



## АВТОРИ



**ФАРЕНЮК Є.Г.,**  
Канд. техн. наук  
завідувач відділу  
ДП «Державний  
науково-дослідний  
інститут будівельних  
конструкцій»



**ПОСТОЛ А.С.**  
Інженер ДП  
«Державний  
науково-дослідний  
інститут будівельних  
конструкцій»

# ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ФАСАДНИХ СИСТЕМ З ПОВІТРЯНИМ ПРОШАРКОМ

УДК 699.86:699.88:692.23

## АНОТАЦІЯ

*В даній статті представлено результати випробувань фасадних конструкцій з повітряним прошарком на основі кладки з повнотілої керамічної цегли та багатоцільових керамічних блоків за показником опору повітропроникності та визначено відповідність нормативним вимогам.*

*This article presents the results of the tests taken on the facade constructions with an air layer based on laying out corpulent ceramic brick and ceramic blocks with multiple airspaces in terms of breathability resistance. Also regulatory compliance was defined.*

## КЛЮЧОВІ СЛОВА

фасадні системи, повітропроникність, повітряний прошарок

## ВСТУП

Одним з головних кроків України до подолання енергетичної кризи являється зменшення енергетичних потреб в секторі житлового господарства, який є найбільш енергоємним у нашій країні. Запорукою успіху енергетичної незалежності України являється ефективне використання існуючого енергетичного потенціалу. Понад 30% кінцевої енергії у житловому секторі споживається будинками. За допомогою термомодернізації та капітального ремонту в будинках можна зменшити щорічні втрати енергії на 10–25 %. При цьому, в цілому по Україні потенціал зменшення енергоспоживання становить 75 % [1].

Дотримання існуючих нормативних вимог [2, 9] дозволить забезпечити мешканців комфортни-



ми умовами житлового середовища та зменшити енергопотребу на опалення. Надмірна повітропроникність огорожувальних конструкцій призводить до зміни температурного та вологісного режиму, а також до зміни швидкості руху в приміщенні, які чітко регламентуються державними санітарними нормами. Тому, питанню повітропроникності слід приділяти особливу увагу при проектуванні будинків, особливо це стосується фасадних конструкцій, зовнішній шар утеплювача яких не захищений від прямого контакту з повітрям.

Питанням повітропроникності огорожувальних конструкцій займалися провідні вчені ще з початку ХХ століття. Так в 30-х роках питання повітропроникності матеріалів було розглянуто у роботі Е. Raisch [3]. Р.Е. Брилінгом було проведено багато випробувань з визначення повітропроникності будівельних матеріалів та огорожувальних конструкцій [4]. Також авторами В.В. Гагаріним, В.В. Козловим, А.В. Садчиковим в роботах [5, 6] були представлені результати дослідження впливу поперечної фільтрації повітря в огорожувальних конструкціях на теплозахисні властивості. В роботі А.В. Садчікова була розроблена методика врахування впливу поперечної фільтрації повітря в утеплювачі на теплозахисні властивості стін з навісними вентилятованими фасадами [7]. В роботі М.Р. Петріченко та М.В. Петріченко [8] розглянута гідраліка вільноконвективних течій в огорожувальних конструкціях з повітряним прошарком. Та не дивлячись на досить велику кількість дослідних робіт на дану тематику, деякі питання лишаються нерозглянутими.

Об'єктом дослідження є конструкції фасадної теплоізоляції з вентиляємим повітряним прошарком на основі повнотілої керамічної цегли, а також багатошлішних керамічних блоків, утеплених базальтовою ватою та опоряджених з внутрішньої сторони тонкошаровою штукатуркою на гіпсовій основі. В якості зовнішнього оздоблювального опоряджувального шару з індустриальних елементів використано керамічні плити.

Метою експериментальних випробувань є визначення фактичного значення опору повітропроникності огорожувальних конструкцій з вентиляємим прошарком на основі кладки з керамічних багатошлішних блоків та цільних керамічних блоків, встановлення відповідності нормативним вимогам [9] за показником повітропро-



Рис.1. Вигляд кладки на основі багатошлішних керамічних блоків з внутрішньої (а) та зовнішньої (б) сторони.

никності огорожувальних конструкцій, а також надання відповідних рекомендацій для збільшення показника опору повітропроникності.

### КЛАДКА НА ОСНОВІ КЕРАМІЧНИХ БАГАТОШЛІШНИХ БЛОКІВ

Кладка виконувалась з керамічних багатошлішних блоків. Характеристика блоків: маса блоку – 17,5 кг; середня густина керамзитобетонного блоку – 780 кг/м<sup>3</sup>; висота – 238 мм, ширина – 250 мм, довжина – 380 мм.

Випробування проводились при заповненні будівельним розчином горизонтальних та вертикальних швів кладки, з опорядженням з внутрішньої сторони шарами тонкошарової штукатурки товщиною 5 мм та 15 мм.

Утеплення здійснювалось в два шари, перший шар базальтової вати густиною 30 кг/м<sup>3</sup> товщиною 80 мм, другий (зовнішній) шар базальтової вати густиною 90 кг/м<sup>3</sup> товщиною 30 мм. В якості зовнішнього оздоблювального опоряджувального шару з індустриальних елементів використано керамічні плити. Загальний вид кладки з шаром внутрішньої штукатурки під час випробування наведено на

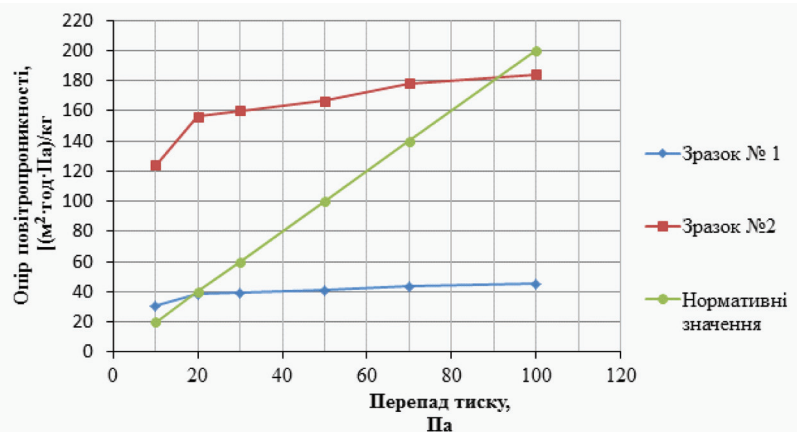


Рис.2. Результати випробувань показників повітропроникності конструкції на основі кладки з багатошлішних керамічних блоків.



а



б

Рис.3. Вигляд кладки на основі повнотілої керамічної цегли без штукатурки (а) та зі штукатуркою (б).

рис. 1а. Вигляд з зовнішньої сторони фасаду приведено на рис. 1б.

Зразок №1 являє собою кладку з багатошкілних керамічних блоків загальною товщиною 250 мм із заповненням будівельним розчином горизонтальних та вертикальних швів з опорядження штукатуркою з внутрішньої сторони загальною товщиною 5 мм.

Зразок №2 являє собою те саме, що і зразок №1 за виключенням товщини шару внутрішньої штукатурки, що складає 15 мм.

Отримані дані наведено на рис. 2.

Конструктивне рішення, що представлено зразком №1, відповідає нормативним вимогам тільки при різниці тисків в 10 Па, тому може використовуватись для будівництва та при реконструкції житлових будинків загальною висотою не більше ніж 6 м. В свою чергу збільшення товщини внутрішньої штукатурки на 10 мм призводить до збільшення опору повітропроникності в середньому в 4 рази.

### КЛАДКА НА ОСНОВІ ЦІЛЬНИХ КЕРАМІЧНИХ БЛОКІВ

Несуча конструкція фасадної системи з вентиляційним прошарком була влаштована на кладці

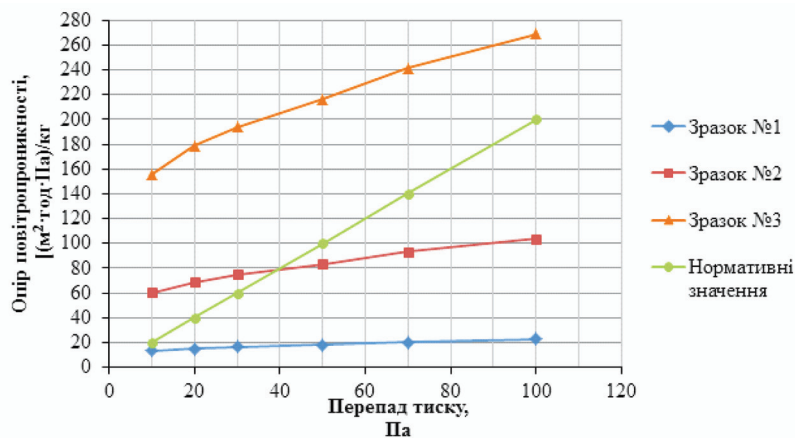


Рис.4. Результати випробувань показників повітропроникності конструкції на основі кладки з повнотілої керамічної цегли.

з цільної керамічної цегли. Цегла мала наступні характеристики: маса цегли – 2,2 кг; середня густина цегли – 1700 кг/м<sup>3</sup>; висота – 65 мм, ширина – 250 мм, довжина – 250 мм.

Утеплення здійснювалось в два шари, перший шар базальтової вати густиною 30 кг/м<sup>3</sup> та товщиною 80 мм, другий (зовнішній) шар базальтової вати густиною 30 кг/м<sup>3</sup> та товщиною 30 мм. В якості зовнішнього оздоблювального опоряджувального шару з індустріальних елементів використано керамічні плити. Загальний вид кладки без шару штукатурки та зі штукатуркою наведено на рис. 3а та 3б відповідно.

Кладка виконувалась загальною товщиною 250мм.

Зразок №1 являє собою кладку з цільних керамічних блоків із заповненням будівельним розчином вертикальних та горизонтальних швів без устаткування зовнішнього шару штукатурки.

Зразок №2 та зразок №3 має таке ж конструктивне рішення, як і зразок №1, тільки з опорядкування шарами внутрішньої штукатурки загальною товщиною 5 мм та 15 мм відповідно (рис. 4).

За отриманими результатами можна дійти висновків, що використання фасадної конструкції на основі кладки з керамічної цегли зразка №1 не відповідає нормативним вимогам та значно нижче установлених норм, що унеможливає її використання в житловому будівництві. Випробування зразка №2 показали, що застосування шару внутрішньої штукатурки товщиною 5 мм підвищує опір повітропроникності в середньому в 4,5 рази. Така конструкція відповідає нормативним вимогам при значенні перепаду тисків  $\Delta P=30$  Па. Дане конструктивне рішення можливо використовувати при будівництві та реконструкції житлових будинків загальною висотою не вище, ніж 16 м. Випробування зразка №3 показали, що застосування шару штукатурки товщиною 15 мм підвищує опір повітропроникності в порівнянні зі зразком №2 в середньому в 2,5 рази, та в порівнянні зі зразком №1 майже в 12 разів. Зразок №3 відповідає нормативним вимогам та може використовуватись при будівництві та реконструкції житлових будинків загальною висотою до 51 м.

### ВИСНОВКИ

В результаті проведення випробувань фасадних конструкцій з повітряним прошарком було отримано та проаналізовано результати, які свідчать про те, що використання фасадних сис-





тем такого типу без опорядження зовнішнім шаром штукатурки в сучасному будівництві неможливо, тому що показник опору повітропроникності не відповідає нормативним вимогам.

Отримані дані свідчать про те, що нанесення шару штукатурки товщиною 5 мм може використовуватись у даних видах конструкції тільки при будівництві та реконструкції житлових будинків загальної висотою не вище 16 м.

Збільшення шару штукатурки суттєво підвищує значення опору повітропроникності, тому у вентильованих фасадних системах рекомендовано використовувати шар штукатурки товщиною не менш, ніж 15 мм, що забезпечить виконання всіх нормативних вимог стосовно опору повітропроникності та комфортні умови для мешканців будинків, де використовуються такі конструктивні системи.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г. Фаренюк. – К.: Гама-Принт, 2009. – С. 194-203.
2. Будинки і споруди. Житлові будинки: ДБН В.2.2-15-2005 – [Чинний від 2006-01-01]. – К.: Мінбуд України, 2005. – II, 36 с. – (Будівельні норми України).
3. Raisch E. (1928). Die Luftdurchlässigkeit von baustoffen. *Gesundheist-Ingenieur.* №30. Pp. 481-489.
4. Брилинг Р.Е. Воздухопроницаемость ограждающих конструкций и материалов / Брилинг Р.Е. - М.: Стройиздат, 1948. – 90 с.
5. Гагарин В. Учет продольной фильтрации воздуха при оценке теплозащиты стены с вентилируемым фасадом / Гагарин В., Козлов В., Садчиков А. // Промышленное и гражданское строительство, 2005.- №6. - С. 42-45.
6. Гагарин В. Продольная фильтрация воздуха в современных ограждающих конструкциях / Гагарин В. // АВОК, 2005. - №8. - С. 60-70.
7. Садчиков А. Влияние продольной фильтрации воздуха в утеплителе на теплозащитные свойства стен с навесными вентилируемыми фасадами: дис. ... канд. техн. наук / Садчиков А. - М., 2007. - 248 с.
8. Петриченко М.Р. Гидравлика свободноконвективных течений в ограждающих конструкциях с воздушным зазором / Петриченко М.Р., Петриченко М.В. // Инженерно-строительный журнал, 2011. - №8(26). - С. 51-56.
9. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31 — [Чинний від 2017-05-01]. – К.: Мінрегіон України, 2017. – III, 31 с. – (Будівельні норми України).

## REFERENCES

1. Farenuk, G.G. (2009). *Osnovu zabezpechenia energoefektivnosti budunkiv ta teplovoi izoliatzii ogorogzuvalnuh konstruktzii* [Framework for ensuring building energy efficiency and thermal reliability of walling]. Kyiv: Gama-Print. - 216 p. [in Ukrainian].
2. *Budunki i sporudu. Zhutlovi budunki* [Buildings and constructions. Houses]. (2005). DBN B.2.2-15:2005 from 01<sup>st</sup> January 2006. – Kyiv: Ukraine Ministry of Construction [in Ukrainian].
3. Raisch, E. (1928). The permeability of building materials. *Gesundheist-Ingenieur.* №30. Pp. 481-489 [on German].
4. Briling, R.Ye. (1948). *Vozduhopronitzaemost ograzhdaiuchih konstruktziy i materialov* [Breathability of building envelopes and materials]. Moscow: Stroyizdat [in Russian].
5. Gagarin V.G., Kozlov V.V. & Sadchikov A.V. (2005). *Uchet prodolnoi filtratzii vozduha pri otzenke teplozachitu stenu s ventiliryemum fasadom* [Account of the longitudinal air filtration in the assessment of thermal protection of walls with ventilated façade]. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo - Industrial and civil engineering.* No. 2, Pp. 42- 45 [in Russian].
6. Gagarin, V.G., Kozlov, V.V., Sadchikov, A.V. & Mekhnetsov, I.A. (2005). *Prodolnaia filtratzia vozduha v sovremennuh ograzdauchih konsrtuktziyah* [Longitudinal air filtration in modern building envelopes]. *AVOK.* No. 8. Pp. 60-70 [in Russian].
7. Sadchikov, A.V. (2007). *Vliianie prodolnoi filtratzii vozduha v yteplitele na teplozashitnie svoistva sten s navesnumi ventiliryemumi fasadami* [The effect of longitudinal air filtration in heat insulation material on the thermal insulation properties of walls with hinged ventilated facades]. Candidate's thesis. Moscow [in Russian].
8. Petrichenko, M.R. & Petrichenko, M.V. (2011). *Gidravlika svobodnokonvektivnuh techeniy v ograzhdaiuchih konstruktziyah s vozдушnum zazorom* [Hydraulics of free-convective flows in enclosures with an air gap]. *Inzhenerno-stroitelnoi zhurnal - Magazine of civil engineering.* №8(26). p. 51-56 [in Russian].
9. *Teplova isoliatsia budivel* [Thermal insulation of buildings] (2017). DBN B.2.6-31:2006 from 01<sup>st</sup> April 2007. – K.: Ukraine Ministry of Construction [in Ukrainian].