при експлуатації, однорідність властивостей, оптимальна середня густина, низький рівень займистості і вибухонебезпечності, міцність при транспортуванні і монтажі, волого- та водостійкість, стійкість до атмосферних впливів, стійкість до впливу комах, хімічна стійкість, екологічна небезпечність для людини. Здатність утримувати повітря – одна з найважливіших характеристик теплоізоляційного матеріалу, так як повітря має низьку теплопровідність.

Найбільш ефективними за величиною коефіцієнта теплопровідності є такі теплоізоляційні матеріали як: скловолокно, мінеральна вата, ековата, а також пінополістирол, пінополіуретан, які мають коефіцієнт теплопровідності на рівні $0,04-0,045 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$.

Мінеральна вата – це волокнистий матеріал, що отримується з розплавів гірських порід (зокрема базальту), металургійних шлаків та їх сумішей.

Провідні світові виробники мінеральної вати як сировину використовують виключно гірські породи, що дає змогу отримувати продукцію вищої якості з тривалим періодом експлуатації. В Україні базальтових порід, необхідних для виробництва базальтової вати, особливо багато в Рівненській області.

Основною властивістю мінеральної вати (як, до речі, й скловати) є негорючість у поєднанні з високою тепло- та звукоізолюючою здатністю, стійкістю до температурних деформацій, негігроскопічністю, хімічною та біологічною стійкістю, екологічністю та легкістю виконання монтажних робіт.

Вироби з мінеральної вати належать до класу негорючих матеріалів. Вони ефективно протидіють поширенню полум'я й використовуються як протипожежна ізоляція для вогнезахисту. Мінеральні волокна здатні витримувати температуру понад $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, однак зв'язуючий компонент починає руйну-

ватися вже при температурі 250 °С. Важливим параметром мінераловатних матеріалів є здатність до збереження своїх геометричних розмірів протягом всього періоду експлуатації. Це запобігає утворенню містків холоду на стиках ізоляційних плит.

Серед найвідоміших у світі виробників мінераловатних матеріалів, які найбільш повно представлені на українському ринку, можна назвати такі компанії, як PAROC (Фінляндія), ROCKWOOL (Данія), SAINT-GOBAIN ISOVER (Франція, заводи в Польщі та Чехії), IZOMAT (Словаччина). На ринку України широкий спектр мінераловатних утеплювачів представляє ISOVER, в тому числі матеріали для утеплення фасадів «контактним методом» (Fascoterm, Orsil) і фасадів, що вентилуються (Polterm, Ventiterm).

Широку гаму (понад 40 різновидів) теплоізоляційних матеріалів з базальтових волокон пропонує й ROCKWOOL.

Для навісних фасадів використовуються плити PANELROCK, а для стін з штукатуркою – ROCKMUR. Теплоізоляційні матеріали з базальтових волокон поставляє на ринок ряд вітчизняних виробників.

Одним з найбільших споживачів енергії як в Україні, так і в розвинутих країнах Західної Європи, як відомо, є житлово-комунальний сектор, який поглинає понад 40% енергії, що виробляється. Житлово-комунальна сфера сьогодні найповніше фокусує проблеми нинішнього етапу енергозбереження в Україні.

Таким чином, підвищення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій будівель є одним з основних шляхів енергозбереження.

Скорочення до мінімуму витрат на обігрів будівель і створення комфортних умов для функціонування людей залежить від застосування при ремонті, реконструкції і новому будівництві сучасних ефективних теплоізоляційних матеріалів для утеплення різних будівельних конструкцій і облаштування будівель.

В індустріальному будівництві багатоповерхових житлових будинків досягнуто значних успіхів для покращення теплофізичних характеристик зовнішніх стін за рахунок застосування, наприклад, при виробництві зовнішніх панелей для крупнопанельних будинків ефективних теплоізоляційних матеріалів, що дозволило наблизити величину опору теплопередачі до нормативної.

Прогресивним є також спосіб підвищення експлуатаційних властивостей зовнішніх стін при застосуванні в будівлях фасадних елементів з утворенням повітряних прошарків, що дозволяє надійно захистити зовнішню стіну від впливу вологого атмосферного повітря, а також від вологи, яка утворюється в конструкції стіни з боку внутрішнього шару при експлуатації будівлі.

Аналізуючи теплотехнічні особливості стінових огорожень без повітряних прошарків і з прошарками, що вентилуються, можна зробити висновок, що при наявності повітряного прошарку зовнішня поверхня стіни не має безпосереднього контакту із зовнішнім середовищем, а такий контакт здійснюється через повітряний прошарок між стіною і фасадною конструкцією, що дає можливість зменшити тепловіддачу від зовнішній поверхні стіни і тим самим покращити теплотехнічну характеристику стінового огороження.

Разом з тим, в Україні зараз ведеться широкомасштабне будівництво індивідуальних малоповерхових житлових будинків, яке теж саме вимагає суворого дотримання нормативів з теплопередачі через зовнішні огороження.

Найважливішим критерієм комфортності житла є рівень теплового комфорту, який визначається теплозахистом зовнішніх стін, віконних прорізів, дверей. Перепади між температурою повітря приміщення і температурою

внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції за нормативами не повинні перевищувати 4°C.

Найбільш важливими показниками теплоізолюючої стіни є:

- здатність утримувати тепло в приміщенні (опір теплопередачі);
- унеможливлення накопичення в товщі стіни вологи, яка утворюється від водяної пари, що проникає з середини приміщення (опір паропроникненню);
- здатність пропускати певну кількість повітря ззовні всередину приміщення і навпаки (опір повітропроникненню).

Ці показники перебувають у постійній динаміці та потребують, гармонізації теплофізичних і теплотехнічних показників матеріалів, які знаходяться в поперечному перерізі багат шарової стінової конструкції. Фактично вони визначають ефективність конструктивно-технологічного рішення зовнішньої стіни.

Слід відмітити, що на відміну від багатоповерхових споруд, розташованих у житлових масивах, в теплотехнічному відношенні малі житлові будинки, які споруджуються як правило, на окремих ділянках, мають невідгідні кліматичні умови. Так, наприклад, за даними досліджень [2] годинні тепловтрати 1м³ споруди котеджного типу складають близько 0,13 кДж/год, тоді як для багатоквартирних будинків – в три рази менше. Це пояснюється тим, що окремі житлові будинки піддаються впливу зовнішнього повітря з будь-якого боків, не маючи захисту від сусідніх споруд, що, на наш погляд, є важливим припущенням.

Крім того, значною обставиною, на наш погляд, є й орієнтація такої споруди на місцевості для зимових умов, що повинно враховуватись при теплових розрахунках огорожень з метою посилення теплового захисту стін, які орієнтовані на північ або на інші несприятливі в кліматичному відношенні напрямлення, або за рахунок збільшення товщини теплоізоляційного шару, або за рахунок зміни теплозахисного матеріалу на більш ефективний, а також і вікон, для яких значення мінімального опору теплопередачі $R_q \text{ min}$, всього 0,75 м²·°С/Вт. Такі конструктивні заходи дозволили б зберегти частку теплоти у приміщенні.

У зимовий період холодне повітря проникає в приміщення при інфільтрації через стіни, стики і нещільність вікон, що викликає зниження температури усередині огорожі і на її поверхні, а проникаючи в кімнату, охолоджує внутрішнє повітря і викликає додаткові (10-20%) втрати теплоти від загальної. Витрата теплоти на підігрів повітря, що проникає у приміщення за рахунок інфільтрації, залежить від маси повітря, його теплоємності і різниці температур зовнішнього повітря і внутрішньої розрахункової температури у приміщенні [2].

У багатьох країнах Західної Європи вже зроблені серйозні кроки по реалізації таких заходів і отримані позитивні результати. Заглядаючи в майбутнє, архітектори розробляють і реалізують максимально раціональні проекти.

Одним з ефективних напрямів будівництва енергозберігаючих малоповерхових індивідуальних житлових будинків є застосування деревини в комплексі з ефективними теплоізоляційними матеріалами при влаштуванні огорожень.

Одним з таких варіантів є застосування клеєних дерев'яних елементів у каркасно-панельних будинках.

Деревина є одним з найстаріших будівельних матеріалів, який використовується при будівництві різних будівель і споруд, що обумовлено цілою низкою її позитивних властивостей, наявністю сировинної бази та

економією енергоресурсів на всіх етапах виробничого процесу.

Ще один позитивний фактор, що підтверджує обґрунтованість використання деревини особливо в малоповерховому будівництві, – її невелика власна вага і вигідна пропорція щодо сприйманих експлуатаційних навантажень, що збільшує ефективність енергозбереження і знижує енергоспоживання при зведенні будівлі. Крім того, важливим показником енергозбереження є значення коефіцієнта теплопередачі огорожувальних конструкцій. У будівлях з легким дерев'яним каркасом коефіцієнт теплопровідності матеріалів стінового огороження λ коливається в межах 0,03–0,04 Вт/м·К.

У багатьох країнах світу значну частину введених об'єктів житлового будівництва, до яких відносяться малоповерхові будинки, складають будівлі, повністю або частково побудовані з використанням деревини та матеріалів на її основі. До таких будівель можна віднести житлові будинки від одного до трьох поверхів з використанням легкого дерев'яного каркасу з клеєного бруса або дерев'яних клеєних панелей (Рис. 1). Такі будівлі визнані не тільки енергозберігаючими, але і найбільш екологічними. Подібні будівлі знайшли широке поширення в США, Канаді, скандинавських країнах, а також у Німеччині, Австрії та Польщі.

Основним варіантом є системи збірного домобудівництва з площинних елементів заводського виготовлення, тобто з обшивкою на дерев'яному каркасі з клеєного бруса (каркасно-панельні будинки), які виявилися найбільш економічними, технологічними і гнучкими в конструюванні. Це дає можливість виготовляти на заводі збірні конструкції, тобто елементи стін, перекриттів і покрівлі, що значно покращує якість їх виготов-

лення і скорочує час будівельних робіт. Завдяки різноманітному асортименту великогабаритних елементів в заводському виконанні виключаються трудомісткі процеси і складні опалубні системи, необхідні при будівництві з монолітного або збірного залізобетону, що дозволяє вести будівництво будівель цілий рік.

У сучасному каркасно-панельному індивідуальному домобудівництві використовується безліч конструктивних рішень зовнішніх стін із застосуванням клеєного бруса.

Одним з конструктивних варіантів будівництва каркасно-панельних будинків котеджного типу, що зводяться в Україні, є варіант з огорожами (стінові, покрівельні) з сандвіч-панелей (Рис.2) такого складу:

- внутрішній шар панелі з ОСП (орієнтовано-стружкова плита) (OSB-oriented strand board) товщиною $\delta = 15$ мм, з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,15$ Вт/(м·К);
- теплоізоляційний шар з мінераловатної плити товщиною $\delta = 140-150$ мм, з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,04$ Вт/(м·К), яка прокладається в рамі дерев'яного каркасу з клеєного бруса;
- зовнішній шар панелі з ДСП товщиною $\delta = 10$ мм, з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,13$ Вт/(м·К);

Відповідність сучасним вимогам теплозахисту стінового огороження крупнопанельних котеджних житлових будинків з сандвіч-панелями вказаного складу конструктивних шарів підтверджується розрахунком приведеного опору теплопередачі конструкції стіни ($R_{\Sigma np}$).

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} =$$

$$= \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,15} + \frac{0,14}{0,04} + \frac{0,01}{0,13} + \frac{1}{23} = 3,83 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт},$$

де:



Рис. 1. Житловий будинок котеджного типу з клеєного бруса

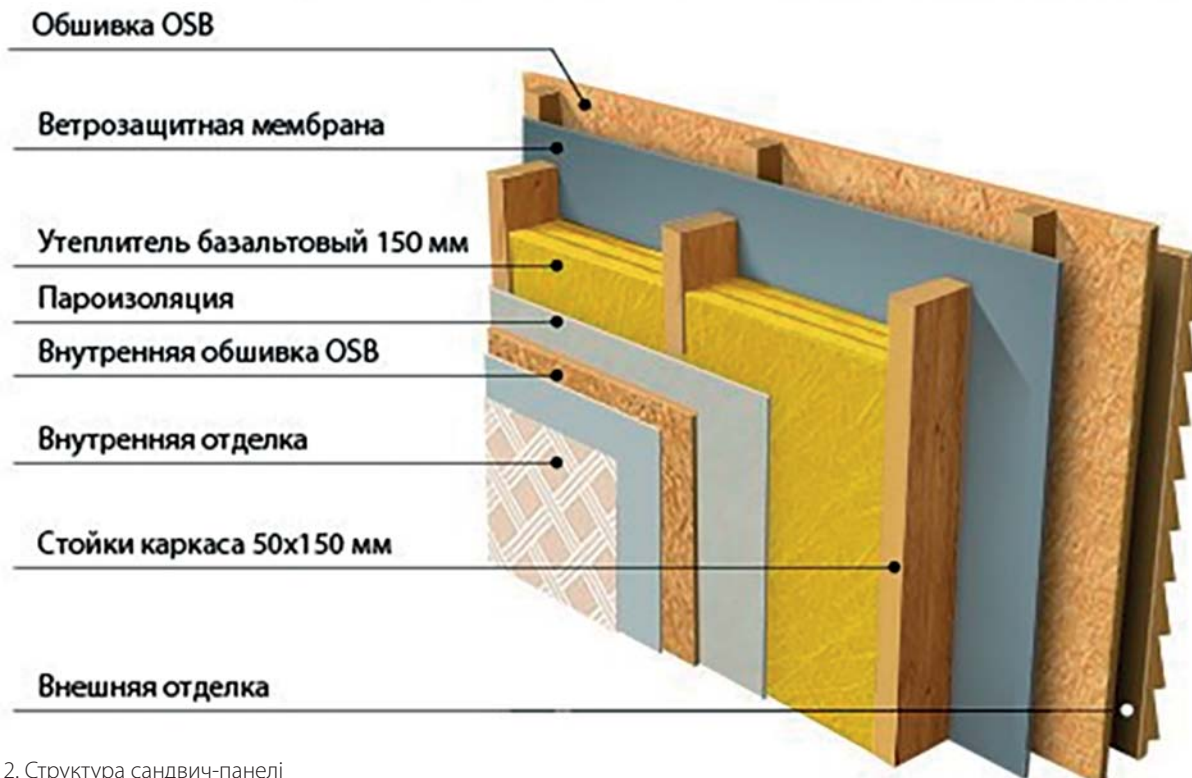


Рис. 2. Структура сандвич-панелі



Рис. 3. Несучий брус каркасу будинку

α_v ; α_z – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, 8,7 та 23 Вт/(м²·К) відповідно, які приймаються згідно з додатком Е ДБН В.2.6-31:2006;

R_i – термічні опори і-го шару конструкції, δ_i/λ_i м²·К/Вт;

δ_i – товщина і-го шару конструкції, м;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності і-го шару конструкції, Вт/(м·К).

Результат розрахунку величини приведенного опору теплопередачі $R_{зпр} = 3,83$ м²·К/Вт показує, що конструкція стінового огороження даного складу відповідає нормативним вимогам до теплотехнічних показників зовнішніх стін житлових і громадських будинків, встановлених положенням ДБН В.2.6-31:2006 для температурної зони I, як мінімально допустимих значень на рівні 3,3 м²·К/Вт. Для зони 2 цей нормативний показник дорівнює 2,8 м²·К/Вт.

Клеєний профільований брус усе ширше використовують останнім часом у дерев'яному будівництві, що дає можливість економно використовувати деревину, а також для позбавлення від проблем усадки й деформацій.

Найпоширеніший матеріал для клеєного бруса – сосна і ялина, рідше використовують модрина й кедр.

Процес виробництва клеєного бруса складається з декількох послідовних етапів.

Спочатку колоди розпускають на дошки необхідного розміру, які ретельно сушать до величини відносної вологості не більш 12%. На відміну від масивного цільного бруса дошки просушити набагато простіше, тому їхня вологість виявляється істотно нижче. Потім матеріал перевіряють на наявність зримих дефектів, а ушкоджені і деформовані ділянки видаляють.

Після того, як дошки висушені, оброблені антипіренами й антисептиками, їх стругають по першому класу чистоти. Із цих ретельно висушених, відструганих дощок, які називають ламелі, на спеціальних пресах здійснюється склейка бруса.

Для склеювання використовують спеціальні високоміцні водостійкі клеї, які не порушують здатності деревини «дихати». Після склейки ламелів з отриманого масиву на спеціальних високоточних верстатах вирізується брус необхідного розміру й профілю (Рис. 3;4). Це один із самих відповідальних моментів виготовлення клеєного бруса, тому що від точності виготовлення пазогребневого з'єднання залежить якість усього бруса, щільність прилягання брусів між собою, а в підсумку і якість майбутнього будинку.

Конструкції з клеєної деревини мають достатньо високу вогнестійкість, яка забезпечується нанесенням у промислових умовах при виготовленні брусів на їх поверхню антипіренів. Крім того, на відміну від сталі та бетону, при загорянні деревини температурному впливу піддаються спочатку зовнішні шари, що дає можливість виграти час для прийняття протипожежних заходів.

Виготовлення панелей у виробничих умовах є найбільш технологічним і виправданим з точки зору матеріальних витрат, точності виготовлення і зборки на будівельному майданчику, автоматизації процесів виготовлення, забезпечення високої виробничої готовності будинку і, як результат, скорочення часу його будівництва.

Таким чином, за результатами теплотехнічних розрахунків, а також вітчизняного досвіду зведення індивідуальних житлових будинків з використанням сандвич-панелей на основі застосування клеєного дерев'яного бруса заводського виготовлення на вітчизняних деревообробних підприємствах в комплексі з мінераловатним утеплювачем різного типу та обшивкою плитами ОСП і ДСП можна стверджувати, що такий вид будівництва є ефективним з точки зору створення комфортних умов для проживання із забезпеченням при мінімально допустимих тепловитратах економічної експлуатації житла.



Рис. 4. Типи брусів за різним призначенням

Література:

1. ДБН В.2.6 31:2006 зі зміною №1 від 01 липня 2013 року «Теплова ізоляція будівель»

2. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Изд. 4-е, перераб. И доп. М., Стройиздат, 1973, с. 287.