

Як вимірюється теплоізоляція?

О. Сулацков

На полицях будівельних магазинів можна знайти утеплювачі на будь-який смак та гаманець. Якої товщини мають бути теплоізоляційні плити? Професійні теплофізичні розрахунки є досить складними, тому їх необхідно доручати кваліфікованим спеціалістам. Однак у приватному будівництві часто відсутні етапи проектування. Отже, як з'ясувати справедливе співвідношення ціни та якості утеплення? Про які властивості утеплювачів мають знати споживачі та інсталятори систем утеплення?



Що таке теплоізоляція?

Основна функція будівельної теплоізоляції – це зменшення передачі тепла через огорожувальні конструкції будівель (стіни, дах, підлогу). Тепло завжди переходить від більш нагрітого середовища до холоднішого. Взимку тепло все-

редині приміщення, а на вулиці холодно, влітку – навпаки. Тобто, теплоізоляція «працює» і тоді, коли немає опалення. Для забезпечення комфорту всередині приміщення теплоізоляційний шар розміщується на зовнішній стороні огорожувальних конструкцій.

Мірою теплоізоляційних властивостей будівельних матеріалів є коефіцієнт теплопровідності: кількості теплоти, що проходить через шар матеріалу товщиною 1 метр і площею 1 м² за перепаду температур на протилежних сторонах матеріалу в 1 градус. Чим менший коефіцієнт теплопровідності, тим краще, адже менше тепла переноситься через матеріал.

Поширена думка, що теплоізоляційні властивості матеріалу покращуються зі зменшенням його ваги (густини). Зменшення густини суттєво впливає на кількість основного матеріалу (наприклад, полістиролу чи мінеральних волокон), що міститься у кінцевому виробі, тому часто-густо намагаються використовувати якнайменш щільний матеріал, найдешевший.

Але взаємозв'язок густини (щільності) та теплопровідності для будматеріалів складніший, ніж видається на перший погляд, див. рис. 1.

У загальному процесі передачі тепла через масив теплоізоляції з одного на інший її бік розрізняють різні види теплопереносу: кондукція – через тверду структуру матеріалу, конвекція – мікроциркуляція повітря (газу) в порах, випромінювання. Вплив кожного із згаданих елементарних процесів в цілому може бути різним залежно від виду

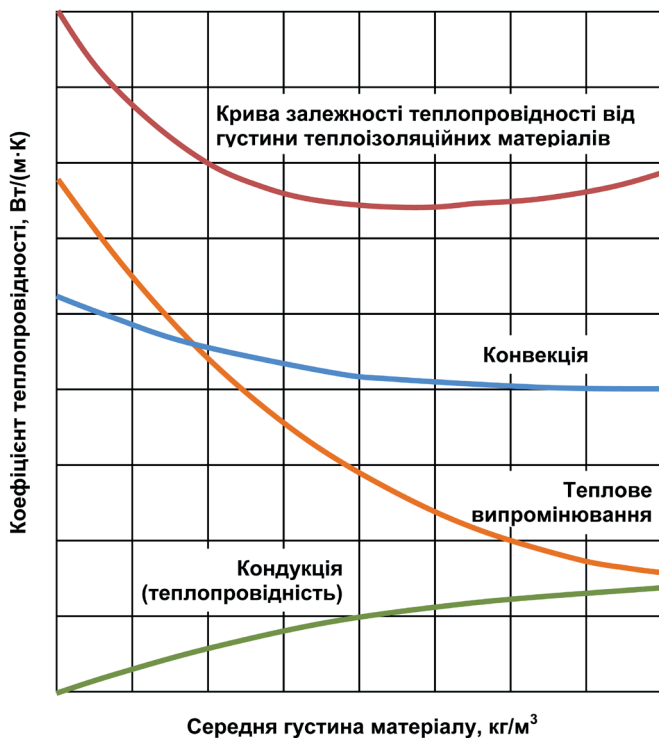


Рис. 1. Ілюстрація впливу різних факторів на сумарний показник теплопровідності

теплоізоляційного матеріалу, а також умов його застосування.

За дуже малої середньої щільності і великої кількості пор на загальну кількість тепла, що може передаватися через шар утеплювача, значно впливає конвективна складова. Широко розрекламоване «дихання» волокнистої структури мінеральної вати сприяє більшому впливу конвекції та відповідному погіршенню теплоізоляційних властивостей у порівнянні з закритими порами пінополістиролу. З ростом щільності знижується конвективна складова, але збільшується частка передачі тепла кондукцією. Частка теплопередачі шляхом випромінювання постійно знижується з ростом щільності.

Як результат, крива залежності коефіцієнта теплопровідності від густини має своєрідне «дно». Для різних видів матеріалів існує свій оптимальний діапазон густини, у якому коефіцієнт теплопровідності буде мінімальним. Зі зменшенням густини (читай – із деяким зменшенням вартості плити) теплоізоляційні властивості різко погіршуються. Збільшення густини може бути потрібним для забезпечення необхідного рівня міцності утеплювача, але теплоізоляційні властивості при цьому не покращуються.

Додавання до пінополістиролу EPS невеликої кількості мінерального графіту, що служить бар'єром для теплового випромінювання, «зміщує вниз» криву залежності теплопровідності від густини: за однакової щільності EPS коефіцієнт теплопровідності графітонаповненого пінополістиролу помітно нижчий, ніж у звичайного, див. рис. 2. Зона від 12 до 20 кг/м³ відповідає оптимальному діапазону густини матеріалу, що використовується в якості утеплювача.

У «намистинах» грануляту EPS графіт розподілений рівномірно. Але під час «спінювання» графіт не збільшується в об'ємі як полістирол, і в готових виробках з EPS невеликі кластери графіту виявляються ніби відірваними один від одного, розподіленими по значно більшому об'єму «спіненої гранули» у вигляді просторової ґратки. Хаотично розміщені клаптикові включення графіту

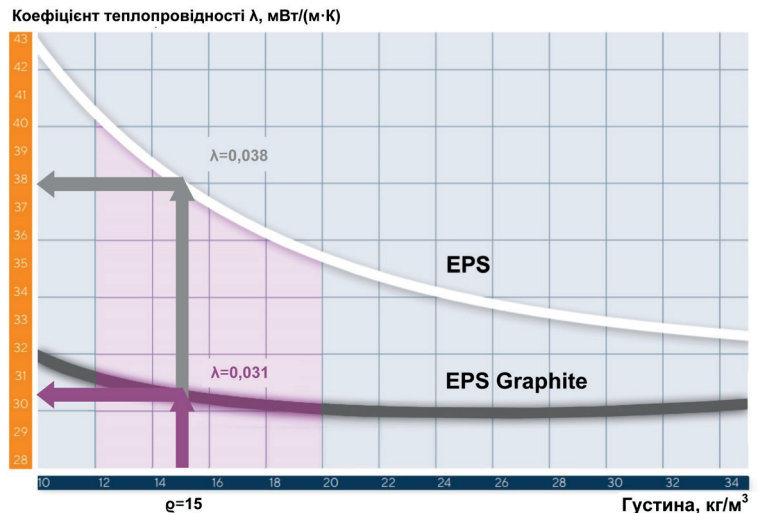


Рис. 2. Порівняння залежності теплопровідності звичайного (EPS) та графітового пінополістиролу (EPS Graphite)

(див рис. 3), мало впливають на кондуктивну та конвективну складові теплопереносу, помітно зменшуючи лише вплив випромінювання. Отримані у такий спосіб теплоізоляційні плити EPS із графітом використовуються за призначенням так само, як і звичайний білий полістирольний пінопласт, потребуючи лише ретельного захисту від прямого впливу сонця під час зберігання.

Такий пінополістирол з графітовим наповненням, наприклад, в Україні виробляє австрійська компанія HIRSCH Porozell, чиє виробництво сертифіковане на відповідність ISO 9000:2015, а теплоізоляційні вироби – на відповідність вимогам ДСТУ Б EN 13163:2012 та ДСТУ Б В.2.6-36:2008 (зі Зміною №1, чинною від 01.01.2017).

Отже, тільки коефіцієнт теплопровідності (а не об'ємна вага чи геометричні розміри) є тим параметром, за яким можна і потрібно порівнювати теплоізоляційні властивості будматеріалів. Наприклад, для звичайного (білого) EPS середньої густини 15 кг/м³ значення коефіцієнта теплопровідності може бути близьким до 0,037-0,039 Вт/(м·К), тоді як для графітового EPS такої самої густини – уже 0,031-0,032 Вт/(м·К). Якщо виразити у процентах, різниця може становити

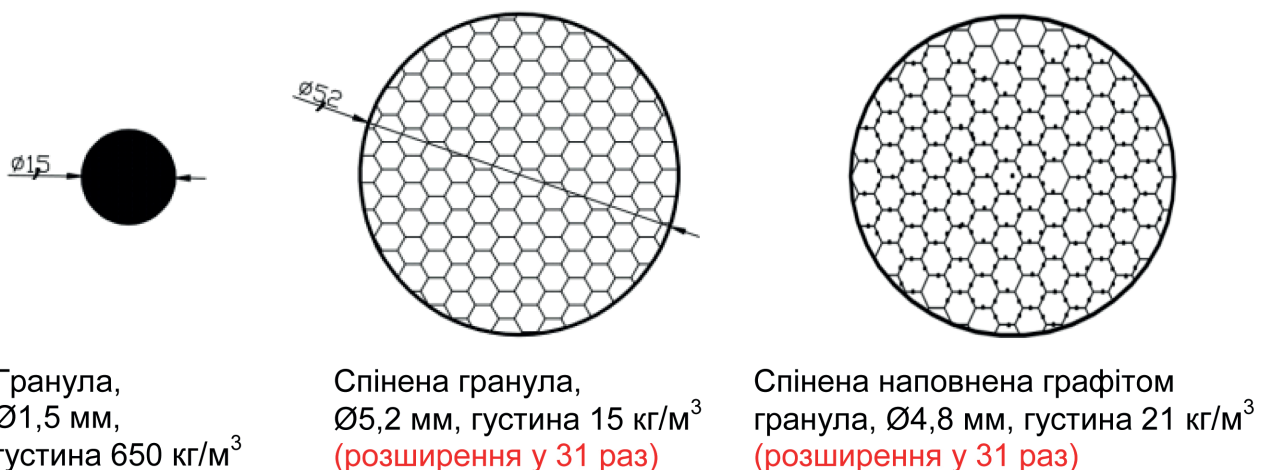


Рис. 3. Гранули полістиролу, спіненого полістиролу та спіненого полістиролу з графітовим наповнювачем

$(0,039 - 0,031) / 0,039 * 100\% = 20\%$. Видно, що за однакової густини EPS показники теплопровідності значно відрізняються. Тому зважування матеріалу для визначення густини – це лише можливість виявити значні суттєві невідповідності між заявленими та фактичними показниками, але це ніяк не може бути вихідними даними для розрахунків та вибору теплоізоляційних матеріалів.

Відсутність показника теплопровідності при маркуванні є чітким сигналом для споживача: даний будматеріал НЕ є теплоізоляційним, його не варто застосовувати для утеплення.

На практиці застосовуються різні коефіцієнти теплопровідності. Виробники будівельної теплоізоляції декларують коефіцієнти теплопровідності, що вимірюються на спеціально підготованих зразках за допомогою лабораторних приладів за різниці температур 10 °C або 25 °C. Для професійних розрахунків в Україні застосовуються показники теплопровідності у розрахункових умовах експлуатації (А і Б), що визначаються експериментально, шляхом моделювання кліматичних впливів зовнішнього середовища на ізоляцію огорожувальних конструкцій відповідно до ДСТУ Б В.2.7-182 (якщо випробування не проводилися – довідкові значення наводяться в Таблиці А.1 ДСТУ Б В.2.6-189:2013). Розрахункові теплопровідності ілюструють, як можуть змінюватися теплозахисні властивості утеплювача у процесі експлуатації.

Вплив товщини

Коефіцієнт теплопровідності є мірою теплоізоляційних властивостей матеріалів без прив'язки до конкретних випадків застосування. Поєднавши теплопровідність та товщину утеплювача, визначають його термічний опір, який в найпростішому випадку розраховується як $R = d / \lambda$, відношення товщини у метрах до коефіцієнта теплопровідності λ , Вт/(м·К). Чим вищий термічний опір, тим краще, оскільки тепло поширюватиметься повільніше. Підвищувати термічний опір можна різними способами:

- 1) збільшуючи товщину плит утеплення;
- 2) обираючи плити утеплення з меншим коефіцієнтом теплопровідності.

Для ілюстрації, звернімося до табл. 1, де показані розрахунки термічного опору для плит

Таблиця 1. Кореляція теплопровідності та термічного опору для пінополістирольних плит різної товщини

Марка матеріалу	EPS 70	EPS 90 Graphite
Заявлена теплопровідність	0,038	0,031
Термічний опір шару утеплення, (м ² ·К) / Вт		
50 мм	1,32	1,61
100 мм	2,63	3,23
150 мм	3,95	4,84
200 мм	5,26	6,45

утеплення HIRSCH Porozell EPS 70 (звичайний пінополістирол) та EPS 90 Graphite (графітовий пінополістирол, рис. 4) з різною товщиною. Видно, що опір теплопередачі графітового ППС товщиною усього 100 мм наближається до опору теплопередачі звичайного ППС товщиною аж 150 мм. Отже, EPS Graphite є більш вигідним для утеплення. Щоб правильно обрати теплоізоляцію потрібно врахувати показники теплопровідності та термічного опору, а не об'єм чи вагу теплоізоляції.

Державні будівельні норми оперують показником приведенного опору теплопередачі, що є сумою термічних опорів усіх шарів огорожувальної конструкції з урахуванням впливу теплопровідних включень («містків холоду»). Так, мінімально допустиме значення опору теплопередачі для фасадних стін житлових та громадських будівель у різних кліматичних зонах України є 2,8 ÷ 3,3 (м²·К)/Вт (відповідно до ДБН В.2.6-31:2016).

Порівнявши це з даними із таблиці 2, можна зробити висновок, що застосування пінополістирольних чи мінераловатних плит товщиною 50 мм для утеплення взагалі не є достатньо ефективним та не відповідає вимогам чинних теплоізоляційних норм! Крім недостатнього рівня опору теплопередачі (як наслідок – високого рівня трансмісійних втрат тепла, великих втрат енергії на опалення чи охолодження приміщень), можливі також проблеми, пов'язані з тепловологісним станом огорожувальних конструкцій (промерзання, конденсація, вологонакопичення, цвіль тощо).

Для досягнення унормованого рівня опору теплопередачі необхідно застосовувати мінераловатні чи пінополістирольні плити товщиною щонайменше 150 мм (не менше 100 мм із пінополістиролу EPS із графітом).

Плити утеплення, що забезпечують високий опір теплопередачі, виявляються більш вигідними під час застосування для теплоізоляції та мають цілий ряд інших переваг. Наприклад, для застосування в системах утеплення з опорядженням штукатурками (ETICS) плит HIRSCH Porozell EPS Graphite:

- 1) високі теплоізоляційні властивості, заявлені коефіцієнти теплопровідності: $\lambda \leq 0,032 - 0,031$ Вт/(м·К) (розрахункові теплопровідності в умовах А/Б 0,035-0,037 Вт/(м·К)). Це означає, що плити HIRSCH Porozell EPS Graphite – ефективний захист від холоду та від спеки, комфортна та здорова атмосфера утеплених приміщень;
- 2) термін ефективної експлуатації утеплювача перевищує 50 умовних років (при необхідних 25);
- 3) зменшення вартості квадратного метра утеплення (за рахунок можливості зменшити товщину плит та загальний об'єм теплоізоляції);
- 4) висока міцність за малої ваги (густина на порядок менша, ніж у кам'яної вати), проста установка, без пилу та подразнень;
- 5) стійкість до впливу вологи: не «дихає», не набухає, не гниє і не розкладається;

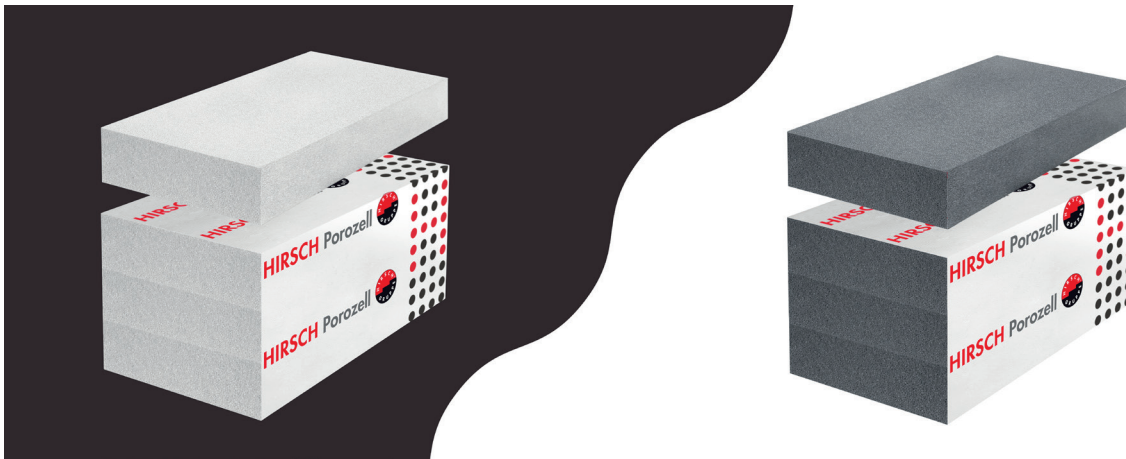


Рис. 4. Пінополістирол будівельний EPS від компанії HIRSCH Porozell – звичайний та графітонаповнений

- 6) висока біорезистивність – не є поживним середовищем для комах та гризунів у шарі утеплювача;
- 7) значні заощадження коштів на оплату енергії для опалення та охолодження приміщень – вища вартість нерухомості, привабливість для експлуатації та здачі в оренду.

Практичні поради

Теплоізоляційні матеріали характеризуються показником коефіцієнта теплопровідності. Чим менше його значення – тим ефективніший утеплювач, тому можна розраховувати на використання меншої товщини плит утеплення, щоб зменшити загальний обсяг теплоізоляційного матеріалу до закупівлі.

Сумлінні виробники теплоізоляційних плит на етикетках чи упаковці вказують коефіцієнт теплопровідності, виміряний в лабораторних умовах. Наприклад, для утеплювачів, що застосовуються на штукатурних фасадах, можна орієнтуватися на показники $0,036 \div 0,040$ Вт/(м·К) для пінополістиролу EPS (густина $13 \div 20$ кг/м³), для графітового EPS $0,031 \div 0,034$ Вт/(м·К) (виражена у відсотках, різниця становить до $20 \div 25\%$) або $0,037 \div 0,039$ Вт/(м·К) для мінеральної вати

на основі базальтового волокна густиною $100 \div 150$ кг/м³.

Для теплофізичних розрахунків необхідно запитувати постачальника теплоізоляції значення теплопровідності у розрахункових умовах А або Б.. Таблиця А.1 ДСТУ Б В.2.6-189:2013 дає довідкові дані для звичайного EPS густини 15 кг/м³ $\lambda_A = 0,045$ Вт/(м·К), $\lambda_B = 0,055$ Вт/(м·К), для виробів теплоізоляційних з мінеральної вати на основі базальтового волокна густиною 150 кг/м³ $\lambda_A = 0,048$ Вт/(м·К), $\lambda_B = 0,050$ Вт/(м·К). Значення розрахункових теплопровідностей HIRSCH Porozell EPS Graphite в умовах А/Б знаходяться в діапазоні $0,0350 \div 0,0371$ Вт/(м·К) в залежності від марки.

Необхідна товщина утеплення визначається теплофізичними розрахунками з урахуванням показників термічного опору та тепловологісного стану огорожувальних конструкцій. Для найбільш поширених утеплювачів – пінополістиролу EPS та мінеральної вати – товщина шару утеплення в Україні оцінюється не менше $100-150$ мм для фасадних стін та $200-300$ мм для дахів.

Для гарантії якості та експлуатаційної витривалості теплоізоляційних матеріалів необхідно запитувати у виробників сертифікати відповідності вимогам ISO 9001 та ДСТУ Б EN 13163.