

ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ МЕТОДОМ ЗМІННОГО РОЗРІДЖЕННЯ

*студ. Громова Д.Д., гр. БЦІ-202, студ. Сагайдак С.В., гр. БЦІ-114,
Наукові керівники Рімашевський О.А., к.ф.-м.н, доц. Загінайло І.В.
Одеська державна академія будівництва та архітектури*

Актуальність дослідження. Газопроникність або повітропроникність – одна з важливих властивостей конструкційних будівельних матеріалів, яка впливає, з одного боку, на їх довговічність, яка тісно пов'язана з масопереносом між внутрішніми порами та зовнішнім середовищем [1], а з другого – на теплоізоляційні властивості огорожувальних конструкцій. З поширенням використання пористих бетонів та арболітобетонів дослідження їх повітропроникності стає важливим для прогнозування властивостей огорожувальних конструкцій, з цих матеріалів вироблених.

Стан проблеми. Державними стандартами України регламентовано методи та обладнання для вимірювання повітропроникності будівель або огорожувальних конструкцій в натурних умовах [2], а також елементів огорожувальних конструкцій в лабораторних умовах [3]. Норми останнього ДСТУ, яке діє з 2008 р, на жаль, орієнтовані на морально застарілу апаратну базу і не враховують можливості сучасного цифрового вимірювального обладнання та його інтеграції з комп'ютерними системами обробки.

В якості показника повітропроникності використовується коефіцієнт масової повітропроникності, визначений згідно [3]. Щодо сучасних методів вимірювання, то повітропроникність у лабораторних умовах зазвичай вимірюється або методом постійного потоку, або методом змінного тиску [4]. Основна відмінність між цими методами полягає в тому, що у разі методу постійного потоку реєструється потік газу крізь зразок матеріалу при сталому перепаді тиску по обидві сторони зразка, тоді як у разі методу змінного тиску реєструється кінетика зміни перепаду тиску між двома об'ємами, розділеними зразком матеріалу.

На кафедрі фізики ОДАБА зараз створюється установка для виміру коефіцієнту масової повітропроникності методом змінного тиску, а саме у варіанті змінного розрідження з комп'ютерною реєстрацією.

Мета роботи. Знайти розрахункову формулу для лабораторного визначення коефіцієнту повітропроникності зразків будівельних матеріалів при вимірюванні

методом змінного розрідження на установці, що створюється на кафедрі фізики ОДАБА.

Отримані результати. Відповідно до визначення [3], коефіцієнт повітропроникності чисельно дорівнює масі повітря (в кг), яка проходить через одиницю площі (в м²) матеріалу, обмеженого паралельними плоскими поверхнями, за 1 годину при перепаді тиску в 1 Па. Позначається η , його розмірність – [кг/(м·год·Па)].

При фізичних вимірюваннях одиницею часу вважається 1 с. Тому введемо позначення для відповідного коефіцієнта повітропроникності з розмірністю [кг/(м·с·Па)]: η' , причому очевидно, що $\eta' = \eta/3600$.

При ламінарній течії повітря через пори матеріалу витрата повітря G' при протіканні маси повітря m через площу S за час t (розмірність [кг/(м²·с)]) дорівнює:

$$G' = \frac{m}{St} = \eta' \frac{\Delta p}{\delta}, \quad (1)$$

де Δp – перепад тиску, δ – товщина шару матеріалу. При переході до нескінченно малих:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{\eta' S}{\delta} \Delta p. \quad (2)$$

При натіканні маси повітря dm обсяг камери V при температурі T перепад тиску буде зменшуватися на величину, що визначається з рівняння стану ідеального газу: $-d(\Delta p)V = \frac{dm}{\mu} RT$, де $R = 8,31$ Дж/(моль·К) – універсальна газова стала, μ – молярна маса повітря (приймається рівною 0,029 кг/моль), звідки

$$dm = -\frac{\mu V}{RT} d(\Delta p). \quad (3)$$

Підставляючи (3) до (2), отримаємо:

$$\frac{dm}{dt} = -\frac{\mu V}{RT} \frac{d(\Delta p)}{dt} = \frac{\eta' S}{\delta} \Delta p. \quad (4)$$

Розділимо змінні:

$$\frac{d(\Delta p)}{\Delta p} = -\frac{\eta' S R T}{\mu V \delta} dt. \quad (5)$$

В результаті інтегрування отримаємо:

$$\ln(C\Delta p) = -\frac{\eta'SRT}{\mu V\delta}t, \quad (6)$$

де C – константа інтегрування.

Пропотенціюємо вираз (6):

$$C\Delta p = \exp\left(-\frac{\eta'SRT}{\mu V\delta}t\right). \quad (7)$$

Визначимо константу інтегрування C з початкових умов. Для моменту часу $t = 0$ згідно з (6) $C\Delta p_0 = 1$, де Δp_0 – початковий перепад тисків між вимірювальною камерою та зовнішнім середовищем, звідки $C = 1/\Delta p_0$.

Після перетворень дістаємо

$$\Delta p = \Delta p_0 \exp\left(-\frac{\eta'SRT}{\mu V\delta}t\right). \quad (8)$$

Таким чином, експериментально визначивши $\Delta p(t)$ та побудувавши графік залежності $\ln\left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0}\right)$ від часу ми маємо отримати пряму лінію:

$$\ln\left(\frac{\Delta p(t)}{\Delta p_0}\right) = k_0 + k_1 t, \quad (9)$$

де k_1 – тангенс кута нахилу отриманої прямої до осі часу, рівний $-\frac{\eta'SRT}{\mu V\delta}$.

З урахуванням того, що традиційно вимірюється величина повітропроникності за годину (3600с), отримуємо наступну розрахункову формулу для коефіцієнта повітропроникності:

$$\eta = 3600 \frac{\mu}{RT} \cdot \frac{V\delta}{S} k_1. \quad (10)$$

Висновки. Запропоновано визначення коефіцієнту масової повітропроникності будівельних матеріалів методом змінного розрідження. Отримана формула для розрахунку коефіцієнта повітропроникності на підставі даних вимірювань.

Summary

A method for determining the coefficient of air permeability of building materials using the rarefaction method is proposed. An analytical formula for its calculation is derived.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zhang D., Li K., (2019) Concrete gas permeability from different method: Correlation analysis. *Cement and Concrete Composites*, 2019, 103379, doi: 10.1016/j.cemconcom.2019.103379
2. ДСТУ EN ISO 9972:2022. Теплотехнічні характеристики будівель. Визначення повітропроникності будівель. Метод випробувального тиску – К: 2021 (державний стандарт України).
3. ДСТУ Б В.2.6-37:2008 Методи визначення показників повітропроникності огорожувальних конструкцій і їх елементів у лабораторних умовах. – К: Мінрегіонбуд України, 2009, 13 с. (державний стандарт України)
4. Mandip Dahal , Sungwoo Park , Sukhoon Pyo. A modified approach for measuring the air permeability of ultra-high performance concrete (UHPC) under vacuum conditions. *Construction and Building Materials*, 2023, v.401, 132933, doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132933

УДК 624.01

ПРО ПОХИБКУ ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТУ МАСОВОЇ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ МЕТОДОМ ЗМІННОГО РОЗРІДЖЕННЯ.

студ. Ткач Є.М., Ткаченко Є.М., гр. БЦІ-202

Наукові керівники Рімашевський О.А., к.ф.-м.н. доц. Загинайло І.В..

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Актуальність дослідження. На кафедрі фізики ОДАБА розробляється установка для вимірювання коефіцієнту повітропроникності будівельних матеріалів методом розрідження. Оцінювання похибки вимірювання цією установкою є важливою задачею для використання проекрованої установки в наукових дослідженнях.