

Пашинський В.А., Карюк А.М., Плотніков О.А.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,
Полтава, Першотравневий проспект, 24, 36011
Кіровоградський національний технічний університет
Кіровоград, проспект Університетський, 8, 25006*

***Анотація:** За результатами випробувань серій зразків плит з пінополістиролу та базальтової вати різних марок визначені статистичні характеристики середньої густини та коефіцієнта теплопровідності, що дозволило подати їх у формі випадкових величин з нормальним законом розподілу.*

***Ключові слова:** теплоізоляційні матеріали, середня густина, коефіцієнти теплопровідності, статистичні характеристики, закони розподілу.*

UDC 691:620.1

Підвищення енергоефективності будівель є важливим завданням сучасного будівництва, яке зазвичай розв'язується за рахунок використання фасадних теплоізоляційних систем на основі плит з мінеральної вати та пінополістиролу. Рівень теплової надійності таких систем слід аналізувати імовірнісними методами з урахуванням випадкової природи всіх розрахункових параметрів, у тому числі й теплотехнічних характеристик будівельних матеріалів.

Нормативні документи [1, 3, 4] містять лише детерміновані значення середньої густини й коефіцієнтів теплопровідності, тому статистичні характеристики середньої густини й коефіцієнта теплопровідності встановлені за результатами випробувань серій зразків плит з пінополістиролу й базальтової вати різних марок за середньою густиною.

Методика випробувань базується на вимогах ДСТУ [2], згідно з якими коефіцієнт теплопровідності обчислюється за експериментально отриманими значеннями температури обох поверхонь та інтенсивності теплового потоку через зразок. З метою прискорення випробувань великої кількості зразків методика [2] удосконалена шляхом використання холодильної камери з робочим прорізом великого розміру, у якій монтуються цілі плити

теплоізоляційного матеріалу, попередньо розмічені (але не розрізані) на квадратні зразки зі стороною, рівною п'яти товщинам плити. У центрі кожного квадрата встановлюється тепломір для вимірювання інтенсивності теплового потоку та хромель-копелеві термомпари на внутрішній і зовнішній поверхнях зразка. Після входження установки в стаціонарний тепловий режим проводяться вимірювання інтенсивності теплового потоку та температур обох поверхонь усіх зразків згідно з вимогами [3].

Після визначення коефіцієнтів теплопровідності випробувані плити розрізаються на окремі зразки, для кожного з яких визначається середня густина за методами, регламентованими чинними стандартами. Розроблена методика дала змогу протягом одного робочого дня визначати коефіцієнти теплопровідності понад 30-ти зразків теплоізоляційного матеріалу однієї марки, що істотно прискорило випробування.

Сукупність результатів випробувань матеріалу певної марки утворює вибірку значень середньої густини чи коефіцієнта теплопровідності матеріалу цієї марки. У таблицях 1 і 2 для кожної з отриманих вибірок наведені такі результати статистично обробки методами [5]: обсяг вибірки N , середнє значення M , стандарт S , коефіцієнт варіації V , вимоги ДСТУ [3, 4] до матеріалів відповідних марок та імовірність P належності випробуваного матеріалу до вказаної марки. Вигляд гістограм розподілу середньої густини і коефіцієнтів теплопровідності вказує на можливість їх опису нормальним законом розподілу [5]. Перевірка за критерієм узгодженості Пірсона [5] підтвердила, що на рівні значимості $\alpha > 0,2$ нормальний закон розподілу не суперечить дослідним даним.

Таблиця 1

Статистичні характеристики середньої густини

<i>Вид матеріалу</i>	<i>N</i>	<i>M</i> <i>кг/м³</i>	<i>S</i> <i>кг/м³</i>	<i>V</i>	<i>Вимоги</i> <i>ДСТУ</i>	<i>P</i>
Пінополістирол $\rho=15$ кг/м ³	32	12,9	0,389	0,030	≤ 15	1,000
Пінополістирол $\rho=25$ кг/м ³	32	16,6	0,526	0,032	15 – 25	0,999
Мінеральна вата $\rho=75$ кг/м ³	16	51,9	6,07	0,117	50 – 75	0,625
Мінеральна вата $\rho=125$ кг/м ³	16	112,9	7,23	0,064	100 – 125	0,916

Таблиця 2

Статистичні характеристики коефіцієнтів теплопровідності

<i>Вид матеріалу</i>	<i>N</i>	<i>M</i> <i>Вт/(м×К)</i>	<i>S</i> <i>Вт/(м×К)</i>	<i>V</i>	<i>Вимоги</i> <i>ДСТУ</i>	<i>P</i>
Пінополістирол $\rho=15$ кг/м ³	32	0,0359	0,0038	0,106	$\leq 0,042$	0,943
Пінополістирол $\rho=25$ кг/м ³	27	0,0315	0,0045	0,142	$\leq 0,039$	0,953
Мінеральна вата $\rho=75$ кг/м ³	15	0,0368	0,0047	0,127	$\leq 0,039$	0,681
Мінеральна вата $\rho=125$ кг/м ³	15	0,0474	0,0040	0,085	$\leq 0,040$	0,034

Наведені в таблицях значення P показують, що 94–100% зразків плит з пінополістиролу відповідають вимогами стандартів [3, 4] за середньою густиною та коефіцієнтом теплопровідності. Густина плит з базальтової вати отримана ближчою до нижньої межі вимог [4], а середні значення коефіцієнтів теплопровідності наближаються і навіть перевищують гранично допустимі значення, встановлених ДСТУ [4]. Близько третини зразків марки 75 кг/м³ та переважна більшість зразків марки 125 кг/м³ мають коефіцієнти теплопровідності, які не відповідають вимогам стандарту.

Наведені в таблицях коефіцієнти варіації середньої густини вказують на високу однорідність пінополістиролу ($V=0,03$). Деяко більшими є коефіцієнти варіації середньої густини базальтової вати ($V=0,06$ і $V=0,12$). Мінливість коефіцієнтів теплопровідності випробуваних матеріалів (від $V=0,09$ до $V=0,14$) близька до мінливості характеристик міцності будівельної сталі чи бетону. Отримані коефіцієнти варіації можна орієнтовно використати для імовірнісного опису середньої густини та коефіцієнта теплопровідності плит з мінеральної вати й пінополістиролу інших марок.

Виконані дослідження дозволили зробити такі **висновки**:

1. Середню густину та коефіцієнти теплопровідності досліджених матеріалів можна подати у формі нормально розподілених випадкових величин.
2. Отримані статистичні характеристики середньої густини і коефіцієнтів теплопровідності плит з пінополістиролу та базальтової вати випробуваних

марок можна використовувати в імовірнісних розрахунках теплової надійності огорожувальних конструкцій.

3. Виявлені значення коефіцієнтів варіації можна поширити на характеристики плит з пінополістиролу та базальтової вати інших марок, що дозволить орієнтовно подати їх у формі нормально розподілених випадкових величин.

Література

1. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – К., 2006. – 66 с.
2. ДСТУ Б В.2.6-101:2010. Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. – К., 2010. – 101 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-8-94. Плити пінополістирольні. Технічні умови. – К., 1994. – 22 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-167:2008. Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному в'язучому. Загальні технічні умови.
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.