

ЖУКОВА Н. І., канд. техн. наук, ст. викладач

СМОЛЯР В. Г., інженер

МЕЛЬНИК А. М., магістр екології

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ МІНЕРАЛЬНОЇ ВАТИ

***Анотація.** Досліджено теплоізоляційні показники будівель з керамічної цегли з додаванням відходів виробництва мінеральної вати. Визначено доцільний її вміст у складі будівельних матеріалів, що підтверджено відповідними техніко-економічними розрахунками. Встановлено залежності коефіцієнту теплопровідності та опору теплопередачі від вмісту відходів мінеральної вати у цегляному блоці. Запропонований спосіб дозволить вирішити проблему утилізації відходів мінеральної вати та зменшить антропогенне навантаження на довкілля.*

***Ключові слова:** будівельні матеріали, відходи виробництва мінеральної вати, теплоізоляційні показники.*

***Abstract.** The thermal insulation performance of ceramic brick buildings with the addition of waste from the production of mineral wool has been studied. Its expedient content as a part of building materials is defined that is confirmed by the corresponding technical and economic calculations. The dependences of the thermal conductivity coefficient and heat transfer resistance on the content of mineral wool waste in the brick block are established. The proposed method will solve the problem of utilization of mineral wool waste and reduce the anthropogenic load on the environment.*

***Keywords:** building materials, waste of mineral wool production, heat-insulating indicators.*

На сьогодні в Україні є актуальною проблема підвищення теплоізоляційних показників будівельних матеріалів. Не зважаючи на появу нових будівельних матеріалів, як наприклад керамоблоки, газобетонні блоки, піноблоки тощо, в будівництві широко використовується традиційна цегла – керамічна або силікатна. Це пояснюється її властивостями, технічними характеристиками, про-

стою технологією виробництва, дешевизною сировини та доступністю. Всі типи цегли характеризуються міцністю, морозостійкістю, екологічністю, значним терміном експлуатації, високим рівнем звукоізоляції, точністю геометричних розмірів, стійкістю до корозії, плісняви, грибків. Недоліками використання цегли є тривалий термін будівництва, необхідність утеплення будівель за допомогою теплоізолюючих матеріалів.

В роботі [1] наведено узагальнені характеристики основних будівельних матеріалів та їх показники. Як видно з табл. 1, при значному терміні експлуатації, низькому рівні водопоглинання цегла має високу теплопровідність, тому виникає потреба утеплення стін будівель.

Таблиця 1

Характеристики будівельних матеріалів

Показник	Деревина	Газобетон	Піноблок	Цегла
Межа міцності при стисненні, кг/см ²	385–440	15–30	15–30	100–200
Водопоглинання, %	23–30	30	14	12
Теплопровідність, Вт/м · °С	0,15–0,4	0,1–0,3	0,45	0,6–0,95
Термін експлуатації, роки	50–100	30–70	30–70	>100

Аналіз літературних джерел [2, 3] показав, що існують пропозиції використання відходів мінеральної вати у виробництві будівельних матеріалів, але не обґрунтовано раціональний вміст відходів мінеральної вати у складі цегли.

Метою роботи є обґрунтування використання відходів мінеральної вати у виробництві цегли, визначення ефективного її вмісту та дослідження теплоізоляційних властивостей традиційної цегли та цегли з додаванням відходів мінеральної вати.

В роботі запропоновано додавання відходів виробництва мінеральної вати до керамічної цегли для підвищення її теплоізоляційних показників. Також це дозволить скоротити витрату основної сировини, утилізувати відходи виробництва мінеральної вати та зменшити собівартість виробництва керамічної цегли.

Пропонується виготовляти керамічну цеглу заповнену відходами виробництва мінеральної вати (рис. 1). Для визначення відсоткового вмісту відходів мінеральної вати проведено дослідження

зразків керамічної цегли з вмістом відходів мінеральної вати 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %. Товщина кладки сягала 500 мм.

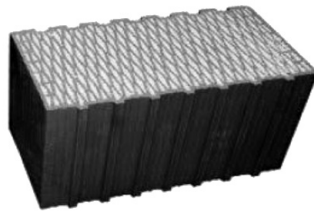


Рис. 1. Керамічна цегла (блок) розміром 500 × 248 × 249 мм з вмістом відходів мінеральної вати

Було визначено коефіцієнт теплопровідності і опір теплопередачі керамічної цегли з урахуванням вологості кладки [4]. Характеристики керамічної цегли та мінеральної вати наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Характеристики будівельних матеріалів

№ з/п	Показники	Керамічна цегла	Відходи мінеральної вати
1	Густина (щільність), кг/м ³	1000–2100	35–100
2	Міцність, МПа	50–300	0,1
3	Водопоглинання, %	6	6–30
4	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м · °С	0,65–2,4	0,044
5	Вогнестійкість, год	0,75 (товщина 6,5 см)	2

Термічний опір теплопередачі кладки при фактичній вологості

$$R = \frac{\Delta t}{q},$$

де R – термічний опір теплопередачі, (м² · °С)/Вт;

Δt – різниця температур на поверхнях стіни;

q – густина теплового потоку, Вт/м².

Δt визначають як різницю середньозважених значень температур теплої та холодної поверхонь стіни

$$\Delta t = t_T - t_x, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2)$$

де t_T , t_x – тепла і холодна температури поверхні стіни відповідно, °С.

Коефіцієнт теплопровідності кладки при фактичному значенні її вологості ω

$$\lambda_{\text{екв}} = \frac{\delta}{R}, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}, \quad (3)$$

де δ – товщина кладки, м.

Аналогічні дослідження проводились для значень вологості кладки $\omega_0 = 0 \%$, 1% та $1,5 \%$.

Коефіцієнт теплопровідності кладки у сухому стані

$$\lambda_0 = \lambda_{\text{екв}}(\omega) - \omega \cdot \Delta\lambda_{\text{екв}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}. \quad (4)$$

Коефіцієнт теплопровідності кладки для конкретних умов експлуатації

$$\lambda_{\text{А(Б)}} = \lambda_0 - \omega_{\text{А(Б)}} \cdot \Delta\lambda_{\text{екв}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}. \quad (5)$$

Розраховані коефіцієнти теплопровідності для різних значень вологості наведено в табл. 3.

Залежності $\lambda_{\text{А(Б)}}$ від вмісту відходів мінеральної вати наведено на рис. 2. Видно, що найменше значення коефіцієнту теплопровідності відповідає 35 % вмісту відходів мінеральної вати і найвищим теплоізоляційним параметрам цегли.

Таблиця 3

**Коефіцієнти теплопровідності
для різних значень вологості кладки та вмісту мінеральної вати**

Вміст МВ	$\omega_0 = 0 \%$		$\omega_1 = 1 \%$		$\omega_2 = 1,5 \%$	
	$\lambda_0, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$	$R_0, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$	$\lambda_A, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$	$R_A, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$	$\lambda_B, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$	$R_B, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$
20 %	0,127	3,91	0,14	3,56	0,145	3,41
25 %	0,128	3,87	0,133	3,72	0,136	3,64
30 %	0,106	4,65	0,118	4,2	0,126	4,0
35 %	0,101	4,9	0,106	4,66	0,108	4,58
40 %	0,115	4,30	0,12	4,17	0,121	4,1
45 %	0,116	4,26	0,131	3,78	0,138	3,5

Визначено залежність опору теплопередачі від вмісту відходів мінеральної вати в складі цегли, причому найвище його значення спостерігається при 35 % вмісту відходів мінеральної вати (рис. 3).

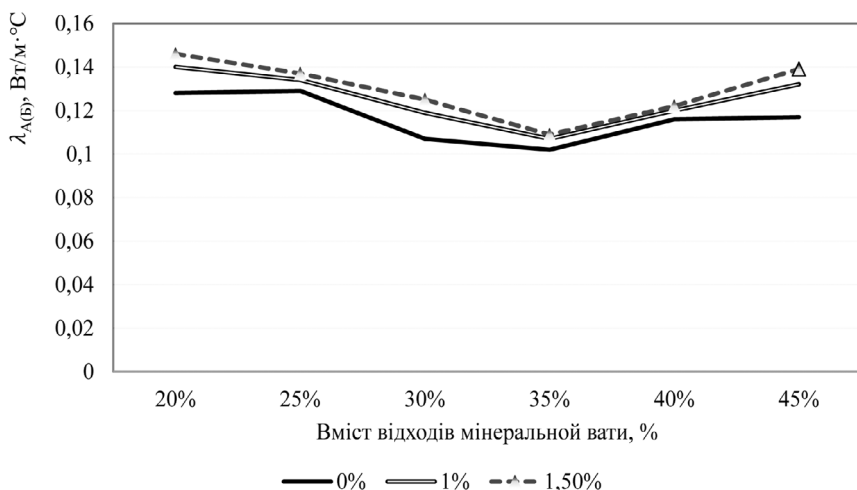


Рис. 2. Залежність коефіцієнту теплопровідності від вмісту відходів мінеральної вати для різних значень вологості кладки

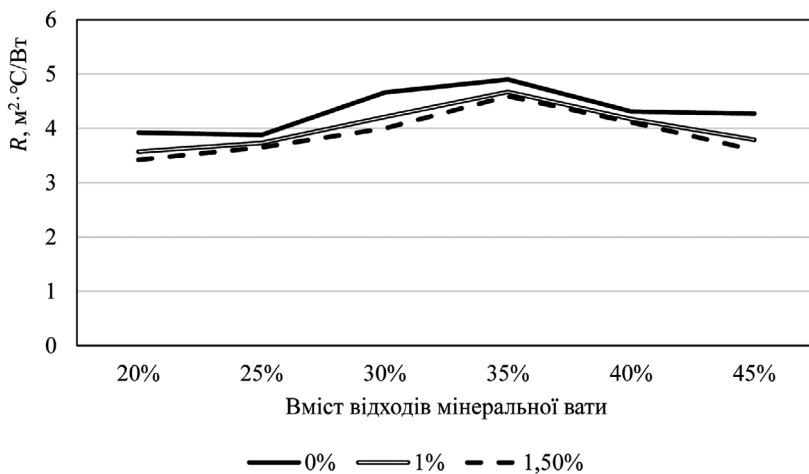


Рис. 3. Залежність опору теплопередачі від вмісту відходів мінеральної вати для різних значень вологості кладки

Проведено розрахунки вартості спорудження житлового будинку з використанням керамічної цегли з наповненням відходами мінеральної вати. Для порівняння розглянуті варіанти будівництва житлових приміщень з використанням таких будівельних матеріалів:

- силікатної цегли, утепленої пінопластом;
- керамічного блоку з пустотами, що заповнюються мінеральною ватою;
- керамічної цегли, в складі якої 35 % відходів мінеральної вати.

Порівняння варіантів показало, що найбільш доцільним є варіант спорудження будинку з керамічної цегли (блоку) до складу якої входять 35 % відходів мінеральної вати. Вартість будівництва становить 4,22 млн. грн у порівнянні з 5,2 млн грн. (силікатна цегла та утеплення пінопластом) і 5,02 млн. грн. (керамічний блок з пустотами для заповнення мінеральною ватою).

Висновки. Встановлено, що мінімальне значення коефіцієнту теплопровідності та найвишого опору теплопередачі досягається при вологості кладки $\omega = 1,0 \%$ у зразку керамічної цегли (блоку), що на 35 % складаються з відходів мінеральної вати.

Доведено, що запропонований склад керамічної цегли (блоку) забезпечує високі теплоізоляційні властивості та має низьку вартість, що робить будівельний матеріал конкурентоспроможним.

Використання відходів виробництва мінеральної вати для виготовлення керамічної цегли (блоків) дозволить значною мірою вирішити проблему утилізації цих відходів, що істотно знизить антропогенний вплив на довкілля.

Література

1. Мельников И. А. Всё о материалах для каменного дома. Красноярск: *Изд-во Красноярского ун-та*, 2014. — 453 с.
2. Зарубина Л. П. Теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы и технологии. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2012. — 416 с.
3. Копаница Н. О., Кудяков А. И., Ковалева М. А. Теплоизоляционные торфодревесные строительные материалы: монография, Томск: *Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та*, 2009. — 184 с.
4. Протокол випробувань на теплопровідність каменів керамічних рядових крупноформатних : вик. Укр.наук.-досл. і проект.-констр. ін-том буд. мат. від 24 грудня 2015 р. — № 15/53. — Київ.

Інформація про авторів: Жукова Н. І., канд. техн. наук, ст. викладач.

E-mail: nataliaz127@ukr.net.

Смоляр В. Г., інженер, Мельник А. М., магістр екології.