

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПЛОСКИХ ПОКРИТТІВ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Розглядаються різні види теплоізоляційних матеріалів для плоских покриттів будівель. Аналізуються їх позитивні та негативні властивості, обґрунтовується доцільність використання екструдованого пінополістиролу і напиленого пінополіуретану та необхідність подальших досліджень їх використання в плоских покриттях будівель.

Постановка проблеми. За законами конвекції нагріте повітря піднімається вгору, тому тепловтрати через покриття є неминучими і складають 20-30 % від загального об'єму тепловитрат будівель. Особливо це стосується малоповерхових будівель, в яких площа покриттів співвідносна до площі стін. Тому при реконструкції та новому будівництві необхідно приділяти значну увагу теплоізоляції покриттів.

Аналіз основних досліджень та публікацій. У попередніх публікаціях було сформовано загальну класифікацію теплоізоляційних матеріалів. Розглядалася фізико-механічна складова характеристик, а економічній приділялося мало уваги.

Мета роботи. При виборі теплоізоляційного матеріалу для плоских покриттів значну роль відіграють його розрахункові теплофізичні характеристики (коефіцієнти теплопровідності та паропроникності в умовах експлуатації), густина, міцність на стиск при 10% відносній деформації, горючість і ціна. Задачею даної статті є огляд сучасних теплоізоляційних матеріалів для плоских покриттів, аналіз їх переваг і недоліків та обґрунтування використання того чи іншого матеріалу.

Серед найбільш поширених теплоізоляційних матеріалів покриттів можна виділити наступні: базальтова (або кам'яна) мінеральна вата, скловолоконна мінеральна вата, екструдований пінополістирол і напилений пінополіуретан.

Основна частина. **Базальтова мінеральна вата** – неорганічний волокнистий утеплювач, виготовлений з розплаву гірських порід, утворених в результаті вулканічної активності. Сировиною для виробництва кам'яної вати служать гірські породи базальтової групи, або подібні за хімічним складом метаморфічні породи. Сучасне виробництво кам'яної вати засноване за принципом дії вулкана: у печі, під дією температури 1300...1500°C розплавляють гірські породи і витягають у волокно різними способами: дутим, відцентрово-валковим, відцентрово-дутим тощо. На етапі витягування волокон у розплав додають спеціальні добавки, що сполучають волокна між собою і забезпечують рівномірний розподіл органічних речовин по всьому об'єму матеріалу. Після волоконосаджувальної камери матеріал потрапляє на гофрувальну або ламельну машину, де відбувається часткове орієнтування

волокон, що дозволяє задати необхідні механічні властивості. Потім «килим» потрапляє до термокамери, де проводиться процес полімеризації – теплоносії температурою 180...230°C провокує реакцію поліконденсації зв'язувального матеріалу. Вміст органічних речовин в готовій продукції, становить приблизно 3% від маси. Кінцевим етапом виробництва є нарізання матів і плит заданих розмірів.

Технологія виробництва **скловолоконної мінеральної вати** подібна до виробництва базальтової вати, відмінність полягає в сировині. Основною сировиною скловати є пісок, вапняк, сода, доломіт. Товщина волокон кам'яної вати дорівнює 2...10 мкм, в той час як у скловати вона становить 3...15 мкм. Волокна мінеральної вати мають довжину в 2...4 рази меншу, ніж у скловати (16 мм проти 15...50 мм.) За рахунок цього вироби з скловати відрізняються підвищеною міцністю і пружністю.

Переваги базальтової та скловолоконної мінеральної вати:

- ✓ Мінеральна вата відрізняється низькою теплопровідністю, яка спільно з повітрям забезпечується волокнистою структурою теплоізоляційного матеріалу. Коефіцієнт теплопровідності становить 0,041...0,045 Вт/(м·К). Повітря займає близько 95% від загального об'єму утеплювача і є основним теплоізолятором мінеральної вати. Волокна утеплювача забезпечують необхідну пористість і утримують повітря в статичному (нерухомому) стані;
- ✓ Наявність відкритих пор в мінераловатній теплоізоляції гарантує високу паропроникність, яка становить 0,3 мг/(м·год·Па) для кам'яної та 0,5 мг/(м·год·Па) для скловолоконної мінеральної вати;
- ✓ Мінвата – це переважно негорючий утеплювач, який не втрачає свої властивості навіть після впливу високих температур. Температура плавлення базальтової вати становить 1100°C, негорючий будівельний матеріал (НГ), а скловати 580°C, група горючості НГ, Г1;
- ✓ Завдяки своїй волокнистій структурі мінеральна вата добре виконує шумозахисні функції;
- ✓ Мінераловатний утеплювач екологічно чистий матеріал, тому що виготовлений з природніх матеріалів. Токсичним компонентом, який входить до його складу, є зв'язувальна речовина на основі фенолоформальдегідних смол, але при дотриманні технології виготовлення в кінцевому продукті смоли знаходяться в сталому стані та є нейтральними до навколишнього середовища;
- ✓ Мінвата володіє хімічною стійкістю до дії органічних речовин, повністю відповідає санітарно-гігієнічним нормам, стійка до впливу грибків і гризунів;
- ✓ Мінеральна вата негігроскопічна, вміст вологи у виробках з неї за нормальних умов експлуатації становить 0,5...1,5 % за об'ємом. Це досягається за рахунок гідрофобізації, просочування спеціальними водовідштовхувальними речовинами (кремній-органічними сполуками або спеціальними маслами);
- ✓ Широкий спектр густини продукції 54...205 кг/м³;
- ✓ Міцність на стиск при 10 % деформації становить 25...70 КПа.

Недоліки базальтової та скловолоконної мінеральної вати:

- Одним з серйозних мінусів мінеральної вати є здатність вбирати вологу, яка утворюється в результаті процесів конденсації. Теплоізоляційні

характеристики зволоженого утеплювача суттєво знижуються. Для вирішення даної проблеми необхідно передбачати якісну пароізоляцію;

▪ Мінусом мінеральної вати, який необхідно враховувати, є здатність до усадки, особливо при порушенні умов експлуатації, попадання надмірної вологи в товщу теплоізоляційного шару.

Технологія отримання **екструдованого пінополістиролу (ЕППС)** була розроблена фахівцями компанії «Dow Chemical Co» (США), більше 50 років тому. В якості сировини для отримання екструдованого пінополістиролу використовується чистий гранульований полістирол. Виробництво екструдованого пінополістиролу здійснюється за допомогою спеціального екструзійного обладнання. В ньому гранули перемішуючись розплавляються до температури 240°C, вводиться спінюючий агент (порофор), в масиві полімеру формуються зародки майбутніх пор. Далі переміщуючись обертанням полімерна маса надходить до виходу з екструдера, охолоджується до 130°C, утворені пори фіксуються і пористий полімер продавлюється через форму – фільтру. На виході екструдера видавлюється плита екструдованого пінополістиролу, з якої виготовляють плити потрібного розміру.

Екструдований пінополістирол має міцну, цільну мікроструктуру, що представляє собою масу закритих осередків, заповнених молекулами газу. В екструдованому пінополістиролі міжмолекулярні хімічні зв'язки на порядок міцніші, ніж в пінопласті. Комірки екструдованого пінополістиролу непроникні, на відміну від пінопласту, бо не мають мікропор, а тому проникнення газу і води з однієї комірки в іншу неможливо. Стінки осередків – це суцільна маса речовини. Доступ речовин з навколишнього середовища можливий тільки у відкриті осередки, що знаходяться на бічних поверхнях і зрізаних торцях плити.

Переваги екструдованого пінополістиролу:

- ✓ Малий коефіцієнт теплопровідності 0,033...0,036 Вт/(м·К). Кожна гранула пінополістиролу складається з рівномірно розподілених мікроскопічних щільних комірок заповнених повітрям. Матеріал на 98% складається з повітря і тільки на 2% з полістиролу;
- ✓ Водопоглинання матеріалу після перебування у воді протягом 24 годин становить не більше 0,2...0,3 %. Вода потрапляє тільки в верхній шар відкритих комірок;
- ✓ Висока морозостійкість, у зв'язку з низьким водопоглинанням екструдований пінополістирол не змінює свої теплоізоляційні властивості після багатократного попереминого заморожування та розморожування. Може піддаватися даному процесу не менше, ніж 1000 разів;
- ✓ Завдяки закритій системі комірок паропроникність матеріалу становить 0,004...0,011 мг/(м·год·Па);
- ✓ Міцність на стиск при 10 % деформації становить 250...1000 кПа;
- ✓ Плити абсолютно безпечні для природи та здоров'я людей;
- ✓ Екструдований пінополістирол не піддається процесу біологічного розкладання, стійкий до дії органічних речовин і впливу мікроорганізмів;
- ✓ Діапазон температури використання від –50 °С до +75 °С;

✓ Стабільність форми та об'єму протягом всього терміну експлуатації.

Недоліки екструдованого пінополістиролу:

▪ горючість екструдованого пінополістиролу. Основна кількість плит цього матеріалу має середню та підвищену групу горючості (Г3 і Г4), але є спеціальні вироби з низькою та помірною горючістю (Г1 і Г2);

▪ Низькі звукоізоляційні властивості.

Сировиною для виробництва **напиленого пінополіуретану (ППУ)** є нафта, а в якості спінювача зазвичай використовуються рідини з низькою температурою кипіння. В основі отримання пінополіуретану лежать хімічні реакції синтезу полімеру з одночасним його спінюванням під дією утвореного у ході реакції газового середовища.

Напилений ППУ складається з трьох основних частин: поліольна частина (суміш поліолів і спеціальних добавок); поліізоціанат (або суміш поліізоціанатів); активаторна суміш (суміш каталізаторів).

Готується і наноситься піна спеціальним обладнанням високого тиску і за допомогою пістолета-розпилювача. Така мобільна установка дозує, підігріває і подає роздільно під високим тиском компоненти до пістолета-розпилювача. При натисканні на курок компоненти нагнітаються в змішувальну камеру пістолета-розпилювача і під тиском реакційноздатна суміш потрапляє на поверхню. Оскільки саме напилення відбувається в рідкому стані, а спінювання матеріалу (час старту) займає 6...10 сек, створюється сильна і довговічна адгезія з будь-яким матеріалом. В результаті виникає безшовна (без додаткового кріплення) теплоізоляція.

Переваги напиленого ППУ:

✓ Малий коефіцієнт теплопровідності 0,019...0,029 Вт/(м·К), при густині матеріалу 35...80 кг/м³;

✓ Низька паропроникність 0,05...0,5 мг/(м·год·Па);

✓ Водопоглинання матеріалу після перебування у воді протягом 24 годин становить 0,04...2,1 % (в залежності від компонентів), матеріал може виконувати функції гідроізоляції;

✓ Напилений пінополіуретан має високу адгезію практично з будь-якими поверхнями, утворює цілісне покриття огорожувальної конструкції – захищає її від накопичення вологи і утворення містків холоду;

✓ Довговічність покриттів, висока стійкість до агресивних середовищ і хімічних сполук;

✓ Швидко наноситься на ізольовану поверхню. Продуктивність однієї установки становить 200...800 м²/зміну (залежно від архітектурної складності поверхні).

✓ Довговічний і екологічно чистий матеріал – при відсутності механічних пошкоджень термін служби пінополіуретану більше 30 років.

Недоліки напиленого ППУ:

▪ Залежно від різновиду ППУ група горючості матеріалу Г1-Г4. Хоча ППУ істотно безпечніше інших теплоізоляційних матеріалів з аналогічним класом горючості. Пояснюється це «монолітністю» матеріалу і повною герметизацією

пор конструкції. На початкових стадіях пожежі відсутня тяга всередині конструкції, що істотно збільшує час горіння.

- При горінні пінополіуретану виділяються дуже токсичні гази, у тому числі ціаністий водень HCN. Перебування в приміщенні, що містить 1% HCN більше 5 хвилин без засобів захисту небезпечно для життя. При введенні до складу ППУ антипірену збільшується температура займання матеріалу, але при загорянні шкідливих речовин виділяється більше.
- Неможливість виконання робіт з холодними поверхнями та в зимовий період. Нижня температурна межа, при якій можливе проведення робіт з теплоізоляції, складає 0...15 °С;
- Нестійкість до УФ-випромінювання, яке викликає руйнування матеріалу, та надмірні витрати компонентів при сильному вітрі.

Таблиця 1

Техніко-економічні показники утеплювачів

Показник	Скловата	Базальтова вата	ЕППС	Напилений ППУ
Коефіцієнт теплопровідності, λ_b , Вт/(м•К)	0,041... 0,045	0,041... 0,045	0,033... 0,036	0,019... 0,029
Паропроникність, мг/(м•год•Па)	0,5	0,3	0,004... 0,011	0,05...0,5
Водопоглинання при частков. зануренні не більше, кг/м ²	1	1	0,13...0,2	0,027...1,4
Клас горючості	НГ, Г1	НГ	Г4-Г1	Г4-Г1
Густина, кг/м ³	54...133	126...205	26... 60	35-80
Міцність на стиск при 10 % деформації, кПа	25, 40, 60	25, 35, 45, 50, 60, 70	250, 400, 500, 700, 1000	150-450
Товщина, мм	30, 50, 100,150	40-110, 150	30, 40, 50, 60, 80, 100	12-70
Необхідна товщина для забезпечення $R_{q\ min}$, мм	220	220	180	130
Вартість утеплювача, грн/м ²	245-410	377-448	180-219	286-468*

*Примітка. Для напиленого ППУ вказана вартість робіт і матеріалу.

Основні техніко-економічні показники теплоізоляційних матеріалів для плоских покриттів наведені в таблиці 1.

Висновки. Аналізуючи наведені вище переваги та недоліки теплоізоляційних матеріалів (табл. 1) можна зробити висновок, що головними показниками, які можуть вплинути на вибір утеплювача для плоских покриттів будівель є теплопровідність, паропроникність, пожежостійкість і ціна. Згідно з цими позиціями перевагу можна віддати екструдованому пінополістиролу та напиленому пінополіуретану. Вони програють утеплювачам на основі мінвати

лише за класом горючості, а тому їх можна застосовувати лише в покриттях будівель, які відносяться до III–V ступенів вогнестійкості.

Література

1. *Гетун Г.В.* Архітектура будівель та споруд. Книга 1. Основи проектування: Підручник/ Гетун Г.В.– К.: КОНДОР, 2011. – 378 с.
2. *Фаренюк Г.Г.* Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій: монографія/ Г.Г. Фаренюк. – К.: Гама-Принт. – 2009. – 211с.
3. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінбуд України, 2006. – 65 с.
4. ДБН В.1.1-7:2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003. – 42 с.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПЛОСКИХ ПОКРЫТИЙ

Г.В. Гетун, С.М. Чухрай

Рассматриваются различные виды теплоизоляционных материалов для плоских покрытий зданий. Анализируются их положительные и отрицательные свойства, обосновывается целесообразность использования экструдированного пенополистирола и напыляемого пенополиуретана и необходимость дальнейших исследований их использования в плоских покрытиях зданий.

FEASIBILITY STUDY THERMAL INSULATION MATERIALS FOR FLAT COVERING

G .Getun, S. Chukhray

Considered the various types of thermal insulation materials for flat covering buildings. Analyzed their positive and negative characteristics, the feasibility of using the extruded polystyrene and sprayed polyurethane foam and the need for the further research of their use in flat surfaces of buildings.