

## ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ РІЗНИХ ТИПІВ СТІНОВОГО ЗАПОВНЕННЯ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Показані різні види конструктивних рішень стінового заповнення, їх переваги та недоліки. Виконаний підбір критеріїв порівняння варіантів стінового заповнення при методиці багатокритеріального аналізу. Визначено актуальність, мету, об'єкт та предмет магістерської кваліфікаційної роботи.*

**Ключові слова:** стіна, критерій оцінка, вартість, аналіз факторів.

### Abstract

*Different types of constructive wall filling solutions, their advantages and disadvantages are shown. The selection of criteria for comparing wall filling options using the multi-criteria analysis method was carried out. The relevance, purpose, object and subject of the master's qualification thesis are determined.*

**Key words:** wall, evaluation criterion, cost, analysis of factors.

### Вступ

**Актуальність теми.** Стіни будівель повинні задовольняти наступним вимогам:

- бути міцними і стійкими;
- володіти довговічністю, відповідної класу будівлі;
- відповідати ступеню вогнестійкості будинку;
- бути енергозберігаючим елементом будівлі;
- мати опір теплопередачі згідно з теплотехнічним нормам, при цьому забезпечувати необхідний температурно-вологісний комфорт в приміщеннях;
- володіти достатніми звукоізоляційними властивостями;
- мати конструкцію, що відповідає сучасним методам зведення конструкцій стін.

Вибір типу стін повинен бути економічно виправданий виходячи з заданого архітектурно-художнього рішення та відповідати вимогам замовника, при цьому матеріаломісткість (витрати матеріалів) стін повинна бути по можливості мінімальною, оскільки це багато в чому сприяє зниженню трудовитрат на зведення стін і загальних витрат на будівництво.

**Мета дослідження.** Метою роботи є дослідження та оптимізація конструктивних рішень стінового заповнення із визначенням найбільш оптимального варіанта.

**Об'єктом дослідження** є конструкції стінового заповнення для будівництва малоповерхових будівель.

**Предметом дослідження** є вибір найбільш оптимального виду стінового заповнення методом багатокритеріального аналізу.

**Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:**

- проаналізувати сучасні типи конструкцій стінового заповнення та сформувані їх найбільш раціональну вибірку для порівняння.
- зробити порівняльний аналіз різних типів стінового заповнення методом багатокритеріального аналізу для визначення найбільш оптимального рішення.

### Основна частина

Конструкції стін зазнають впливу складного комплексу зовнішніх і внутрішніх дій. Характером впливів, яких зазнають стіни, зумовлені вимоги до них: міцність та стійкість; довговічність; теплотехнічні характеристики (теплоізоляція, теплостійкість, повітронепроникність); звукоізоляція; відповідність ступеню вогнестійкості будівлі; економічність та індустріальність; архітектурно-художні вимоги. Довговічність стін залежить від їх морозо-, волого- та біостійкості.

Конструктивне рішення зовнішніх стін визначається характером покладених на них функцій як несучого, захисного й архітектурно-художнього елементів будівлі. Останній формує її зовнішній вигляд.

Цегляна кладка перевірена і доведена до досконалості технологія влаштування стін. Керамічна цегла найдавніший матеріал, що використовується при зведенні будівель. Цегляну кладку кладуть на жорсткий цементно-піщаний розчин. Товщина шва становить 8-12 мм. Теплопровідність цементно-піщаного розчину вище будівельної кераміки. Розчинні шви є перемички, переплетені між собою в своєрідну тривимірну мережу. Цементно-піщаний розчин це «місток холоду». Тому тепловтрати будівлі через цегляні стіни більші показників керамічної цегли.

Переваги стіни виконаної з керамічної цегли:

- висока міцність, висока несуча здатність;
- абсолютна екологічність, несприйнятливість до біологічних впливів;
- висока вологостійкість;
- довговічність;
- висока вогнестійкість;
- невеликі габарити цегли дозволяють відтворювати складні архітектурні елементи;
- легко поєднується з усіма видами оздоблення.

Недоліки стіни виконаної з керамічної цегли:

- висока усереднена щільність цегляної кладки – значна питома вага стіни, що веде до підвищених вимог до несучої здатності фундаменту;
- невисокі теплоізоляційні якості вимагають великої товщини стіновий конструкції або додаткових теплоізоляційних заходів;
- значні витрати часу на зведення стіни;

Газобетон — це будівельний матеріал, який має ряд характерних рис. По-перше, це легка вага, що полегшує транспортування та прискорює процес будівництва. Газобетон легко ріжеться, свердлиться та обробляється. Це спрощує процес будівництва та дозволяє створювати різні форми та конфігурації.

Газоблок для зовнішніх стін має гарну міцність і стійкість до впливу вологи. Він здатний витримувати навантаження та зберігати свої характеристики протягом тривалого часу. Газоблок виготовляється з натуральної сировини – цементу, вапна, кварцевого піску та алюмінієвої пудри. В результаті хімічної реакції металічний алюміній в його складі перетворюється в нешкідливий оксид алюмінію, тому газобетон безпечний та екологічно чистий.

Газобетонні блоки мають доволі великі розміри та точну геометрію. Це дозволяє максимально швидко споруджувати рівні стіни. Газоблоки кладуться на спеціальний клей, а не на звичайний цементний розчин. Завдяки цьому мінімізується ризик створення містків холоду, через які б відбувалися тепловтрати.

Переваги:

- висока теплоізоляція завдяки коміркам заповненим повітрям;
- висока паропроникність та повітропроникність газоблоків.
- екологічність;
- вогнестійкість;
- морозостійкість;
- стіни з газобетону не потребують опори міцного фундаменту, що знижує витрати на його спорудження.
- швидкість будівництва.

Недоліки будівництва стін з газобетону:

- можлива поява тріщин на стінах через усадку;
- характерна низька теплова інерція;
- потребують додаткового армування;
- висока гігроскопічність;
- можливі проблеми з внутрішнім оздобленням при неправильно підібраних будівельних сумішах.

Тришарові залізобетонні панелі. Вони довговічні (50 років і більше), мають високу несучу здатність, забезпечують надійну звуко-, вітро- і теплоізоляцію. Після монтажу несучих та огороджувальних конструкцій – будівля готова до введення в експлуатацію без додаткових

внутрішніх та зовнішніх робіт. Будівництво ведеться з панелей повної заводської готовності з ідеальною геометрією, що не вимагає підгонки за місцем та виключає проблеми зі стикуванням елементів.

Продукція виробляється відповідно згідно ДСТУ Б.В.2.6-84:2009 "Панелі стінові тришарові залізобетонні з ефективним утеплювачем". Зовнішні шари виробів виготовляють з важкого армованого бетону класу В25 (М350), а в якості теплоізоляції використовують екструдований пінополістирол (ЕППС) або кам'яну вату високої щільності (рис. 1).

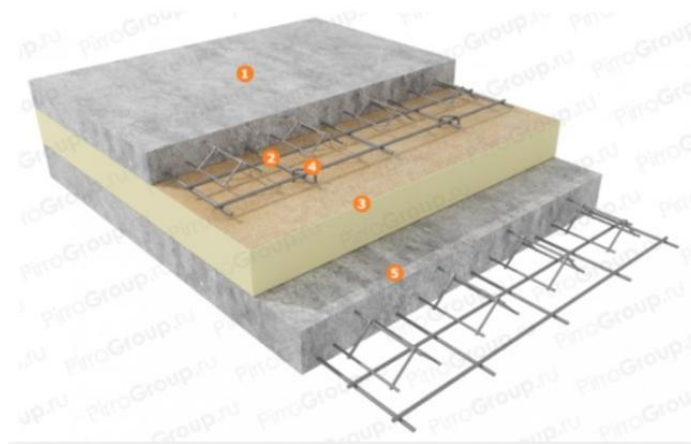


Рисунок 1 - Розріз тришарової залізобетонної панелі (1, 2 - зовнішній шар залізобетону, 3 - шар утеплювача, 4 - зв'язки залізобетону, 5 - внутрішній шар залізобетону)

Переваги тришарових залізобетонних панелей:

1. Швидке складання будівлі (монтаж можна проводити в будь-яких погодних умовах).
2. Відповідність стандартам якості та, зокрема, точність геометрії всіх елементів.
3. Відсутність необхідності додаткового утеплення стін.
4. Висока несуча здатність, пожежна безпека, стійкість до навмисного механічного руйнування та довговічність конструктивних елементів будівлі.
5. Відсутність додаткових робіт із влаштування фасадів.
6. Відсутність внутрішніх оздоблювальних робіт.
7. Застосовуються у зонах підвищеної сейсмічної активності.
8. Відмінні теплоізолюючі здібності огорожувальних конструкцій, що дозволяє досягти високого рівня енергоефективності будівлі.

Недоліки тришарових залізобетонних панелей:

1. Необхідність використання важкої техніки, під'їзні колії та майданчики для її роботи.
2. Обмежений спектр архітектурно-планувальних рішень.
3. Необхідність улаштування капітального фундаменту під монтаж залізобетонних стін.
4. Обмежена кількість компаній, що мають виробничу базу для виготовлення панелей.
5. Обмеження внесення коригувань у планування на етапі будівництва.

Сендвіч-панелі заводського виготовлення - високоефективний будівельний матеріал, який складається з трьох шарів: двох металевих обкладок з тонколистового оцинкованого металу з полімерним покриттям, між якими знаходиться наповнювач (теплоізоляційний матеріал) - пінополіуретан (PIR, PUR), мінеральна вата або пінополістирол.

Оцинкована сталь - один з найнадійніших матеріалів для виготовлення обкладок сендвіч-панелей - відмінно зарекомендувала себе навіть за складних кліматичних умов. А нанесення полімерного покриття широкої колірної гами з двох сторін на оцинковану сталь забезпечує ще більш ефективніший захист поверхні від корозії і має гарний естетичний вигляд.

Основним фактором, що визначає властивості сендвіч-панелей, і що впливає на їхню сферу застосування, є вид наповнювача. Існує ряд важливих властивостей наповнювача сендвіч-панелей, які потрібно брати до уваги під час проектування: водопоглинання, морозостійкість і стійкість до перепадів температур, звуко- та теплоізоляція, паропроникність і вогнестійкість.

Пінополістирол (PS) — легкий, економічний утеплювач, який виробляють з полістиролу шляхом спінювання, завдяки чому утворюються гранули. В результаті готовий матеріал є масою з'єднаних між собою гранул однакового розміру і форми. У мікропорах гранул міститься запечене повітря, яке і виконує теплоізолювальні функції.

У будівлях з підвищеними вимогами до пожежної безпеки використовуються сендвіч-панелі з наповнювачем із мінеральної вати (MW), яка складається з тонких, діаметром 5-7 мк базальтових волокон, орієнтованих переважно горизонтально і скріплених в процесі полімеризації між собою сполучною речовиною.

Пінополіуретан (PUR) - синтетичний пористий матеріал на основі поліуретану, що на 85-90% складається з інертної газової фази. За теплоізоляційними характеристиками покриття з пінополіуретану переважають усі відомі матеріали.

Переваги:

1. Невелика вага.
2. Високі теплоізоляційні властивості.
3. Висока несуча здатність.
4. Застосування більш легкої техніки для перевезення та монтажу.
5. Простий та швидкий монтаж незалежно від пори року.
6. Здешевлення внутрішніх оздоблювальних робіт.

Недоліки:

1. Крихкість листів через невелику товщину і велику площу.
2. Панель неможливо відновити. Однак при її порушенні можна зняти та замінити на нову.
3. При неправильному монтажі, можливе утворення містків холоду в місцях стикування сендвіч-панелей.

Розбірні сендвіч-панелі – один з варіантів легких огорожувальних конструкцій. Конструктивно це шар утеплювача, затиснутий між двома сталевими листами.

Як утеплювач для розбірних конструкцій полистової складання переважно застосовується мінеральна вата, рідше – пінополістирол. Обкладання – металевий сайдинг або профнастил. Кріплення до каркаса здійснюється самонарізаючими гвинтами.

Сендвіч-панель полистової збірки відрізняється тим, що збирається з необхідних елементів в процесі монтажу. Необхідність додаткової збірки уповільнює швидкість монтажу і розтягує терміни реалізації будівельного проекту.

Складається з: несучої ригель системи; утеплювача; паро і вітрозахисних плівок; внутрішнього і зовнішнього облицювання (рис. 2).

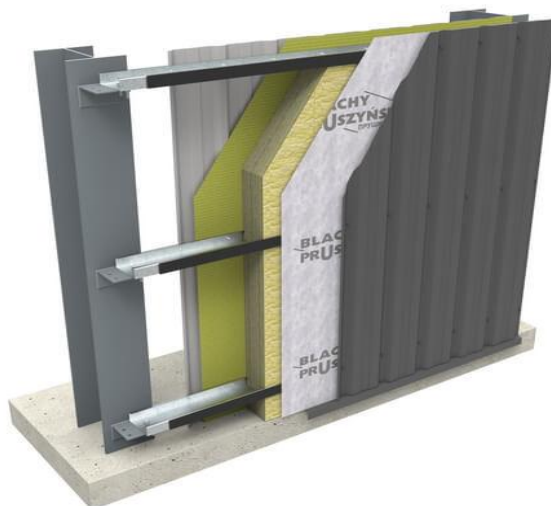


Рисунок 2 - Сендвіч-панель полистової збірки

Переваги: можливість комбінування та вибору утеплювача, зовнішньої та внутрішньої обробки будівлі в залежності від побажань замовника.

Недоліки: низька швидкість монтажу, низька енергоефективність

Завдання багатокритеріального аналізу - це завдання з декількома критеріями, які з різних сторін характеризують різні рішення. Найчастіше заздалегідь виділено напрямок поліпшення кожного критерію, наприклад його збільшення або зменшення.

При розв'язанні багатокритеріальної задачі часто виникає необхідність нормалізації (нормування) критеріїв  $f_i(x)$ , тобто зведення всіх критеріїв до єдиного масштабу та безрозмірного виду. Надалі будемо вважати, що всі критерії невід'ємні, тобто  $f_i(x) \geq 0$ . Найбільш часто використовується така заміна критеріїв їх безрозмірними відносними величинами:

$$l(x) = \frac{f_{\max} - f_i(x)}{f_{\max} - f_{\min}} \quad (1)$$

Використаємо метод адитивної згортки критеріїв. Нехай критерії порівняння, наприклад, нормовані й визначений вектор вагових коефіцієнтів критеріїв  $a = (a_1, a_2, \dots, a_i)$ , координати якого характеризують важливість відповідного критерію. Тобто  $a_i \geq a_j$ , якщо критерій  $f_i$  є переважніший ніж  $f_j$ . При цьому  $\sum_{i=1}^m a_i = 1, a_i \geq 0$ . Для адитивного методу будується нова цільова функція:

$$F(x) = \sum_{i=1}^m a_i f_i(x) \quad (2)$$

В якості критеріїв порівняння варіантів були обрані такі показники:

- власна вага;
- вартість матеріалів;
- трудомісткість монтажу;
- заробітна плата;
- кошторисна вартість.

Результати проведених розрахунків власної ваги, трудомісткості, заробітної плати та кошторисної вартості варіантів стінового заповнення наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Результати порівняння варіантів стінового заповнення на 1 м<sup>2</sup>

Типи стінового заповнення	Критерії для порівняння				
	Вага, кг	Трудомісткість, люд.год	Заробітна плата, грн	Кошторисна вартість, грн	Вартість матеріалів, грн
Цегляна кладка товщ. 380 мм	750	3,35	292,25	1551,01	1070,09
Стіна з газоблоку товщ. 300 мм	202,5	2,97	251,53	1296,97	1077,68
Сендвіч-панель заводського виготовлення	26	2,69	200,30	1244,64	1008,12
Сендвіч-панель полистової збірки	30	4,45	411,76	2011,45	1206,12
Тришарові залізобетонні панелі з утеплювачем	180	1,16	109,59	2505,22	2311,79

Отримані дані, що наведені у таблиці 1, аналізувати досить важко, тому необхідно застосувати нормування критеріїв за формулою (1). Результати нормалізації наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Пронормовані результати

Типи стінового заповнення	Критерії для порівняння				
	Вага, кг	Трудомісткість, люд.год	Заробітна плата, грн	Кошторисна вартість, грн	Вартість матеріалів, грн
Цегляна кладка товщ. 380 мм	0,000	0,334	0,396	0,757	0,952
Стіна з газоблоку товщ. 300 мм	0,756	0,450	0,697	0,958	0,947
Сендвіч-панель заводського виготовлення	1,000	0,535	0,700	1,000	1,000
Сендвіч-панель полистової збірки	0,994	0,000	0,000	0,392	0,848
Тришарові залізобетонні панелі з утеплювачем	0,787	1,000	1,000	0,000	0,000

Результати таблиці 2 представимо у вигляді діаграми (рис. 3).

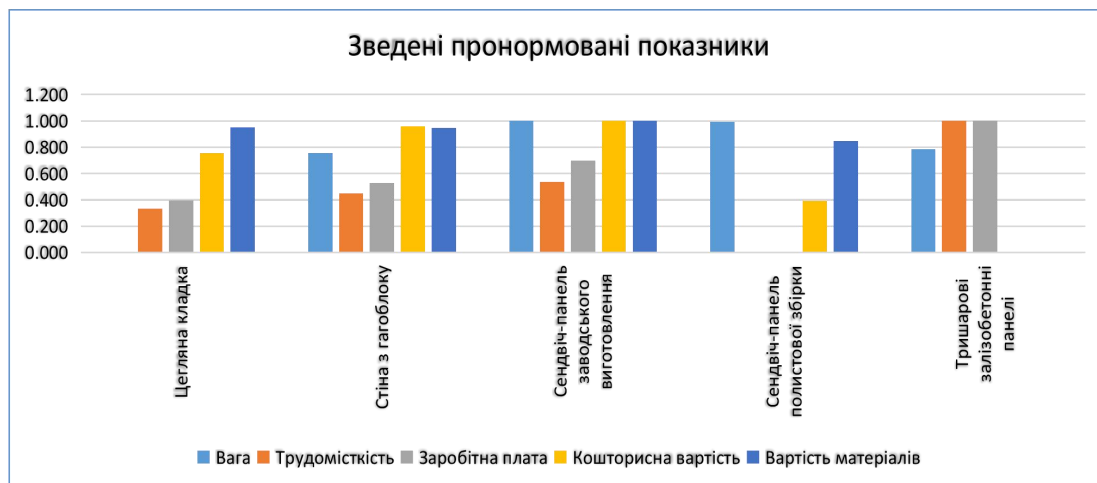


Рисунок 3 - Пронормовані критерії порівняння стінового заповнення

Як видно з рис. 3, після проведення нормалізації критеріїв, лідером серед варіантів стінового заповнення є сендвіч-панель заводського виготовлення, так як має найвищі показники, але остаточний висновок слід зробити після проведення багатокритеріального аналізу за методом адитивної згортки за формулою (2). Результати розрахунків за формулою (2) наведені на рис. 4.

### Висновок

Кожний з типів стінового заповнення має свої переваги і недоліки. Найменш трудомістким є варіант стінового заповнення - тришарові залізобетонні панелі, але вони є і найдорожчим варіантом. Результати багатокритеріального аналізу (рис. 4) показали, що найкращим варіантом згідно заданих критеріях порівняння стінового заповнення виявилась сендвіч-панель заводського виготовлення - 1,000. Найгіршим - цегляна кладка (0,528).

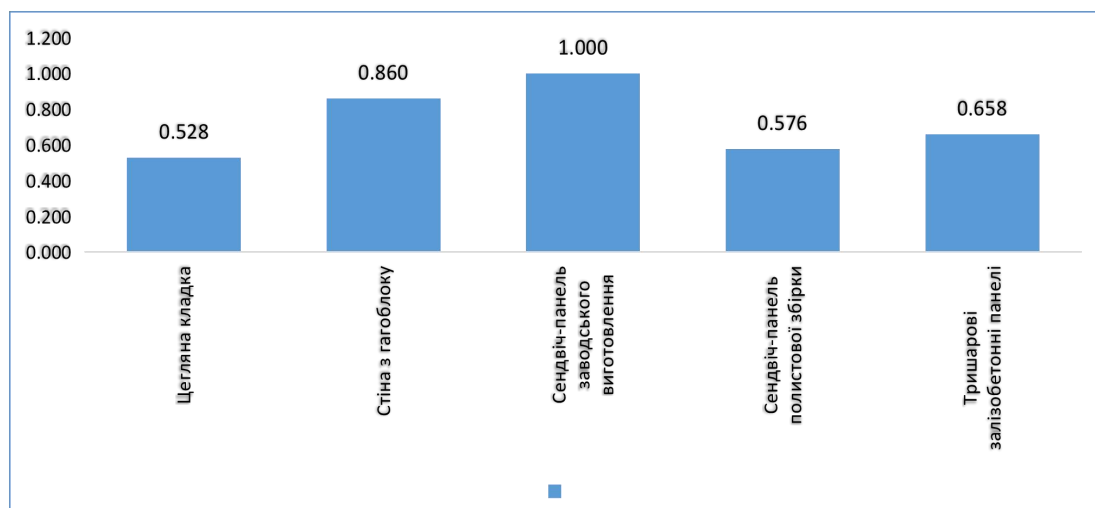


Рисунок 4 - Багатокритеріальний аналіз стінового заповнення за адитивною згорткою

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. - К.: Мінрегіонбуд України 2018. - 20 с.
2. Кондрук Н. Е. Багатокритеріальна оптимізація лінійних систем: навч. посібник / Н. Е. Кондрук, М. М. Маляр – Ужгород: РА “АУТДОР-ШАРК”, 2019. – 76 с

**Конвалюк Тетяна Андріївна** – студентка 2-го курсу магістратури, група Б-22мз, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: konvalyuk0609@ukr.net

**Науковий керівник: Маєвська Ірина Вікторівна** — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. e-mail: irina.mayevskaja@gmail.com, maevska@vntu.edu.ua

**Konvalyuk Tetyana** - 2nd year master's student, group B-22mz, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: konvalyuk0609@ukr.net

**Supervisor: Maievska Iryna** - candidate. Sc., assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa. irina.mayevskaja@gmail.com