МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота/проект

_____другий магістерський рівень_____
(рівень вищої освіти)

на тему: Удосконалення технології та організації будівництва житлових будівель із зовнішніми багатошаровими теплоефективними стінами

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1923-пцб-з
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)
освітньої програми промислове і цивільне будівництво
(код і назва освітньої програми)
_____Матвієнко Роман Володимирович_____
(прізвище та ініціали)

Керівник _____доц., к.т.н., Мішук К.М._____
посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали

Рецензент _Шуваєв А.А., директор ТОВ «АНСТРОЙ» (стейкхолдер)_____
посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
(другий (магістерський) рівень)
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(шифр і назва)
Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»
(шифр і назва)
Спеціалізація -
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
завідувач кафедри *промислового та цивільного будівництва*
проф. І.А. Арутюнян
"____" _____ 20___ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Матвієнко Роман Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи (проекту) Удосконалення технології та організації будівництва житлових будівель із зовнішніми багатошаровими теплоефективними стінами

керівник роботи Мішук Катерина Миколаївна, доц., к.т.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від "30" 09 2024 року № *1486-с*

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи *грудень 2024р.*

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи теплоізоляційні матеріали та технології їх влаштування

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, розділ 1 – Аналіз існуючих технологій будівництва житлових будівель з зовнішніми багатошаровими огороджуючими конструкціями; розділ 2 –Аналіз умов роботи теплоізоляційних матеріалів в складі багатошарових стін; розділ 3 – Моніторинг та аналіз експлуатуємих будівель з багатошаровими зовнішніми стінами. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 8 листів

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Мішук К.М., доц. кафедри		
Розділ 2	Мішук К.М., доц. кафедри		
Розділ 3	Мішук К.М., доц. кафедри		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Приміт
1	Розділ 1	1.09.2024 - 1.10.2024	
2	Розділ 2	2.10.2024 – 15.11.2024	
3	Розділ 3	16.11.2024 – 30.11.2024	

Студент _____ Матвієнко Р.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) _____ Мішук К.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Данкевич Н.О.
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Матвієнко Роман Володимирович. Удосконалення технології та організації будівництва житлових будівель із зовнішніми багатошаровими теплоефективними стінами.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник К.М. Мішук. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2024.

Теплоізоляційні матеріали значно покращують комфорт у житлових приміщеннях. Найважливішою метою теплоізоляції будівельних конструкцій є скорочення витрати енергії на опалення будівлі. Традиційні системи теплоізоляції на основі мінеральної вати, пінополістиролу, скловолокна, які були популярні раніше, нині вичерпали свої можливості, проте застосування рідкої ізоляції у будівництві величезні.

У зв'язку з зростанням цін на енергоносії, їх дефіцит, головну цінність набули питання підвищення енергоефективності як житлових, так і виробничих споруд. Перше на цьому шляху – ефективна теплоізоляція.

Ключові слова: теплоізоляція, тепловий захист, технологія утеплення, довговічність теплоізоляції, дефекти.

ABSTRACT

Roman Volodymyrovych Matvienko. Improvement of technology and organization of construction of residential buildings with external multi-layer heat-efficient walls.

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree of higher education in the specialty 192 Construction and civil engineering, supervisor K.M. Mishuk Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebny Zaporizhia National University, Department of Industrial and Civil Engineering, 2024.

Thermal insulation materials significantly improve comfort in living spaces. The most important goal of thermal insulation of building structures is to reduce energy consumption for heating the building. Traditional thermal insulation systems based on mineral wool, polystyrene foam, fiberglass, which were popular earlier, have now exhausted their capabilities, but the use of liquid insulation in construction is huge.

In connection with the increase in prices for energy carriers, their shortage, the issue of increasing energy efficiency of both residential and industrial buildings has acquired the main value. The first thing on this path is effective thermal insulation.

Key words: thermal insulation, thermal protection, insulation technology, durability of thermal insulation, defects.

ЗМІСТ

ВСТУП…… 5

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ БУДІВНИЦТВА ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ З ЗОВНІШНІМИ БАГАТОШАРОВИМИ ОГОРОДЖУЮЧИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ…… 7
1.1 Нормативні вимоги з теплового захисту зовнішніх стін……. 7
1.2 Конструктивні рішення зовнішніх багатошарових стін…….. 10
1.3 Особливості експлуатації зовнішніх багатошарових стін …….. 18
1.4 Інноваційні розробки з підвищення теплоефективності стінового огородження……... 22

2 АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ В СКЛАДІ БАГАТОШАРОВИХ СТІН……... 30
2.1 Аналіз температурно-вологісного стану матеріалів у складі багатошарових зовнішніх стін різних типів під час експлуатації ……. 30
2.2 Оцінка довговічності роботи теплоізоляційних матеріалів у структурі багатошарових стін……... 34
2.3 Фактори впливу на експлуатаційну надійність та довговічність багатошарових стін…… 34

3 МОНІТОРИНГ ТА АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТУЄМИХ БУДІВЕЛЬ З БАГАТОШАРОВИМИ ЗОВНІШНІМИ СТІНАМИ……... 61
3.1 Досвід експлуатації будівель із багатошаровими стінами в умовах низьких температур……... 61
3.2 Технологічні особливості зведення житлових будівель з багатошаровими зовнішніми стінами …….. 68
3.3 Наслідки порушення технології монтажу багатошарових теплоізоляційних конструкцій…….. 69
3.4 Рекомендації контролю якості при зведенні житлових будівель з багатошаровими зовнішніми стінами……... 75

ВИСНОВКИ…… 79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..... 80

ВСТУП

Актуальність теми: У зв'язку зі змінами будівельних норм та підвищення вимог щодо теплового захисту з метою економії енергії та створення оптимальних параметрів мікроклімату приміщень відбувається постійний моніторинг існуючих технологій для виявлення у них недоліків, а також постійно ведеться розробка ефективних інноваційних рішень. Вони включають частину загального завдання енергозбереження у будинках. Застосування енергоефективних технологій знижує споживання електричної та теплової енергії, що дозволяє перерозподіляти та економити енергію на інші напрямки.

Безліч факторів впливає на експлуатаційну надійність та довговічність багатошарових стін, у тому числі, негативно – внаслідок чого погіршується енергоефективність теплоізоляційних матеріалів. Необхідно враховувати фактори впливу - в яких кліматичних умовах буде знаходитися будівля, ефективність використання різних теплоізоляційних матеріалів у складі стін в заданих кліматичних умовах, якість виготовлення та монтажу конструкції.

Актуальність науково-дослідної роботи полягає в існуючій потребі підвищення ефективності споживання енергетичних ресурсів у кліматичних умовах України при будівництві, а також внаслідок знищення енергетичної структури під час російської агресії, та виявлення помилок та дефектів технологій зведення багатошарових стін з використанням теплоізоляційних матеріалів.

Метою роботи є дослідження технологічних і організаційних особливостей багатошарових зовнішніх захисних конструкцій для розробки рекомендацій щодо модернізації конструктивних рішень житлових будівель для забезпечення нормальних умов експлуатації.

Задачі роботи:

- аналіз недоліків проєктних рішень із позиції теплового захисту;

- вивчення особливостей характеру роботи зовнішніх багатошарових конструкцій;

- вивчення факторів довговічності зовнішніх багатошарових стін;

- розробка рекомендацій щодо вдосконалення технології та організації зведення зовнішніх багатошарових стін.

Об'єкт дослідження - технологічні особливості будівництва та експлуатації будівель з багатошаровими зовнішніми стінами.

Предмет дослідження - вплив температурно-кліматичних умов на експлуатаційну надійність багатошарових зовнішніх стін.

Наукова новизна - встановлено недосконаліть проєктних рішень та дефекти, що виникають при недотриманні технології монтажу багатошарових теплоізоляційних стін; удосконалено методику проєктування зовнішніх багатошарових стін.

Методи дослідження. Використовувалися методи узагальнення, порівняння, методи системного підходу, експерименти, математичне планування і обробка результатів експериментів.

Структура і об'єм магістерської роботи. Робота складається із введення, чотирьох розділів, висновків, загальних висновків та пропозицій, списку використаних джерел. Основною темою текст викладено на 82 сторінках, з них 40 малюнків, 12 таблиць, та містить списки літератури зі 25 найменування праць вітчизняних та зарубіжних авторів.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ БУДІВНИЦТВА ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ З ЗОВНІШНІМИ БАГАТОШАРОВИМИ ОГОРОДЖУЮЧИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ

1.1 Нормативні вимоги з теплового захисту зовнішніх стін

Будівельні норми та правила встановлюють вимоги до теплозахисту будівель з метою економії енергії та оптимальних параметрів мікроклімату приміщень. Вони включають частини загального завдання енергозбереження у будинках. Одночасно зі створенням ефективного теплового захисту, відповідно до інших нормативних документів, вживаються заходи щодо підвищення ефективності інженерного обладнання будівель, зниження втрат енергії при її виробленні та транспортуванні, а також щодо скорочення витрати теплової та електричної енергії шляхом автоматичного управління та регулювання обладнання та інженерних систем загалом.

Ці норми передбачають запровадження нових показників енергетичної ефективності будівель - питомої витрати теплової енергії на опалення за опалювальний період з урахуванням повітрообміну, теплонадходжень та орієнтації будівель, встановлюють їх класифікацію та правила оцінки за показниками енергетичної ефективності як при проєктуванні та будівництві, так і під час експлуатації. Норми забезпечують той же рівень потреби в тепловій енергії, що досягається при дотриманні другого етапу підвищення теплозахисту по [22, 24], але надають більш широкі можливості у виборі технічних рішень та способів дотримання параметрів, що нормуються.

Нормування теплозахисту та витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію будівель здійснюється за допомогою трьох видів вимог: вимоги до теплозахисту окремих огорож; вимоги до теплозахисту оболонки будівлі та вимоги до показника енергоефективності будівлі, в якості якого прийнято

питому енергетичну характеристику будівлі.

Політика в галузі енергозбереження, що реалізується в нормативних документах у будівництві, налічує вже не одне десятиліття, проте існує багато невирішених питань і проблем [18, 19].

У проєктній документації вимоги до теплозахисної оболонки будівель наводяться в обов'язковому розділі «Енергоефективність». Основні теплотехнічні показники, що відображають теплозахисні властивості будівлі – це наведені опори теплопередачі зовнішніх огорож та кратність повітрообміну приміщень. [11,15]

З введенням підвищених вимог до теплозахисту будівель ряд стінових конструкцій був витіснений з практики будівництва (легкобетонні панелі). Натомість з`явилися нові – багатошарові конструкції із застосуванням ефективних утеплювачів.

Багатошарові теплоефективні зовнішні стіни увійшли до широкого застосування в проєктуванні та будівництві житлових будинків та будівель іншого призначення після введення нових нормативів теплозахисту.

Відповідно до вимог [19] теплозахисна оболонка будівлі повинна відповідати таким вимогам:

а) наведені опори теплопередачі окремих огороджувальних конструкцій повинні бути не меншими за нормовані значення (поелементні вимоги);

б) питома теплозахисна характеристика будівлі має бути не більше нормованого значення (комплексна вимога);

в) температура на внутрішніх поверхнях огороджувальних конструкцій повинна бути не нижчою від мінімально допустимих значень (санітарно-гігієнічна вимога).

При цьому вимоги теплового захисту для цивільних будівель вважаються виконаними при одночасному виконанні вимог пунктів а, б та в.

Таким чином, вводяться три обов'язкові вимоги, при цьому друга з них (б) є абсолютно новим у практиці проєктування теплового захисту. Важливим елементом теплового балансу будівлі є теплоізоляція зовнішніх стін (Рис. 1.1).

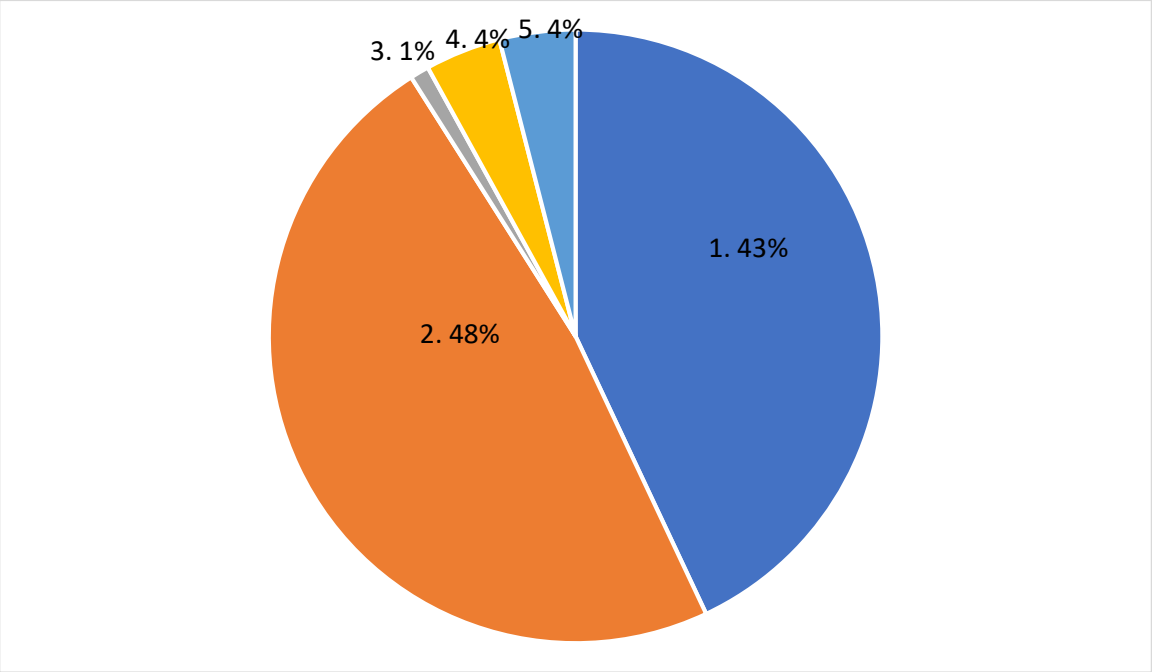


Рисунок 1.1 – Питомі витрати тепла через огороджуючі конструкції (на прикладі будівлі стандартної багатоповерхівки): 1 – зовнішні стіни; 2 – вікна та балконні двері; 3 – вхідні двері; 4 – перекриття теплого горища; 5 – перекриття над технічним поверхом

Різноманітність конструктивних рішень зовнішніх стін, що реалізуються на практиці будівництва, призводить до необхідності порівняльної оцінки можливостей рішень в умовах зимових температур, з метою виявлення найбільш оптимальних варіантів по експлуатаційній надійності, вартості, технологічності та довговічності.

Як правило, сучасні конструкції зовнішніх стін є багатошаровими і включають конструктивний та захисно-оздоблювальний шар, між якими розміщується ефективний утеплювач. Для з'єднання окремих шарів стіни використовують гнучкі зв'язки, сітки, шпонки, ребра та інші теплопровідні включення, що знижують теплозахист зовнішніх стін. Проте загалом рівень їхнього теплозахисту вищий, ніж одношарових.

Реалізація нових вимог теплозахисту по житлових будинках забезпечує приблизне скорочення енерговитрат на опалення вдвічі.

1.2 Конструктивні рішення зовнішніх багатошарових стін

На практиці, проєктування та будівництво житлових будинків в даний час застосовується п'ять основних конструктивних рішень теплоефективних зовнішніх стін:

1) тришарова стіна на основі штучних стінових матеріалів. У тришаровій стіні на основі штучних стінових матеріалів - традиційної цегли, вібропресованих бетонних блоків, тощо. Середній утеплюючий шар виконується з ефективних утеплювачів, наприклад пінополістирол, мінераловатні та скловолоконні плити, базальтоволоконна теплоізоляція марок Rockwool, ТехноНіколь, URSA.

Внутрішній та зовнішній (облицювальний) шари в цьому рішенні пов'язані гнучкими зв'язками (протикорозійнозахищений сталевий дріт, базальтопластикові, склопластикові зв'язки). У тришаровій стіні передбачений повітряний прошарок між облицюванням та утеплювачем (рис. 1.2, 1.3).



Рисунок 1.2 – Житловий будинок з тришаровою стіною

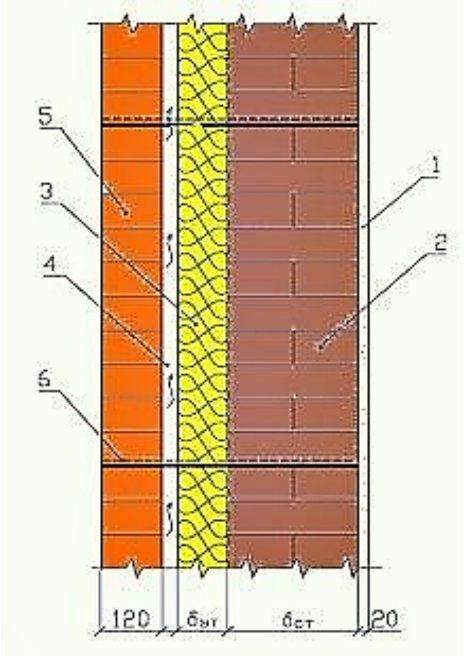


Рисунок 1.3 – Тришарова стіна: 1 – внутрішнє оздоблення; 2 – несуча стіна; 3 – теплоізоляція; 4 - вентильований зазор; 5 - облицювання з цегли; 6 – гнучкі зв'язки

Цей варіант зовнішньої стіни оцінюється як найбільш капітальний. Однак надійність і довговічність таких стін передбачає їх якісне виконання і використання кондиційних матеріалів, так як ця стіна малоремонтопридатна.

Недоліки, які можуть виникнути на стадії експлуатації такої стіни:

а) нещільності при виконанні теплоізоляційного екрану, допущені при монтажі, утворення щілин у теплозахисному екрані через усадку та вологістний осад теплозахисних плит. Це може призвести до зниження теплозахисних характеристик стіни, до конденсату на її внутрішній поверхні;

б) надійними з термінами служби, що відповідають терміну служби будівлі, мають бути гнучкі зв'язки. Оцинкування сталевих зв'язків, що застосовується сьогодні для антикорозійного захисту, не відповідає вимогам надійності та довговічності, що може призвести на певному етапі експлуатації до відмови зв'язків та обвалення облицювання;

в) з надійних і довговічних плівкових матеріалів повинен використовуватись водовідвідний фартух (флашинг), що влаштовується в рівні опорних столиків під облицювання;

г) опорний столик у металоконструкціях також має бути надійно корозійно захищеним. Не є оптимальним застосування облицювань з поверховим розташуванням опорних столиків, це пов'язано з високою

трудомісткістю влаштування облицювань;

д) порушення герметичності при монтажі або експлуатації примикання віконних блоків при сполученні з тришаровою стіною можуть призвести до замочування міжшарового об'єму стіни з усіма наслідками;

2) тришарова стіна в панельних житлових будинках. Така стіна включає внутрішній несучий шар у вигляді панелі з важкого бетону, що встановлюється на консольний перфорований столик із залізобетону, шар теплоізоляції та облицювальний шар ½ цегли або безсерівський блок, що монтуються на тому ж опорному столику (Рисунок 1.4). Облицювальний та внутрішній шари пов'язані між собою гнучкими зв'язками. Інше рішення облицювання – панель із важкого бетону товщиною 100 мм.

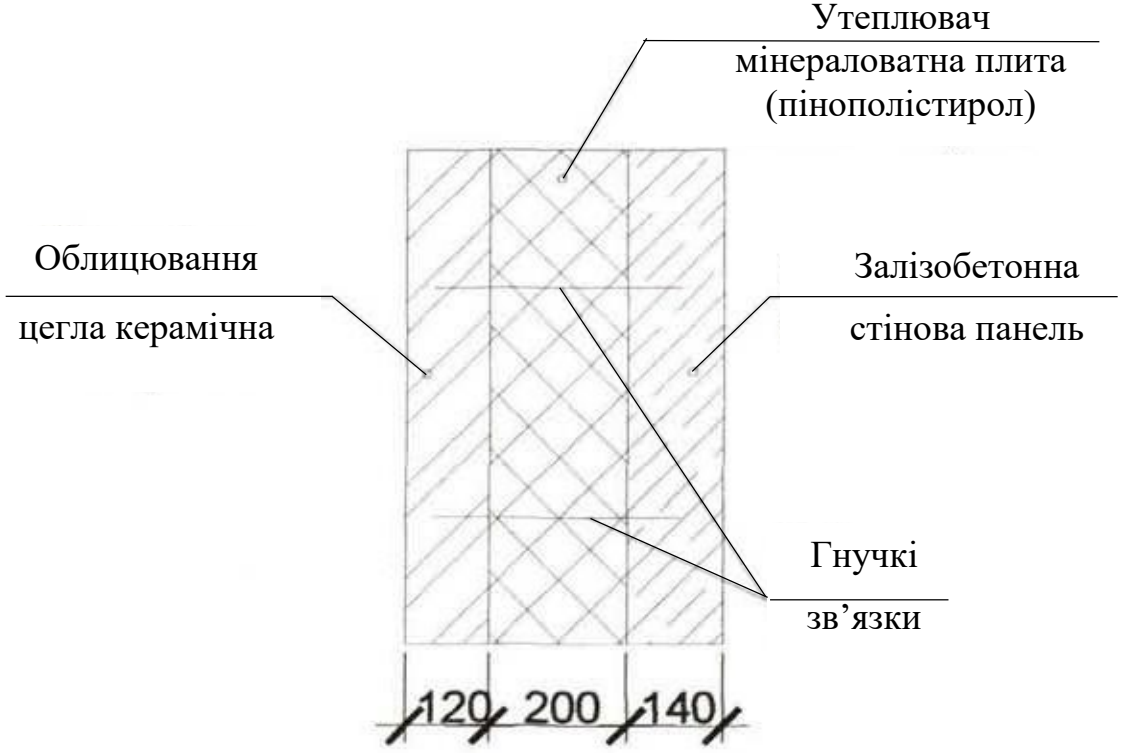


Рисунок 1.4 – Структура теплоефективної зовнішньої стіни у складі панельної стіни

Конструкція загалом дієздатна і себе виправдовує (Рисунок 1.5).

Однак у цьому рішенні об'єктивно слабким місцем є опорний столик із конструкційного керамзитобетону класу міцності В15, що складається з тонкостінних елементів. При замочуванні конденсатною вологою, сезонному

заморожуванні та відтаванні, опорний столик має слабкості щодо експлуатаційної надійності та довговічності.

Не можна вважати також рішення зовнішньої стіни з поверховим розрізанням облицювання та її поверховим обиранням на опорні столики раціональним за технологічністю.



Рисунок 1.5 – Приклад використання системи тришарової стіни в панельній житловій будівлі

3) Тришарова стіна за системою «Вентильований фасад». Така система може реалізовуватися у кількох варіантах - за системами «Тімспан», «Краспан», із застосуванням екранів з керамограніту, металоелементів. Конструкція поєднується з монолітним каркасом і включає внутрішній шар у будь-якому щільному конструкційному матеріалі (у поєднанні з каркасом - стіна-заповнення), систему силових навішувань в оцинкованому металі, теплоізоляційний шар та облицювальний екран, віднесений назовні на товщину повітряного прошарку (Рисунок 1.6 та 1.7).

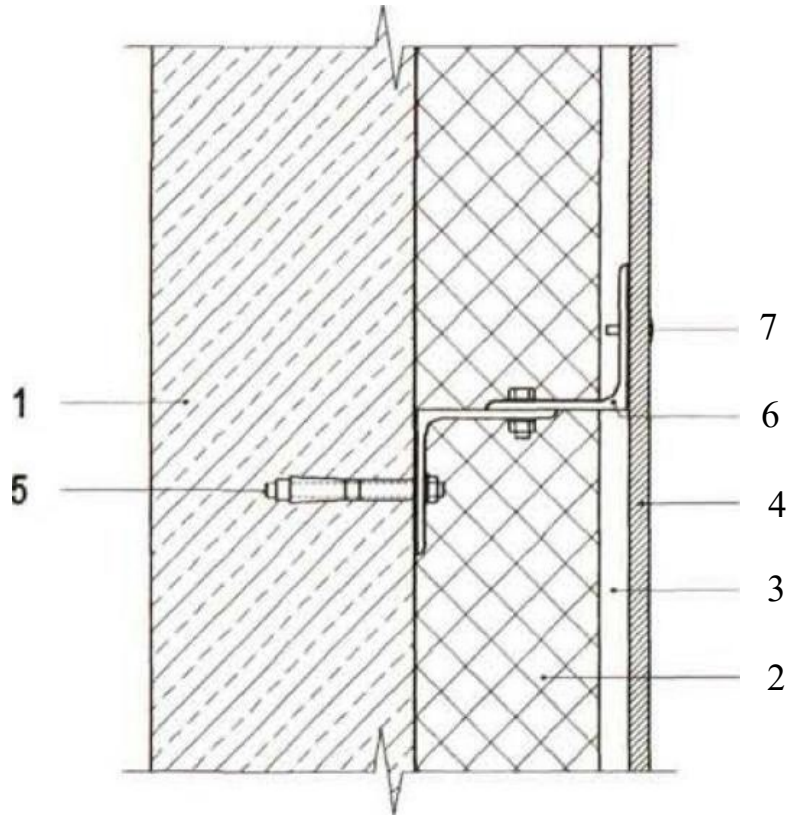


Рисунок 1.6 – Структура теплоефективної зовнішньої стіни типу «вентильований фасад»: 1 – захисна стінова конструкція; 2 – теплоізоляційний матеріал; 3 – повітряний прошарок; 4 – захисна декоративна панель; 5- елемент кріплення; 6 - металеві або дерев'яні підконструкції; 7 - дюбель

Переваги системи - всесезонність будівництва, з-за відсутності мокрих процесів; задовільна ремонтопридатність (порівняно легко демонтувати кілька блоків екрану на проблемній площі зовнішніх стін, усунути дефекти та поставити екран на місце); ефективне та швидке усунення вологи будь-якого походження за рахунок інтенсивності циркуляції повітря в повітряному прошарку.

Наявні недоліки системи «Краспан» - висока вартість одиниці площі стіни при використанні імпортних матеріалів, необхідність у великій товщині теплоізоляції в силу низького коефіцієнта теплотехнічної однорідності стіни, забезпечення корозійної стійкості та довговічності металевих підконструкцій, блокування повітряних прошарків між екраном та теплоізоляцією снігом,

льодом в силу значної площі зазорів та щілин у структурі елементів.

При використанні системи «Вентильований фасад» у поєднанні з великорозмірними фіброцементними листами (типу Етерніт, Семстоун, Фасст) в процесі експлуатації існує проблема усадкового короблення листів. Існують питання пожежонебезпеки під час використання у цьому рішенні паровітрозахисних плівок «Tyvek» поверх теплоізоляційного шару.

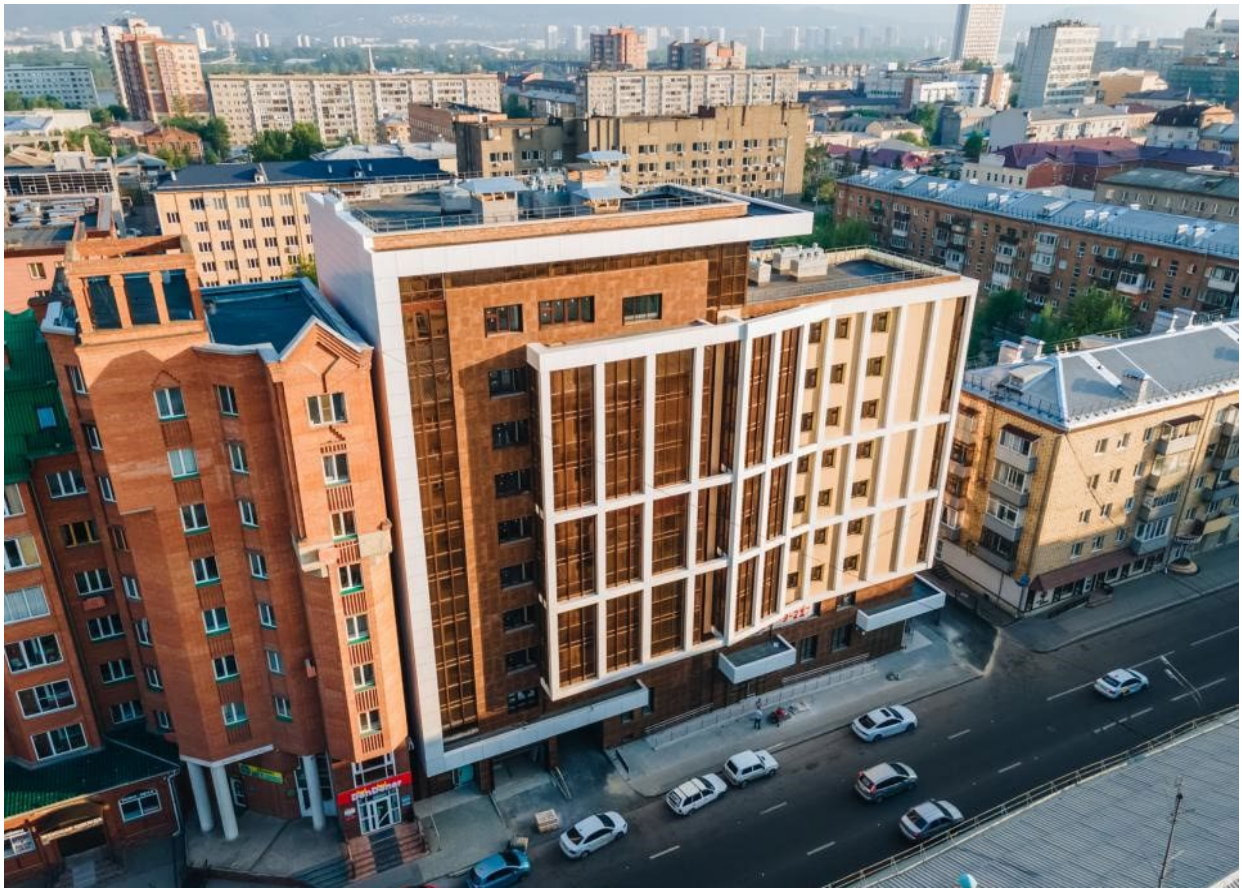


Рисунок 1.7 – Житловий будинок, виконаний системою «Вентильований фасад»

4) Фасадна теплоізоляція зі оштукатурюванням по сітці.

В якості теплоізоляції застосовуються щільні жорсткі утеплювачі, за якими можливе влаштування штукатурних шарів, що включають базовий шар з втопленою синтетичною сіткою, шар ґрунтовки і оздоблювального шару (Рисунок 1.8 і Рисунок 1.9). Ці утеплювачі – пінополістирол, мінераловатні плити підвищеної жорсткості.

Недоліки стосуються стійкості фасадних штукатурок, вологостного

стану стіни під час експлуатації із застосуванням пінополістиролу, що володіє низькою паропроникністю.

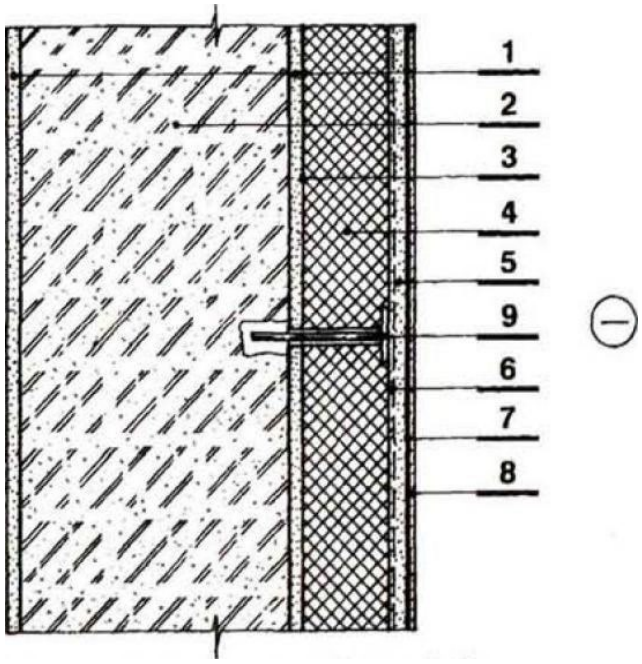


Рисунок 1.8 - Структура теплоефективної зовнішньої стіни у вигляді фасадної теплоізоляції з оштукатурюванням по сітці: 1 - оздоблення внутрішньої поверхні стіни; 2 - стінова захисна конструкція (керамзитобетонна панель); 3 – кріплення теплоізоляції (клейовий склад); 4 – теплоізоляція; 5 вирівнюючий шар штукатурки; 6 - армуюча скловолоконна сітка; 7 – ґрунтовка вирівнюючого шару під декоративний; 8 – декоративно-штукатурний шар; 9- анкерні дюбелі



Рисунок 1.9 – Трибуна стадіону, яка була виконана системою «Мокрий фасад»

5) Стіна на основі ніздрюватих бетонних блоків. Апробованою та надійною є зовнішня стіна на основі автоклавних газобетонних блоків. Це технологічний і порівняно дешевий варіант зовнішньої теплоефективної стіни та його застосування у проєктуванні та будівництві будуть розширюватися в міру розширення виробництва ніздрюватих бетонів.

Ніздрюваті блоки із середньою щільністю 400-600 кг/м^3 забезпечують рішення зовнішньої стіни, що відповідає новим нормативам теплозахисту для житлових будинків при товщині зовнішньої стіни в 40-60 см. Зазначимо, що у зовнішніх стінах будівель може бути рекомендований лише автоклавний газобетон як має прийнятну усадку 0,3-0,5 мм/м, але не безавтоклавний пінобетон в силу його високої усадки (до 3-6 мм/м), що призводить до усадкового розтріскування стін, втрат теплозахисних і показників міцності зовнішніх стін.

За даним варіантом теплоефективної стіни існують деякі недоліки, пов'язані з її вологим станом та методами гідроізоляційного захисту фасаду.



Рисунок 1.10 – Газобетонні житлові будинки в селищі Запорізької області

Таким чином, весь обсяг технічних рішень теплоефективних зовнішніх стін будівель, що застосовуються в практиці проєктування та будівництва має недоліки та дефекти, пов'язані як з конструктивними недосконалостями, так і з якістю матеріалів, що застосовуються, які знижують експлуатаційну надійність і довговічність стін і будівель загалом. Ряд дефектів можна усунути в циклі експлуатації з відновленням експлуатаційної придатності. При прийнятному міжремонтному періоді та ремонтопридатності стіни витрати на проміжний ремонт та відновлення можуть бути істотно (у кілька разів) нижчими за ефект від зниження енерговитрат на опалення і така ситуація прийнятна з техніко-економічної точки зору.

В інших випадках відмова одного з елементів або теплоефективної стіни в цілому пов'язана з високими витратами та не окупиться за рахунок зниження енерговитрат на опалення. Такий варіант стіни не може мати перспективи застосування в проєктуванні та будівництві.

1.3 Особливості експлуатації зовнішніх багатошарових стін

До основних недоліків багатошарових зовнішніх стін слід віднести:

- знижений коефіцієнт теплотехнічної однорідності стіни, зумовлений наявністю теплопровідних включень у вигляді будівельних елементів з бетону та інших матеріалів (металеві зв'язки);

- тепловтрати через міжповерхові диски перекриттів можуть становити до 50 % від загальних тепловтрат стіни;

- роздільна деформація шарів: температурні деформації внутрішнього залізобетонного каркасу та зовнішньої цегляної кладки істотно відрізнятимуться (залізобетонні конструкції завжди працюватимуть лише при позитивних температурах, оскільки весь каркас закритий середнім

теплоізоляційним шаром, а лицьову кладку доведеться здійснювати взимку практично при негативній температурі;

- дані системи мають обмежені можливості для вирівнювання фасадів при відступі від проєктних позначок (якщо каркас виконаний з відступом від прєктних позначок по вертикалі, то вирівняти його за допомогою кладки дуже складно);

- висока трудомісткість зведення;

- великий обсяг прихованих видів робіт;

- труднощі дотримання у процесі кладки передбачених проєктом розмірів горизонтального шва між верхнім рядом кладки та перекриттям;

- практично неремонтопридатні (навіть при невеликому обсязі ремонтно-відновлювальних робіт знадобиться повний демонтаж системи);

- допуски при зведенні залізобетонних конструкцій не відповідають вимогам, наприклад, перекриттів, виступає, а частина «утоплена», тому спирання облицювання в багатьох випадках становить 2-3 см замість 10-12см за проєктом.

Руйнування поверхневих шарів зовнішніх захистних конструкцій призводить не тільки до необхідності ремонту поверхні, але може призвести і до капітального ремонту всього стінового огородження (рис.1.11). На рисунку 1.12 видно руйнування захисного шару керамзитобетонної панелі, де шар різких коливань температури збігся з положенням арматурної сітки. На рисунку 1.11 видно руйнування лицьової щілинної керамічної цегли в результаті накопичення конденсаційної вологи в порожнинах біля зовнішньої поверхні.

Довговічність поверхневих шарів зовнішніх захистних конструкцій залежить від їх температурно-вологісного стану в холодний період року. У свою чергу, температурно-вологісний стан зовнішніх захисних конструкцій будівель залежить від багатьох факторів. Насамперед, від перемінних кліматичних впливів у холодний період року, а також від температури та вологості повітря всередині приміщення, від властивостей матеріалів з яких

складається конструкція, від розташування щільних та пористих шарів конструкції по відношенню до потоків тепла та вологи.



Рисунок 1.11 – Ілюстрація проблем багатошарових цегляних фасадів



Рисунок 1.12 – Руйнування поверхневого шару керамзитобетонної панелі

Основною причиною руйнування конструкцій з пористих матеріалів є попеременне замерзання і відтавання зволоженого матеріалу понад сорбційною вологою, наприклад, в результаті термічної конденсації.

Відомо, що процес зволоження гігроскопічною вологою (сорбційне зволоження) походить від дрібних пір до більших. При термічній конденсації зволожуються всі вільні пори, як правило, найбільші. При цьому температура замерзання сорбційної вологи в дрібних порах значно нижче температури замерзання вільної води, що знаходиться у великих порах. Тому найбільший вплив на деструкцію пористого матеріалу при змінному замерзанні та відтаванні грає волога, сконденсована в порах в результаті термічної конденсації. Зрозуміло, що найінтенсивніше цей процес проходитиме, якщо зона конденсації збігається із зоною різких коливань температури.

Основним фактором, що впливає на руйнування поверхневих шарів зовнішніх стін в умовах експлуатації, є змінні температурно-вологісні впливи атмосферного повітря в зимовий та зимово-весняний періоди року. У цей час відбувається накопичення вологи у конструкції за рахунок термічної конденсації, що відбувається, у зоні негативних температур (рис. 1.13).

Ця проблема може призвести до руйнівних наслідків для облицювальної багатошарової кладки. Внаслідок цього можна припускати, що зовнішні багатошарові стіни є неефективним рішенням з позиції експлуатаційної надійності у зв'язку з низькою довговічністю і неремонтопридатністю утеплювача.

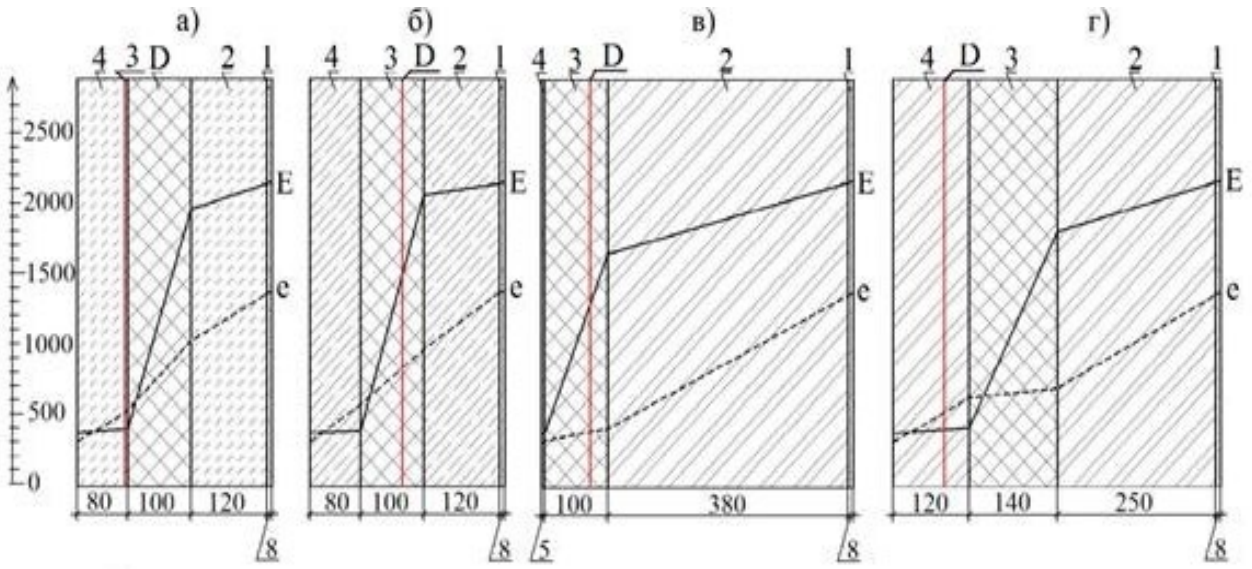


Рисунок 1.13 – Зони конденсації вологи в багатошарових стінах: а) – 3-хшарова з/б панель (1 – цементно-піщаний розчин; 2 – залізобетон; 3 – мінеральна вата; 4 – залізобетон); б) – 3-хшарова керамзитобетонна панель (1 – цем.-піщаний розчин; 2 – керамзитобетон; 3 – мінеральна вата; 4 – керамзитобетон); в) – двошарова цегляна стіна (1 – цем.-піщаний розчин; 2 – повнотіла силікатна цегла; 3 – мінеральна вата; 4 – цем.-піщаний розчин); г) –трьохшарова цегляна стіна (1 – цем.-піщаний розчин; 2 – повнотіла силікатна цегла; 3 – мінеральна вата; 4 – повнотіла силікатна цегла)

1.4 Інноваційні розробки з підвищення теплоефективності стінового огородження

Наукові дослідження останніх років виявили такі інноваційні розробки у сфері теплоефективних стін.

Прозора теплоізоляція (ПТІ) - назва «прозора теплоізоляція» відноситься до класу теплоізоляційних матеріалів, що вільно пропускають сонячне світло.

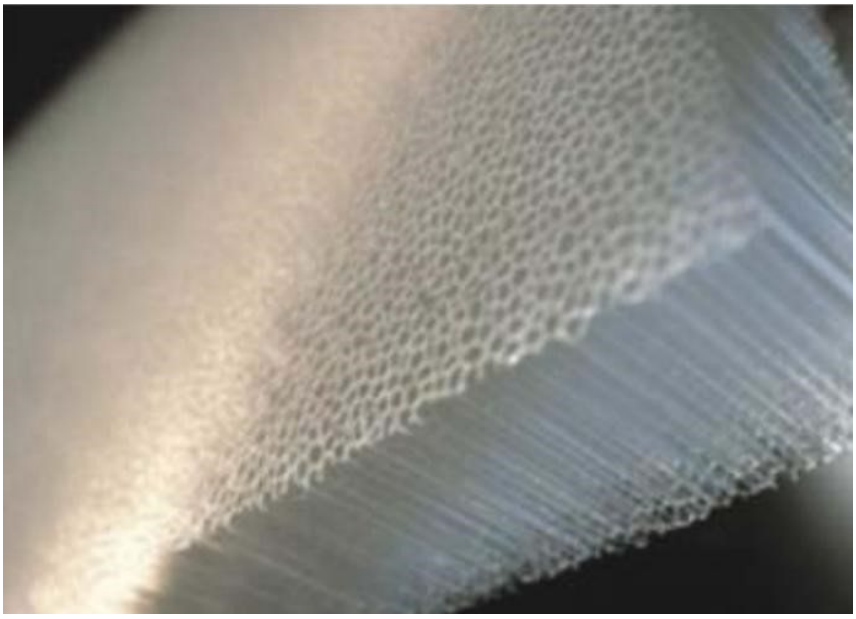


Рисунок 1.14 – Панель прозорої теплоізоляції

Будинки з такою системою теплоізоляції можуть ефективно використовувати енергію сонця для опалення. Такий спосіб утеплення фасадів будівель дозволяє, по-перше, мінімізувати теплові втрати і, по-друге, отримувати енергію для опалення приміщень, абсорбуючи та накопичуючи енергію сонячного світла. Поняття ПТІ включає велику групу світлопрозорих матеріалів, наприклад, акрилову піну, капілярне скло, стільниковий (сотовий) полікарбонат.

Крім прозорості, загальними властивостями цих матеріалів є: пориста або трубчаста структура – вони приблизно на 95% складаються з повітря, завдяки чому вони мають чудову теплоізоляцію; дуже дрібний розмір пор, через що в них практично відсутня конвекція повітря; ці матеріали непрозорі для теплового випромінювання. Шар такого матеріалу завтовшки 20 мм у 3 рази краще зберігає тепло, ніж товста цегляна стіна завтовшки 510 мм. Найкращі властивості мають матеріали, які називають аерогелями, зокрема, силікагель – матеріал на основі кремнієвої кислоти. Розмір мікропор у силікагелі набагато менший за довжину хвилі видимого світла, і внаслідок малого розсіювання зразки товщиною 12мм на 10% прозоріше, ніж двошарове скління. Способів застосування:

- прозора теплоізоляція розміщується перед масивною стіною з бетону або іншого важкого матеріалу, зовнішня сторона якої фарбується в чорний колір, і яка відіграє роль накопичувача теплової енергії. Сонячне випромінювання проникає крізь ПТІ і на чорній поверхні стіни перетворюється на теплову енергію. Стіна поступово віддає тепло всередину будівлі.

- зовнішні стіни, що поєднують у собі звичайні вікна та ПТІ - це значно збільшує їх світлопропускання. Насправді, будівлі, які повністю складаються зі скла, це навісні скляні фасади, за якими ховаються масивні стіни з вікнами звичайного розміру. І лише ПТІ дає реальну можливість без шкоди для збереження тепла та теплового комфорту людей робити стіни практично повністю прозорими, відкриваючи архітекторам нові, невідомі раніше можливості.

Аерогель - являє собою незвичайний гель, в якому відсутня рідка фаза, вона повністю заміщена газоподібною, внаслідок чого речовина має рекордно низьку щільність, вона всього в півтора рази перевершує щільність повітря, і також інші унікальні якості: твердість, прозорість, жароміцність і т.д. Аерогель на 99,8% складається із повітря.

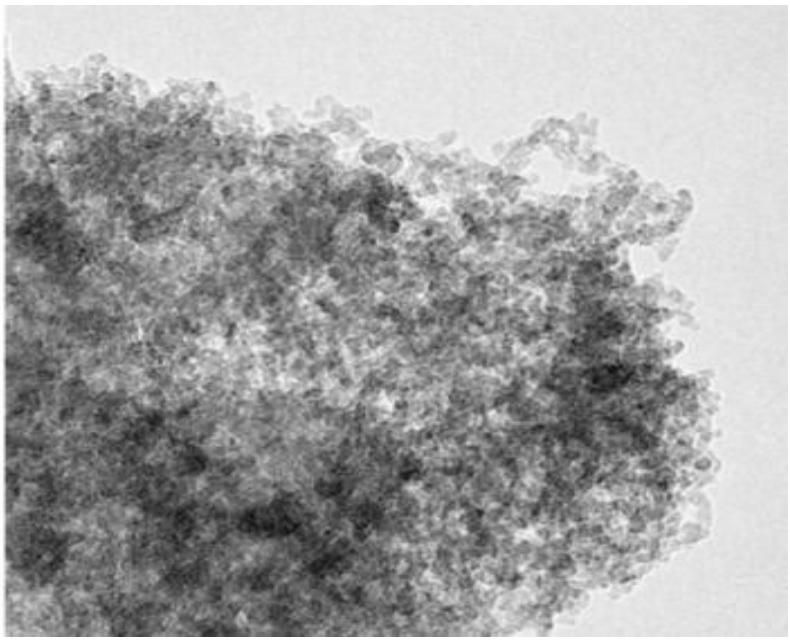


Рисунок 1.15 – Аерогель

Унікальні властивості аерогелю пояснюються його не менш унікальною внутрішньою структурою. Аерогель є тривимірним кластером з розміром елементів близько 4 нм і характерним розміром пори 10 нм. Таким чином, макроскопічний аерогель є суцільною однорідною речовиною, що вигідно відрізняє його від таких пористих середовищ як різні піни. Оскільки розмір неоднорідностей в аерогелі набагато менше довжини хвилі видимого світла, аерогель прозорий. Оксид кремнію (кварц, скло) один із найміцніших матеріалів, відомих людству. Тому, незважаючи на вкрай розріджену структуру, аерогель досить механічно міцний. Аерогель – один з найкращийх утеплювачей. Вкрай "заплутана" структура затримує тепло краще за будь-які піни або скловати. В основному аерогель використовувався в космічній промисловості, в тому числі для теплоізоляції. У традиційній промисловості та в побуті його використання недоцільне з-за високої крихкості матеріалу.

Пінометал – метал (сплав) ніздрюватої структури (Рис. 1.16), новий клас матеріалів. Найбільш поширені пінометали на основі сплавів алюмінію та магнію. Пінометали виробляються з розплавлених металів шляхом упорскування газів (повітря, інертних газів), або шляхом стимулювання місцевого утворення газів введенням газовиділяючого реактиву (TiH_2). Існує технологія отримання пінометалів із суміші порошкоподібних сплавів та газовиділяючого реактиву.

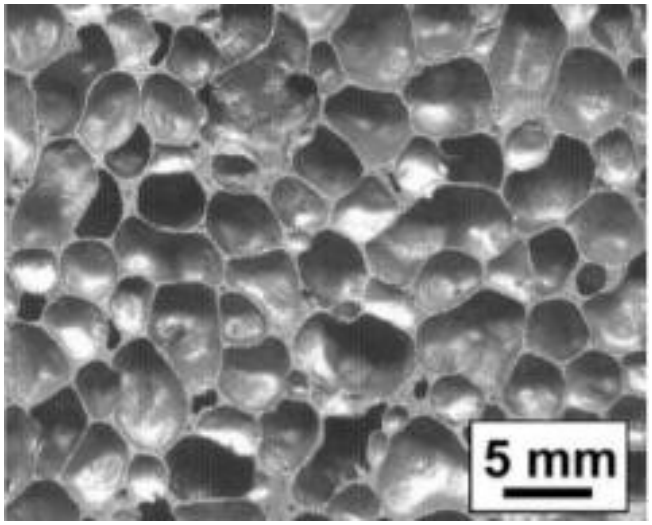


Рисунок 1.16 – Пенометал

Вакуумна ізоляція - вперше була створена для цілей космічного будівництва.

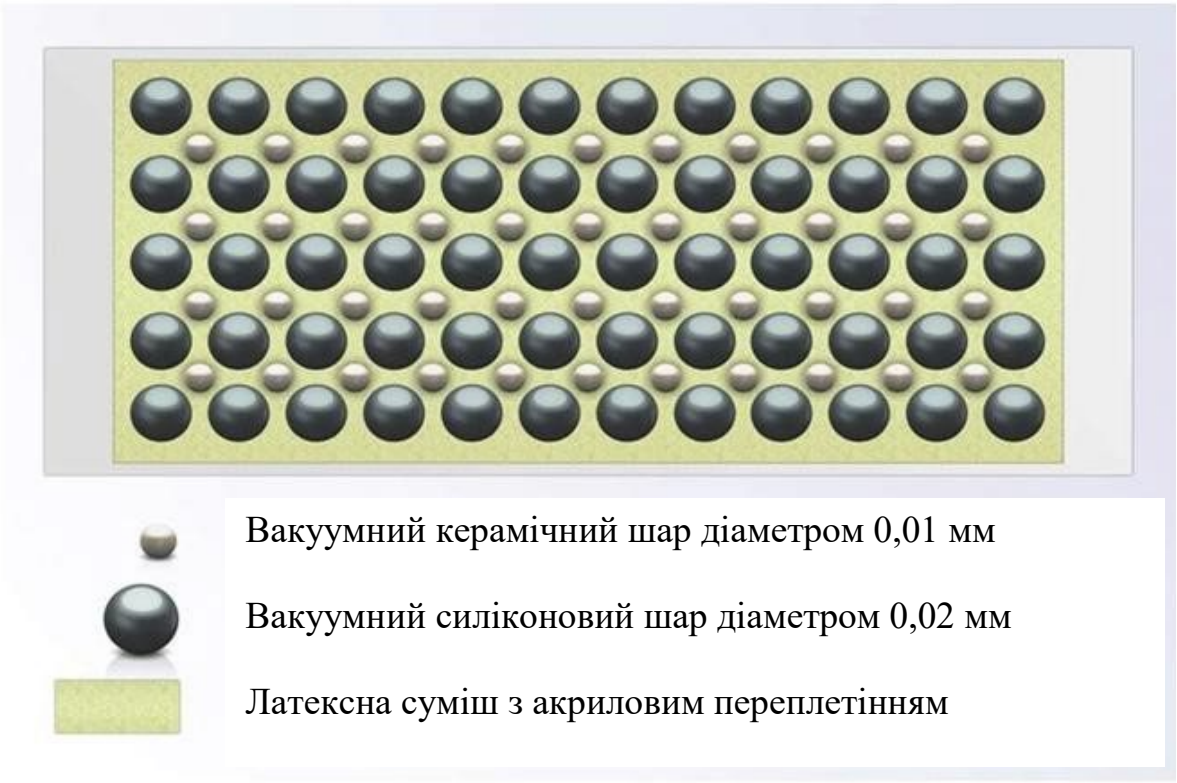


Рисунок 1.17 – Панель с вакуумною ізоляцією

На сьогодні це найефективніша, але найдорожча та найскладніша ізоляція (Рис. 1.17). Представляє собою прямокутні панелі стандартного розміру, обтягнуті фольгою і мають вакуумний простір.

Переваги: завдяки відсутності молекул усередині панелі, передати тепло/холод від однієї стінки до іншої, нема кому. Отже, така панель має майже 100% ефективності. Однак має серйозні недоліки - висока ціна, неможливість змінювати розмір, складність ізоляції стиків панелей, крихкість, відсутність ремонтопридатності.

Теплоізоляційна фарба - це інноваційний енергозберігаючий матеріал, який являє собою композит на полімерній основі, що складається з порожнистих керамічних мікросфер. Цей матеріал все частіше використовується в будівельній сфері замість традиційних утеплюючих матеріалів. Основна перевага рідкої керамічної фарби – тонкий шар покриття при високих гідро- та термоізоляційних характеристиках.



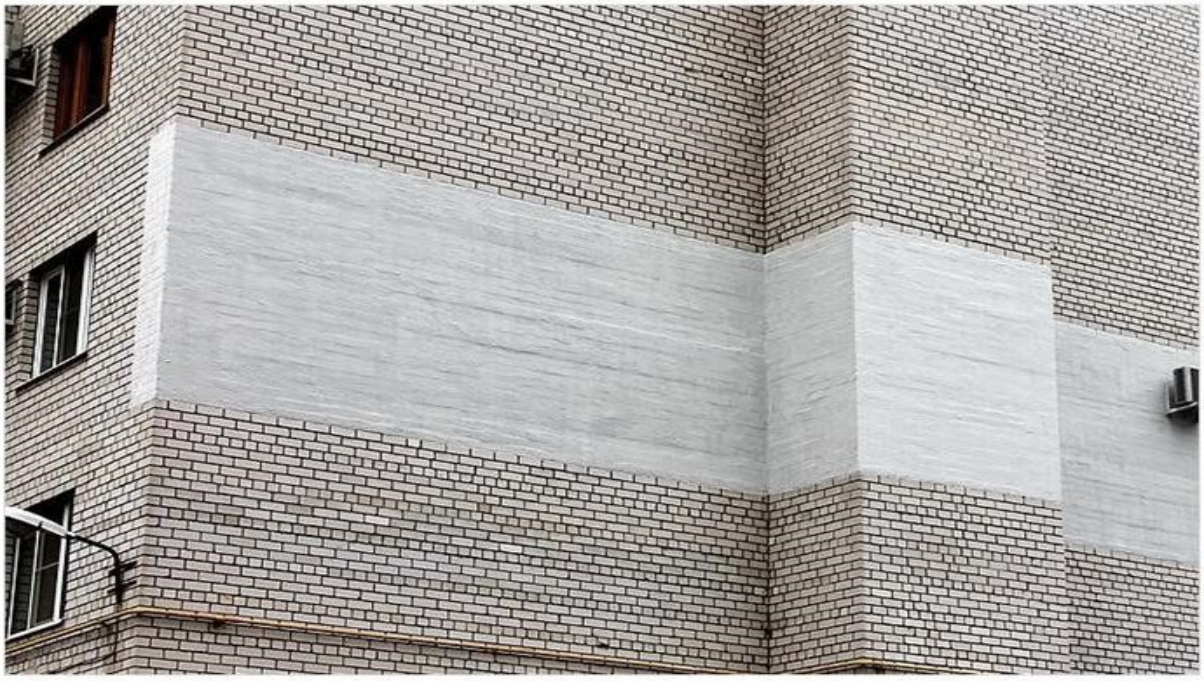


Рисунок 1.18 – Теплоізоляційна фарба

Роботи з утеплення приміщення нагадують процес фарбування. У робочому стані матеріал є рідкою консистенцією. Наноситься теплоізоляційна фарба згідно інструкції, за допомогою пульверизатора або пензля. Рідка кераміка широко застосовується для утеплення фасадів завдяки своїй

надійності та довговічності.

Цей матеріал має підвищену еластичність, тому навіть при різких перепадах температур на ньому не утворюються мікротріщини. Термін експлуатації Теплофарби – понад 20 років, а характеристики температури 70°С, +260°С. Теплофарбу можна робити різними кольорами, що дає можливість оформлювати екстер'єр будівлі. До складу входять антибактеріальні речовини, що унеможливлюють виникнення паразитів, плісняви, хвороботворних мікробів. Завдяки чудовим вогнезахисним властивостям, фарба убереже матеріал від можливих спалахів. Основні переваги теплоізоляційної фарби:

- забезпечення довговічної тепло- та гідроізоляції;
- надійний захист від корозійних процесів та появи мікроорганізмів;
- стійкість до зовнішніх фізико-хімічних факторів;
- зручність під час транспортування;
- матеріал практично не скорочує об’єм оброблюваних поверхонь та їх вагу.

З недоліків варто зазначити, що:

- замінити весь утеплювач фарбою не можна, проте знизити витрати тепла – реально;
- дуже висока ціна на керамічну теплоізоляцію порівняно з цінами на пінoізол, поліпропілен, теплоізоляційні циліндри. Але вартість робіт обійдеться набагато дешевше за рахунок більш простої технології.

Матеріал зі змінним фазовим станом PCM (phase changing materials) може поглинати надлишкове літнє тепло та забезпечувати таким чином комфортну температуру у приміщеннях. Це означає, що витрати на кондиціювання повітря можуть бути значно знижені, а при правильному плануванні – зовсім виключені.

Компанія H+H Celcon, яка виробляє вироби з газобетону, вперше включила Micronal PCM – матеріал із змінюючим фазовим станом від BASF – до складу блоків із спіненого цементу. Це значно підвищило теплоакумулюючу здатність блоків CelBloc Plus, вироблених цією компанією.



Рисунок 1.19 – PCM (phase changing materials)

Завдяки пористій структурі, будівельні матеріали з газобетону мають прекрасні термоізоляційні, звукоізоляційні і жароупорні властивості. Добавка матеріалу з фазовим змінним станом Micronal PCM підвищує теплоакумулюючу здатність спіненого бетону, а, отже, і побудованих з нього будівель. В результаті в будинках, побудованих на принципах сучасних легких конструкцій, клімат усередині значно кращий і здоровіший. Принцип дії Micronal PCM компанії BASF являє собою прихований мікроінкапсульований накопичувач тепла, який діє за таким принципом: мікроскопічно малі полімерні капсули, всередині яких знаходиться речовина, що містить чистий віск, так звані матеріали з фазовим змінним станом, вводяться в суху гіпсову штукатурку під час виготовлення. Якщо температура в приміщенні перевищує температуру переходу 26°C, задану при виготовленні, віск усередині капсул плавиться і поглинає надлишки тепла. З іншого боку, якщо температура знижується, віск твердне, і капсули віддають тепло назад. Різниця між денною та нічною температурою забезпечує поперемінну послідовність плавлення та затвердіння. Таким чином, Micronal PCM допомагає поглинати денну пікову температуру.

2 АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ В СКЛАДІ БАГАТОШАРОВИХ СТІН

2.1 Аналіз температурно-вологісного стану матеріалів у складі багатошарових зовнішніх стін різних типів під час експлуатації

Атмосферні фактори діють на зовнішні стіни будівлі окремо й у різних поєднаннях залежно від величини інтенсивності впливу основних кліматичних параметрів: температури зовнішнього повітря, інтенсивності сонячної радіації, швидкості вітру, впливу опадів (дощу, снігу, граду).

Загальна схема фізико-кліматичних факторів впливу на стіни будівель наведена рисунку 2.1.

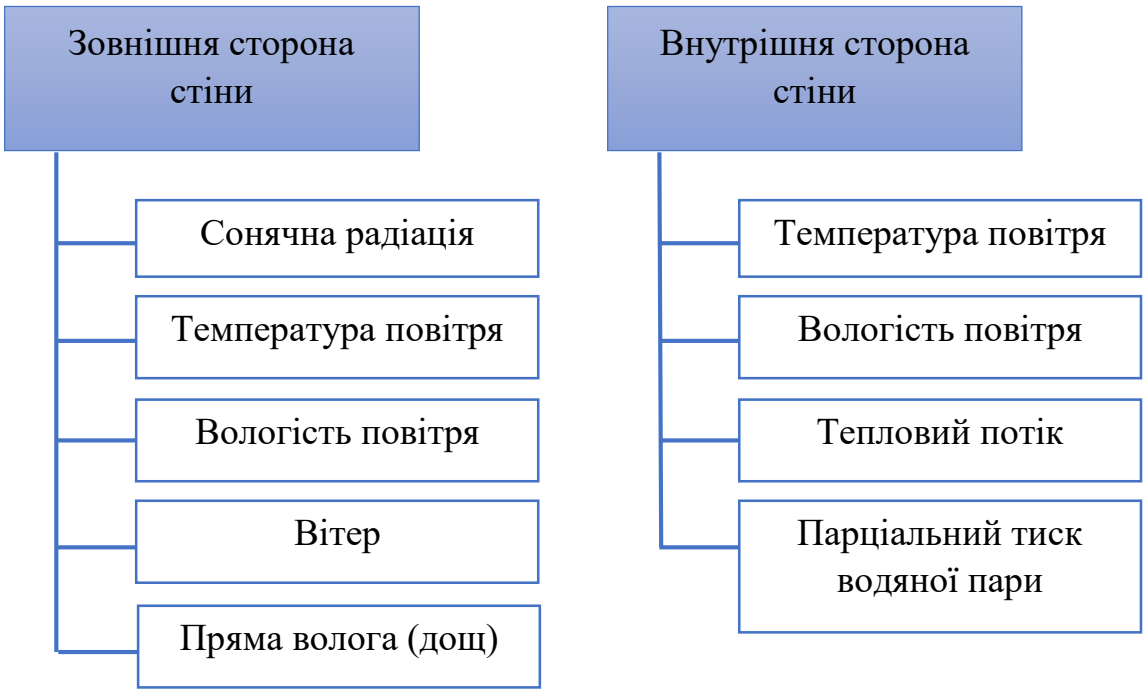


Рисунок 2.1 - Основні фізико-кліматичні фактори впливу на стіни будівель

Виходячи з перерахованих кліматичних факторів, можна виділити сім основних причин, що викликають фізико-хімічне та механічне руйнування матеріалів зовнішніх стін будівель:

- заморожування і відтавання, що чергується;
- зволоження, що чергується (краплиннорідке) і висушування;
- тривалий вплив знижених температур;
- тривала дія підвищених температур;
- сонячна радіація;
- вітрове навантаження;
- карбонізація атмосферною вуглекислотою.

В рамках цієї теми проводилося чисельне моделювання та розрахунок вологонагромадження в зовнішніх багатошарових стінах.

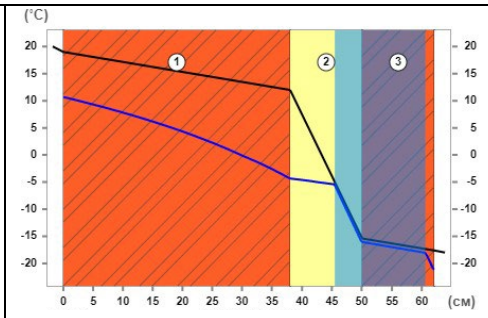
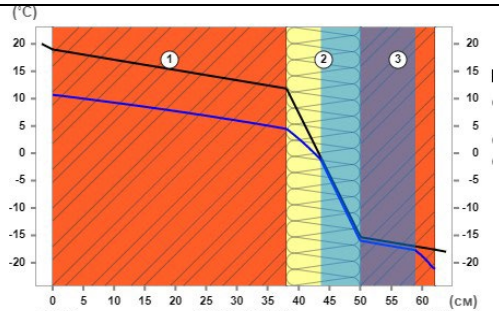
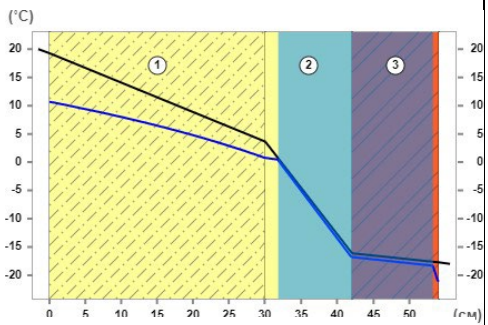
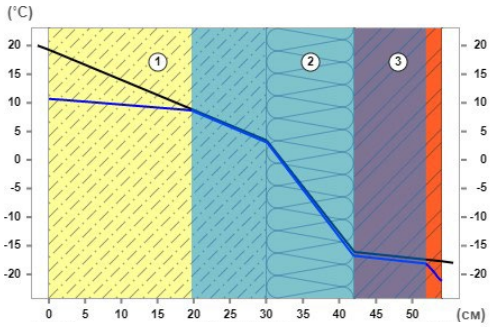
Порівняльний аналіз кліматичних параметрів показує суттєву різницю у температурних режимах холодного періоду року.

Аналіз даних показує, що зона влагонакопичення у зовнішній багатошаровій стіні залежить від виду і характеру пористості утеплювача. У цегляних стінах зона конденсації вологи розташовується в товщі утеплювача.

Дані графіки дозволяють зробити висновок, що всі деталі кріплення утеплювача та облицювальної поверхні будуть перебувати у вологому стані в зимовий період, що призведе до їхнього руйнування у набагато швидший період.

При використанні в якості утеплювачів пористих матеріалів без додаткової пароізоляції, як це часто практикується, забезпечення невипадання конденсату не здійснюється. У зв'язку з чим міграція вологи у зовнішніх шарах відбуватиметься безперервно протягом холодного періоду року.

Таблиця 2.1 – Розрахунок накопичення вологи у зовнішній огороджувальній конструкції

Характеристика несучого шару стіни	Характеристика накопичення вологи в залежності від виду утеплювача	
	Мінераловатні плити	Екструдований пінополістирол
Для умов м. Запоріжжя		
Цегла 380 мм	 Всередині Ззовні	 Всередині Ззовні
Газобетон 300 мм	 Всередині Ззовні	 Всередині Ззовні

Таблиця 2.2 - Результати теплотехнічного розрахунку та розрахунку на паропроникність

Конструкція стіни з різноманітними утеплювачами	Розрахунковий опір теплопередачі	Нормативний опір теплопередачі	Умови паропроникності	Точка роси
Пінополіуретан	5,32	3,58	Не виконуються	Можливе випадіння конденсату в конструкції огородження.
Пінополістирол	4,32		Виконуються	
Пінопласт	2,88		Не виконуються	
Мін. вата	3,28		Не виконуються	
Ековата	3,87		Не виконуються	

2.2 Оцінка довговічності роботи теплоізоляційних матеріалів у структурі багатошарових стін

Конструкція багатошарової стіни не забезпечує відведення вологи з утеплювача, що протягом 10-15 років експлуатації призведе до повної втрати теплозахисних властивостей зовнішнього огородження. Мінераловатний утеплювач у вологому стані входить у стан порушеної структури. Волокна починають перетворюватись на грудки, утворюючи щільний каркас.

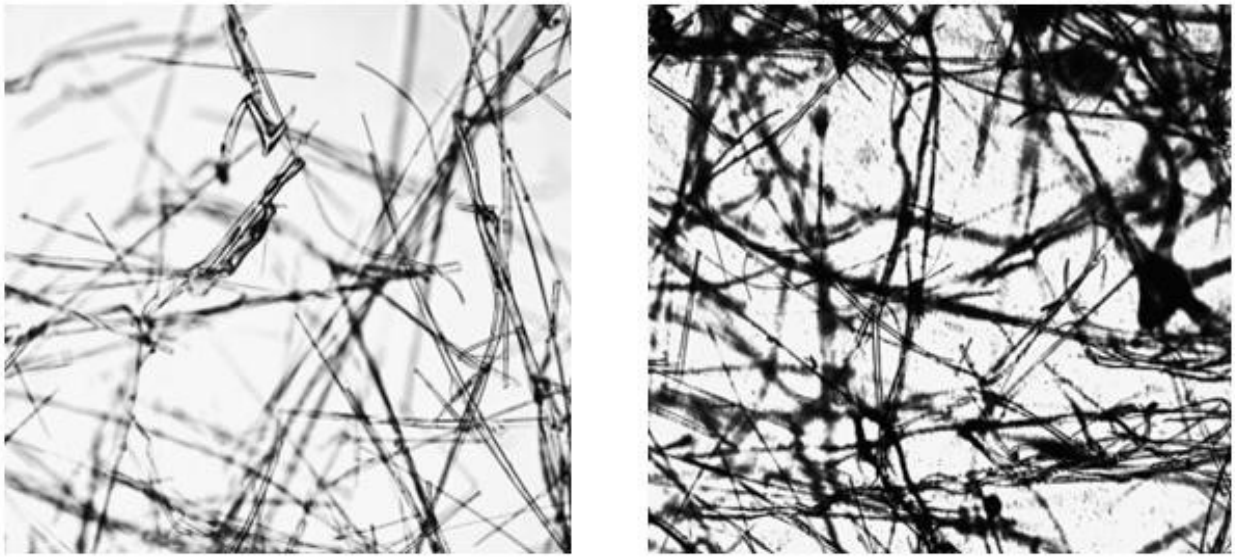


Рисунок 2.2 - Мікрофотографії зволоженої мінераловатної плити (збільшення 100х)

На мікрофотографії видно, що волокна в сухому стані розкидані хаотично, а після зволоження волокна скомковані.

Таблиця 2.3 – Зведена таблиця результатів натурних випробувань

Назва зразка	Щільність, кг/м^3	Вихідний коеф. теплопровідності, Вт/мК	Коеф. теплопровідності в зволоженому стані стані, Вт/мК
Пінополіуретан	60	0,023	0,023
Пінополістирол	45	0,032	0,035
Пінопласт	25	0,059	0,059
Мін. вата	65	0,047	0,047
Екована	50	0,036	0,039

Конденсація вологи в утеплювачі призводить до збільшення коефіцієнта теплопровідності та зниження теплозахисних властивостей.

В результаті експериментальних досліджень було виявлено, що термін служби заявлений у ТУ не відповідає терміну служби після проведення натурних випробувань для конкретних кліматичних умов. Результати представлені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Розрахований термін служби

Назва зразка	Щільність, кг/м3	Термін роботи заявл. в ТУ, років	Термін роботи після натурних випробовувань на вологість та морозостійкість	Різниця, років
Пінополіуретан	60	40	36,8	3,2
Пінополістирол	45	20	16,4	3,6
Пінопласт	25	20	19,6	0,4
Мін. вата	65	35	34,3	0,7
Екована	50	30	22,5	7,5

Дані про зміну довговічності отримали, спираючись на виявлену залежність зміни коефіцієнтів теплопровідності від вологості та морозостійкості.

2.3 Фактори впливу на експлуатаційну надійність та довговічність багатошарових стін

В Україні в силу початкового етапу застосування багатошарових теплоефективних стін їх експлуатаційна надійність і довговічність маловивчені. При цьому тепло-ефективні зовнішні стіни не завжди доступні для спостереження в процесі експлуатації за технічним станом окремих елементів і стін в цілому. [4]

Виконаємо аналіз впливу основних факторів на експлуатаційну надійність окремих елементів тришарових теплоефективних зовнішніх стін на основі штучних матеріалів із прогнозною оцінкою довговічності таких стін.

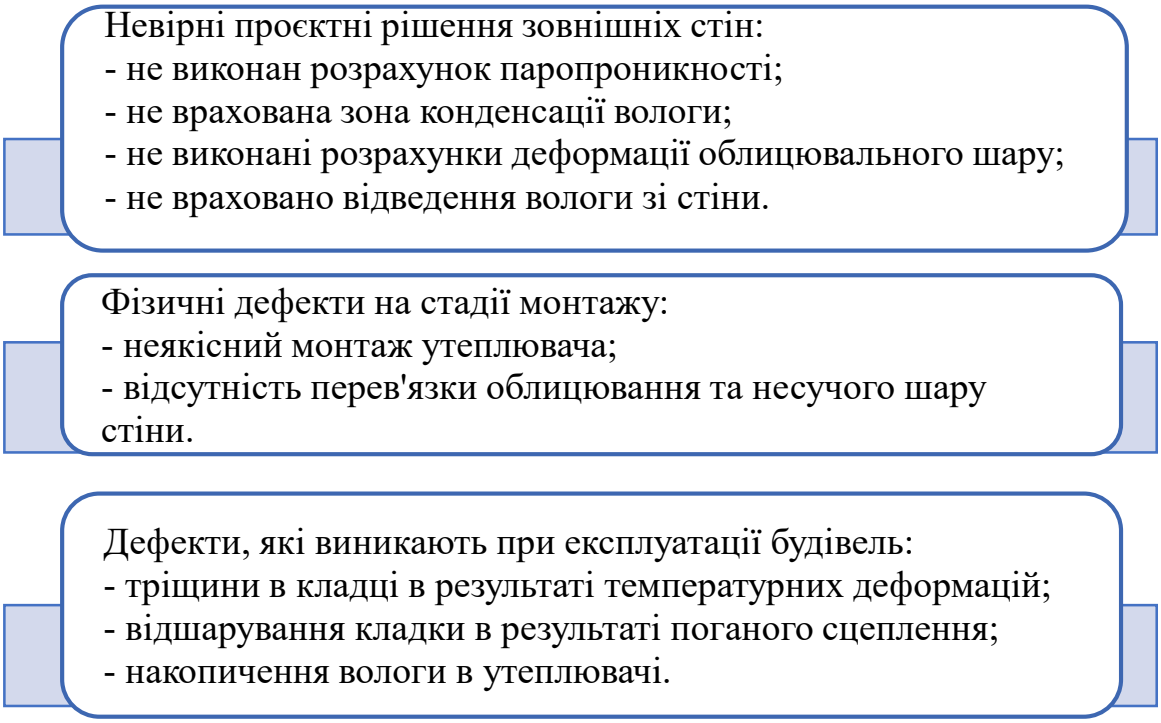


Рисунок 2.4 – Фактори впливу на надійність багатошарових стін

Тришарова теплоефективна зовнішня стіна – це багатоелементна конструкція, що складається з наступних елементів:

- внутрішній несучий шар;
- теплоізоляційний шар;
- облицювальний шар;
- гнучкі зв'язки;
- повітряний прошарок, що виконує вентиляційну та дренажну функції;
- опорний столик під облицювальний шар;
- водовідвідний фартух (флашинг) над опорним столиком для відведення конденсаційної вологи з міжшарового простору. Наявність семи елементів робить даний тип кладки стін більш уразливою з точки зору загальної кількості факторів, що впливають на експлуатаційну надійність та довговічність окремих елементів та стіни загалом.

Працездатність та довговічність внутрішнього шару в цій конструкції зовнішньої стіни дуже висока і перевершує ці показники для багатошарових стін. Визначається це тим, що внутрішній шар протягом усього терміну експлуатації об'єкта, будучи блокованим повномірним шаром теплоізоляції, перебуває у комфортному режимі позитивних температур. Матеріал внутрішнього шару не піддається поверхневому замочуванню та осушенню, циклічному заморожуванню та відтаванню у перехідні періоди року. Точка роси, зазвичай, перебуває у шарі теплоізоляції (мінераловатна теплоізоляція, пінополістирол), а стіна не накопичує вологу у річному циклі і не отримує додаткового зволоження в зимовому циклі, тобто не погіршує своїх теплотехнічних властивостей у часі. Єдиним негативним фактором для конструкційного (штучного) матеріалу стіни, який експлуатується у позитивних умовах, залишається фізичне старіння. Безвідмовність (збереження працездатності) матеріалу внутрішнього шару для всіх видів стінових матеріалів буде перевищувати нормативний термін служби будівлі.

У більш важких умовах експлуатується облицювальний шар тришарової стіни на основі тих самих стінових матеріалів. Для цього порівняно тонкого шару (120 мм – для силікатної та керамічної цегли) характерно поверхневе і навіть на всю глибину періодичне замочування-осушення від дії дощу, що поєднується з циклічним заморожуванням-відтаванням у перехідні періоди року. При використанні облицювальних штучних матеріалів з невисокою морозостійкістю (F15 – F25) безвідмовність облицювання стін може виявитися нижчою за нормативний термін в межах 30-40 років.

Можна оцінювати два вищеназваних елементи тришарової стіни на основі штучних стінових матеріалів – внутрішній шар та облицювання – як ремонтопридатні. Обидва елементи достатньо доступні для спостереження за станом та виявленням локальних пошкоджень, пристосовані для ремонту та усунення пошкоджень та дефектів.

Теплоізоляційний шар на основі безпресового самозагасаючого пінополістиролу марки ПСБС товщиною 120-150 мм, повинен бути виконаний

у вигляді безперервного екрану, не формувати розривів у циклі експлуатації внаслідок усадки, термічних деформацій, повинен бути щільно притиснутий до внутрішнього шару і не втрачати стійкості. Отже, сам пінополістирол повинен мати помірне старіння і забезпечувати тривалий термін служби. Цей термін служби має відповідати нормативному терміну служби всієї будівлі, так як заміна утеплювача пов'язана з низькою ремонтопридатністю облицювального шару, гнучких зв'язків, і в тому числі з цих причин низькою ремонтопридатністю самого шару.

Теплоізоляційний пінополістирольний екран у складі тришарової стіни формується з окремих плоских листів, які встановлюються вперев'язку на ряди гнучких зв'язків, що служать опорами для ярусу шару теплоізоляції і притискаються до внутрішнього шару тришарової стіни прокладками товщиною рівною товщині повітряного шару. [4]

Очікується, що сучасний безпресовий пінополістирол у складі теплоефективної стіни з нормально функціонуючим вентильованим шаром має працездатність протягом 60-80 років. Витриманий пінополістирол є безусадковим матеріалом. На відміну від пінополістиролу, при застосуванні як теплоізоляційний шар базальтових волокнистих і скловолокнистих плит слід зважати на усадку матеріалів у часі та їх осадку при зволоженні, так як навіть при мінімальному зволоженні матеріал стає важчим і осідає, що може призводити до формування горизонтальних розривів в теплоізоляційному екрані та значного зниження теплоефективних властивостей зовнішньої стіни.

Слід звернути увагу на низьку доступність для спостереження за станом шару теплоізоляції у структурі тришарових стін. Це можливо прослідити лише за результатами тепловізійного обстеження.

Гнучкі зв'язки у структурі тришарової стіни на основі штучних стінових матеріалів практично недоступні для спостереження та малоремонтопридатні. При їх відмові через корозійне ураження оцинкованих сталевих зв'язків при низькій якості оцинковки, що працює в контакті з періодично зволожуваним утеплювачем, особливо з мінеральною ватою з підвищеним поглинанням

вологи, можливе обвалення облицювального шару з усіма наслідками.

У конструкціях тришарових стін традиційних рішень опорних столиків з кутової сталі з їх поверховим розташуванням і поверховим спиранням ярусу облицювання недоліки пов'язані з високою трудомісткістю зведення зовнішніх стін і необхідністю забезпечення їх надійного протикорозійного захисту. Останнє необхідне не тільки для забезпечення довговічності зовнішньої стіни на рівні нормативного терміну служби будівлі, але й для запобігання забруднення фасаду будівлі слідами корозії металу, утворення яких стає неминучим у разі пошкодження та відмови антикорозійного захисту в процесі експлуатації. Опорний столик в металі контактує з конденсатною вологою в рівні водовідвідних фартухів, працездатність яких з часом знижується, що сприяє корозії металевих опорних столиків (особливо при механічних пошкодженнях антикорозійного покриття під час монтажу). За результатами виконаного аналізу в таблиці 2.5 представлені характеристики теплоефективної трьохшарової зовнішньої стіни на основі штучних стінових матеріалів за параметрами експлуатаційної надійності та довговічності.

Згідно з даними таблиці 2.5, цей тип теплоефективної стіни при її належному виконанні в циклі монтажу з використанням якісних матеріалів (утеплювачі, гнучкі зв'язки, флашинг та ін.) є надійним в експлуатаційному відношенні протягом не менше 40-60 років по всій сукупності елементів стіни, що забезпечує періодичність капітальних ремонтів зовнішніх стін будівель у нормальних умовах експлуатації вище нормативної – 25 років для кам'яних стін із штучних стінових матеріалів.

Таблиця 2.5 - Характеристики теплоефективної тришарової зовнішньої стіни за параметрами експлуатаційної надійності та довговічності

Найменування елемента стіни	Фактори, що впливають на експлуатаційну надійність та довговічність окремих елементів стіни	Безвідмовність (збереження працездатності) до проведення капітального ремонту, років
Внутрішній несучий шар: - керамічна цегла; - силікатна цегла.	- фізичне старіння та деструкція матеріалу протягом тривалого часу (не менше нормативного терміну служби)	 150-300 100-150
Теплоізоляційний шар: -пінополістирол безпресовий; - напівжорсткі базальто-волокнисті плити; -напівжорсткі скловолокнисті плити.	- старіння полімерів - деструкція в силу старіння та перекристалізаційних процесів мінеральних волокон утеплювача; - деструкція через зволоження та розморожування поверхневих шарів утеплювача	 60-80 80-100 80-100
Облицювальний шар на основі: -керамічної цегли; -об'ємно-забарвленої силікатної цегли	-деструктивні процеси при замочуванні – осушенні від дії атмосферних опадів; - те ж при заморожуванні – розморожування в перехідні періоди «осінь-зима», «зима-весна»	 150-200 60-100
Гнучкі зв'язки: -металеві з корозійностійкої легованої сталі; -металеві оцинковані; -базальтопластикові; - склопластикові	 - ні -відмова захисту та корозія металу від дії вологи -ні -ні	 40-80 40-80 80-120 80-100

Тришарова стіна на основі штучних стінових матеріалів. Працездатність та довговічність внутрішнього шару в цій конструкції зовнішньої стіни дуже висока і перевершує ці показники для моношарових стін. Визначається це тим, що внутрішній шар протягом усього терміну експлуатації об'єкта, будучи блокованим повномірним шаром теплоізоляції, перебуває у комфортному режимі позитивних температур. Матеріал внутрішнього шару не піддається поверхневому замочуванню та осушенню, циклічному заморожуванню та відтаванню у перехідні періоди року. Як показали розрахунки термо-вологістного стану тришарової стіни, точка роси перебуває у шарі теплоізоляції (мінераловатна теплоізоляція, пінополістирол), а стіна не накопичує вологу у річному циклі і не отримує додаткового зволоження у зимовому циклі, тобто не погіршує своїх теплотехнічних властивостей у часі. Єдиним негативним фактором для конструкційного (штучного) матеріалу стіни, що експлуатується в позитивних умовах, залишається фізичне старіння і деструкція матеріалу. Безвідмовність (збереження працездатності) матеріалу внутрішнього шару всіх видів стінових матеріалів в даному випадку буде перевищувати нормативний термін служби будівлі.

За результатами виконаного аналізу таблиці 2.6 представлені характеристики теплоефективної тришарової зовнішньої стіни на основі штучних стінових матеріалів за параметрами експлуатаційної надійності, довговічності та ремонтопридатності. Цей тип теплоефективної стіни при її належному виконанні у циклі монтажу з використанням якісних матеріалів є надійним в експлуатаційному відношенні протягом не менше 40-60 років по всій сукупності елементів стіни; до 60-80 років за п'ятьма елементами із семи; до 80-120 і більше років - по 3-4 елементах із семи, що забезпечує періодичність капітальних ремонтів зовнішніх несучих стін.

Таблиця 2.6 – Характеристики теплоефективної тришарової зовнішньої стіни на основі штучних стінових матеріалів за параметрами експлуатаційної надійності, довговічності та ремонтопридатності

Найменування елемента стіни	Фактори, що впливають на експлуатаційну надійність і довговічність окремих елементів стіни	Безвідмовність (збереження працездатності) до проведення капітального ремонту, років	**Ремонтопридатність**	
			Ступінь доступності для спостереження за станом та виявлення відмов, дефектів	Пристосованість до усунення дефектів шляхом технічного обслуговування та проведення ремонту (за п'ятибальною шкалою)
Внутрішній несучий шар: - вібропресовані бетонні блоки; - керамічна цегла; - силікатна цегла	- фізичне старіння та деструкція матеріалу протягом тривалого часу (не менше нормативного терміну служби)	150-200 150-300 100-150	Доступний	4
Теплоізоляційний шар: I пінополістирол; II напівжорсткі базальтоволокнисті плити; III напівжорсткі скловолоконні плити.	- старіння полімерів (пінополістирол, синтетичні сполучники для базальтоволокнистих та скловолокнистих плит); - деструкція в силу старіння та перекристалізаційних процесів мінеральних волокон утеплювача; - деструкція через зволоження та розморожування поверхневих шарів утеплювача	60-80 80-100 80-100	Недоступний	3
Облицювальний шар на основі: - об'ємно-забарвлених вібропресованих бетонних блоків; - керамічної цегли; - об'ємно-забарвленої силікатної цегли.	- деструктивні процеси при замочуванні – осушенні від дії атмосферних опадів; - те саме при заморожуванні - відтаванні в перехідні періоди «осінь – зима», «зима – весна»	100-150 150-200 60-100	Доступний	4

Продовження таблиці 2.6

Гнучкі зв'язки: - металеві з корозійностійкої легованої сталі; - металеві оцинковані; - базальтопластикові; - склопластикові.	- ні - відмова захисту та корозія металу від дії вологи - ні - ні	40-80 40-80 80 - 120 80-100	Недоступний	3
Повітряний прошарок, що виконує вентиляційну та дренажну функції	- відмова функцій вентиляції та дренування внаслідок засмічення отворів в облицювальному шарі		Малодоступний	3
Опорний столик під облицювальний шар: - з оцинкованої фасонної (кутової) сталі; - із залізобетону.	- відмова захисту та корозія металу від дії вологи; - розморожування бетону, вилуговування та карбонізація бетону захисного шару та корозія арматури	60-80 80-120	Малодоступний	3
Водовідвідний фартух (флашинг) над опорним столиком для відведення конденсаційної вологи з міжшарового простору	- старіння та пошкодження внаслідок недостатньої морозостійкості матеріалу флашингу	10-80	Малодоступний	3

Неналежне виконання стін на стадії монтажу із застосуванням неякісних матеріалі: мінераловатні утеплювачі з підвищеним водопоглинанням, сталеві гнучкі зв'язки при неякісному та недовговічному антикорозійному захисті, недовговічний матеріал для флашингу, опорний столик під облицювальний шар з кутикової сталі та неповноцінним антикорозійним захистом утворюють великі проблеми і пов'язані з великими матеріальними витратами при проведенні ремонту через низьку ремонтопридатність цих елементів стіни (2, 4, 6, 7 у таблиці 2.6) - на рівні 3-3 з мінусом за п'ятибальною шкалою.

Тришарова стіна в панельній серії 121у, яка аналогічно до тришарової стіни на основі штучних стінових матеріалів має 7 елементів, кожен з яких впливає на експлуатаційну надійність і довговічність стіни в цілому.

Внутрішній шар несучої стіни у вигляді панелі з важкого бетону товщиною 140 мм має працездатність і прогнозовану довговічність на рівні 150-200 років (таблиця 2.7), що визначається надійністю важкого бетону як конструкційного матеріалу в сукупності з якістю заводського виготовлення панелі, а також роботою стіни в умовах позитивних температур без циклічного замочування, осушення, заморожування та відтавання в осінньо-зимові періоди року. Збереження працездатності внутрішнього шару (панелі) стінок такого типу при фізичному старінні та деструкції важкого бетону перевищуватиме нормативний термін служби будівлі.

Облицювальний шар тришарової стіни в панельній серії 121у працює в жорстких умовах атмосферних впливів у перехідні періоди року осінь-зима, зима-весна. Облицювання у вигляді шару в 1/2 цегли, а також панелі з важкого бетону товщиною 100 мм (виготовленої в умовах заводу) забезпечуватимуть безвідмовність роботи протягом усього нормативного терміну служби будівлі при марці за морозостійкістю матеріалів вище F25.

Внутрішній та зовнішній шари тришарової стіни панельної серії 121у можна характеризувати як ремонтнопридатні.

Термін служби теплоізоляції у зв'язку з її низькою ремонтопридатністю має відповідати нормативному терміну служби всієї будівлі. Можна

прогнозувати, що у складі теплоефективної стіни з нормально функціонуючої вентиляцією та дренуванням утеплювача, безпресовий пінополістирол має працездатність 60-80 років, базальтоволоконна та скловолоконна теплоізоляція – 80-100 років.

Гнучкі зв'язки у структурі тришарової стіни панельної серії 121у недоступні для спостереження за їх станом та малоремонтопридатні.

Обпирання облицювання виконується за поверхами на консольні опорні столики (рамки). Опорні рамки виконуються з керамзитобетону або важкого бетону та встановлюються із приварюванням на перекриття. У прорізи рамок укладається мінераловатний утеплювач, що знижує теплопровідність стику.

Залізобетонні рамки є «містками холоду», що призводить до значного зниження теплотехнічної однорідності стіни в цілому, і, як наслідок, до збільшеної необхідної товщини утеплювача. Відповідно до результатів розрахунків загальний коефіцієнт теплотехнічної однорідності стіни з теплопровідними включеннями дорівнює 0,59. При цьому необхідна товщина утеплювача мінераловатного становить 200-230 мм.

Недоліком технічного рішення зовнішньої стіни з розрізанням облицювання по поверху та її таким же обпиранням на опорні столики є підвищення трудомісткості зведення зовнішньої стіни в силу необхідності влаштування столиків на рівні кожного поверху. У зв'язку з цим актуальним є завдання розробки технічних рішень залізобетонних опорних елементів для панельної серії 121 під облицювальні шари заввишки 2-4 поверхи.

Особливо слід зазначити фактори, що знижують експлуатаційну надійність тришарових панельних стін, які виявлені під час обстеження:

- мають місце прояви усадкових деформацій та множинного розтріскування зовнішнього фактурного шару стінових панелей внаслідок незадовільного складу дрібнозернистого бетону фактурного шару за мінералогічним складом цементу, якістю заповнювачів. Утворення тріщин у панелях призводить до систематичного замочування при косому дощуванні та вологонакопиченні інших шарів панелі. Панелі з пошкодженим зовнішнім

шаром є причиною замочування неушкоджених панелей нижчележачих за механізмом фільтрації вологи через торці панелей;

- промерзання зовнішніх стін, яке пов'язане із зволоженням утеплювача через стики зовнішніх стінових панелей, відколи та тріщини в облицювальному шарі зовнішніх стінових панелей, зміщення та відхилення від проєктної товщини та положення утеплювача в панелях;

- в зонах примикання плит перекриттів лоджій і стінових панелей через періодичне зволоження цих зон дощем і танучим снігом, що накопичується в кутах плит перекриттів лоджій, відбувається руйнування фактурного шару і бетону торців панелей поперечних стін за механізмом багаторазового заморожування. У цих зонах бетон торцевих ділянок стінових панелей суттєво руйнується, будучи джерелами наскрізного промочування поперечних стін;

- торцеві грані панелей зовнішніх стін, а також укоси віконних прорізів часто мають захисний шар недостатньої товщини;

- неякісно виконані та встановлені віконні коробки та відливи, що призводить до протікання у підвіконній частині стін;

- недостатня якість робіт з улаштування фундаментів, підготування основ, монтажу панелей (зварювальних робіт) призводить до деформацій та пошкоджень несучих панелей.

Неналежне виконання панельних стін на стадії монтажу із застосуванням неякісних матеріалів (мінераловатні утеплювачі з підвищеним водопоглинанням, сталеві гнучкі зв'язки та закладні деталі при неякісному та недовговічному антикорозійному захисті, опорний столик під облицювальний шар з конструкційного керамзитобетону, витрат при проведенні ремонтів у зв'язку з низькою ремонтопридатністю цих елементів стіни (2, 4, 5, 6, 7 у таблиці 2.7) – на рівні 3 - 3 з мінусом за п'ятибальною шкалою.

Таблиця 2.7 – Характеристики теплоефективної тришарової стіни у складі панелей серії 121у за параметрами експлуатаційної надійності, довговічності та ремонтопридатності

Найменування елемента стіни	Чинники, що впливають на експлуатаційну надійність та довговічність окремих елементів стіни	Безвідмовність (збереження працездатності) до проведення капітального ремонту, років	Ремонтопридатність	
			Ступінь доступності для спостереження за станом та виявлення відмов, дефектів	Пристосованість до усунення дефектів шляхом технічного обслуговування та проведення ремонту (за п'ятибальною шкалою)
Внутрішній несучий шар у вигляді залізобетонної панелі з важкого бетону товщиною 140 мм	- фізичне старіння та деструкція матеріалу конструкцій протягом тривалого часу (не менше нормативного терміну служби будівлі)	150-200	Доступний	4
Закладні деталі, що взаємно фіксують панель внутрішнього шару з іншими конструктивними елементами	- корозія зварних з'єднань закладних деталей	60-100	Недоступний	3-
Облицювальний шар на основі: -об'ємно-забарвлених вібропресованих бетонних блоків завтовшки 90 мм; - повнотілої керамічної цегли товщиною 120 мм; - об'ємно-забарвленої силікатної цегли товщиною 120 мм	- деструктивні процеси при замочуванні-осушенні від дії атмосферних опадів; - те ж при заморожуванні - відтаванні в перехідні періоди «осінь – зима», «зима – весна»	100-150 100-150 60-100	Доступний	4
Теплоізоляційний шар: - пінополістирол плитний; - напівтверді базальтоволоконні плити; - скловолоконна теплоізоляція типу URSA	- старіння полімерів (пінополістирол, синтетичні сполучники для базальтів віконних та скловолоконних плит); - деструкція через зволоження та розморожування поверхневих шарів утеплювача	60-80 80-100 80-100	Малодоступний	3

Продовження таблиці 2.7

Гнучкі зв'язки металеві оцинковані	- відмова антикорозійного захисту та корозія металу від дії вологи	40-80	Недоступний	3-
Опорний столик під облицювальний шар у вигляді рамки з конструкційного керамзитобетону (γ=1800 кг/м^3, клас міцності бетону В15)	- розморожування конструкційного керамзитобетону, вилуговування та карбонізація бетону захисного шару, корозія робочої арматури рамки	10-30	Малодоступний	3
Повітряний прошарок	- відмова функцій вентиляції та дренування внаслідок засмічення отворів в облицювальному шарі	-	Малодоступний	3

Тришарова стіна за системою «Вентильований фасад» має 5 елементів, що впливають на експлуатаційну надійність та довговічність стіни в цілому.

Експлуатаційна довговічність внутрішнього шару (основи) на базі штучних стінових матеріалів або монолітного залізобетону у цій конструкції зовнішньої стіни оцінюється в межах 100-300 років (таблиця 2.8). Це може бути конструкційний матеріал із середньою густиною вище 600 кг/м^3, наприклад, цегла, бетонні блоки, бетон, легкий бетон, тощо, що не має механічних пошкоджень, отриманих при капітальних ремонтах і демонтажі металофурнітури навісного захисного екрану. Матеріал основи протягом усього терміну експлуатації об'єкта перебуває в режимі роботи при позитивних температурах та захищений від поверхневого замочування та осушення, циклічного заморожування та відтавання у перехідні періоди року. Довговічність всіх видів матеріалу основи визначається фізичним старінням і деструкцією матеріалу, розтягнутим у часі, і перевищує нормативний термін експлуатації будівлі. Основа є обмежено доступною для спостереження за технічним станом конструктивним елементом, його ремонтопридатність залежить від конструктивних особливостей тієї чи іншої системи фасаду, що «вентилюється».

Відомим недоліком тришарової стіни по системі «Вентильований фасад» є низький коефіцієнт теплотехнічної однорідності огороджувальної конструкції внаслідок великої кількості містків холоду в зоні кріплення металофурнітури до основи, що зумовлює необхідність зменшення кількості кронштейнів на 1м^2 площі фасаду та використання матеріалів кріплення скловолоконних матеріалів, тощо).

Для облаштування теплоізоляційного шару в системах з вентильованим фасадом, як правило, застосовуються негорючі утеплювачі на основі мінеральних волокон (скловолокно або базальтове волокно). В основному це мінераловатні плити Rockwool і Технониколь імпортні та вітчизняного виробництва.

Рекомендуються до застосування утеплювачі густиною від 50 до

80 кг/м^3 з кашированою поверхнею, повернутою до повітряного зазору, і без каширування поверхні при густині утеплювача від 80 кг/м^3 і вище. У практиці будівництва часто використовується двошарова теплоізоляція з перекриттям швів між окремими теплоізоляційними плитами.

Теплоізоляційний шар у структурі стіни цього типу можна оцінювати як обмежено ремонтнопридатний. Конструктивний елемент обмежено доступний для спостереження за станом та виявленням локальних пошкоджень. Прогнозований термін служби утеплювачів у стінах даної конструкції в середньому прогнозується в межах 40-60 років і суттєво залежить від якості теплоізоляційних матеріалів, якості матеріалу та монтажу гідро-вітрозахисних паропроникних плівок (мембран), товщини повітряного зазору, якості матеріалу та правильності монтажу зовнішнього облицювального екрану системи.

Повітряний зазор, сполучений за допомогою численних щілин між елементами гідро-, паро- і вітронепроникного екрану, забезпечує за рахунок вентиляції видалення водяної пари, що надходять внаслідок дифузії через захисну конструкцію з боку приміщення протягом опалювального періоду. Цим забезпечуються нормальні вологі умови роботи конструкції та довговічність системи. Повітряний зазор також впливає на величину термічного опору огороджувальної конструкції загалом. Зі зменшенням товщини повітряного прошарку зменшується швидкість потоку вентильованого повітря, що сприяє підвищенню температури повітряного прошарку та його термічного опору. Одночасно, зменшення товщини повітряного прошарку знижує здатність фасадної системи до самоосушення в опалювальний період і підвищує ймовірність накопичення вологи в утеплювачі. Тому потрібен розрахунок з підбором оптимальної товщини повітряного прошарку в кожному конкретному випадку.

За результатами виконаного аналізу в таблиці 2.8 представлені характеристики теплоефективної тришарової зовнішньої стіни за системою «Вентильований фасад» за параметрами експлуатаційної надійності,

довговічності та ремонтопридатності. Згідно з даними таблиці 2.8, цей тип теплоефективної стіни при її належному виконанні в циклі монтажу з використанням якісних матеріалів (утеплювачі, металофурнітура, гідро-вітрозахисна мембрана та ін.) є надійним в експлуатаційному відношенні протягом не менше 30-50 років по всій сукупності елементів стіни; до 40-60 років за чотирма елементами з п'яти; до 80-100 років - по 2 елементам з п'яти, що забезпечує періодичність капітальних ремонтів зовнішніх стін будівель у нормальних умовах експлуатації вище за нормативну.

Фасадна теплоізоляція з оштукатурюванням по сітці. Теплоефективна стіна із зовнішнім утепленням та оштукатурюванням по сітці складається з двох основних елементів, що істотно відрізняються за довговічністю: внутрішньої несучої захисної конструкції стіни з цегли або залізобетону та власне системи фасадної теплоізоляції.

Враховуючи, що довговічність внутрішнього несучого шару експлуатованої стіни у сприятливих умовах під захистом фасадної теплоізоляції становить понад 100 років (таблиця 2.9), після повного руйнування (відмови) системи фасадної теплоізоляції через 30-40 років експлуатації можливо та економічно ефективно провести капітальний ремонт або демонтувати її з подальшим відновленням. Таким чином, найважливішим елементом, що визначає довговічність цього типу стіни, є система фасадної теплоізоляції.

Розрахунковий термін служби фасадної теплоізоляції більшість зарубіжних виробників визначають для своїх систем у межах 30-40 років, в реальних умовах найчастіше спостерігаються ознаки відмов системи вже за кілька років експлуатації будівлі.

Таблиця 2.8 – Характеристики теплоефективності зовнішньої стіни у вигляді вентильованого фасаду за параметрами експлуатаційної надійності, довговічності та ремонтопридатності

Найменування елемента стіни	Чинники, що впливають на експлуатаційну надійність та довговічність окремих елементів стіни	Безвідмовність (збереження працездатності) до проведення капітального ремонту, років	Ремонтопридатність	
			Ступінь доступності для спостереження за станом та виявлення відмов, дефектів	Пристосованість до усунення дефектів шляхом технічного обслуговування та проведення ремонту (за п'ятибальною шкалою)
Внутрішній несучий шар: -керамічна цегла -силікатна цегла -вібропресовані бетонні блоки -залізобетон	Фізичне старіння та деструкція матеріалу, розтягнуте у часі з сприятливих експлуатаційних умов; Механічні пошкодження конструкційної основи при капітальних ремонтах та демонтажі металофурнітури для навішування захисного екрану	Більше 100 років Більше 100 років Більше 100 років Більше 100 років	Обмежено доступний	3
Теплоізоляційний шар на основі: -базальтоволокнистих плит напівтвердих середньої щільності 60-80 кг/м^3 -скловолокнистих плит напівтвердих середньої щільності 60-80 кг/м^3	Фізичне старіння синтетичних сполучних плит. Накопичення вологи за річний цикл та надмірне зволоження за зимовий період в умовах холодного клімату. Деструкція мінераловатних утеплювачів внаслідок впливу високої інтенсивності циркуляції повітря у повітряному прошарку	40-60 40-60	Обмежено доступний	3
Металофурнітура для навішування захисного екрану	Корозія металофурнітури в умовах підвищеної вологості міжшарового простору та зволоження мінераловатних утеплювачів, включаючи пошкодження	30-50	Малодоступний	4

Продовження таблиці 2.8

	клямерів			
Елементи екрану у вигляді великорозмірних фіброцементних листів (типу Етерніт, Семстоун, Фассет та ін.)	Деструктивні процеси в матеріалі, усадкове викривлення великорозмірних фіброцементних листів в силу їх періодичного замочування - осушення в поєднанні з заморожуванням - відтавання в перехідні періоди. Руйнування зони контакту кріплення листа шурупом, болтом	40-60	Доступний	4
Елементи екрану у вигляді дрібноштучних фіброцементних елементів	Деструктивні процеси в умовах періодичного замочування - осушення, заморожування - відтавання	60-80	Доступний	4
Елементи екрану з керамограніту	Фізичне старіння матеріалу, розтягнуте у часі	80-100	Доступний	4

Відмова системи теплоізоляції в цілому може статися в таких випадках відмови одного з трьох основних елементів системи:

- руйнування гідрозахисного штукатурного покриття. У разі використання як утеплювача мінераловатних плит може статися попадання вологи в товщу утеплювача, що призведе до втрати ним початкових теплотехнічних характеристик. В цьому випадку необхідно виконати відновлення штукатурного покриття, при цьому потрібно видалити замочені ділянки утеплювача. У разі застосування в якості утеплювача пінополістирольних плит, що мають низьке водопоглинання, система значний час при безпосередньому впливі зовнішнього середовища зберігатиме свої властивості. В цьому випадку, не замінюючи утеплювача, необхідно виконати відновлення штукатурного покриття, після чого можлива подальша експлуатація системи загалом;
- відмова конструкцій кріплення (адгезивного клею чи дюбелів). Відмова обох компонентів кріплення одночасно призведе до повного руйнування системи. Відмова одного з двох компонентів значно збільшить навантаження на інший компонент кріплення, внаслідок чого також можливе руйнування системи. У будь-якому випадку необхідний ремонт системи або її виконання наново;
- відмова теплоізоляційного шару (втрата або різке зниження пінополістиролом або мінераловатною плитою своїх первісних фізико-механічних та теплотехнічних властивостей). У разі втрати механічних властивостей (зміни форми, розмірів, осідання або розшарування плит утеплювача) відбудеться суттєва або повна руйнація системи теплоізоляції. У разі погіршення лише теплотехнічних властивостей утеплювача, механічного руйнування системи не відбудеться, проте система теплоізоляції зменшить теплозахисну функцію.

Досвід експлуатації будівель із фасадною теплоізоляцією показав, що основним фактором, що визначає довговічність системи, є стійкість фасадної гідроізоляційної штукатурки. Критерієм відмови системи в даному випадку є

руйнування штукатурного покриття протягом деякого часу, незахищений утеплювач втратить свої фізико-механічні та теплотехнічні властивості. Довговічність теплоізоляційного матеріалу можна вважати свідомо вищою, ніж у штукатурного шару.

Факторами, що впливають на експлуатаційну надійність та довговічність штукатурного покриття, є:

- деформації штукатурного покриття, що виникають в умовах його усадки та перепадів температур;
- накопичення вологи в товщі стіни за річний період її експлуатації та її наднормативне зволоження з випаданням конденсату в зимовий період;
- замочування стіни при дії опадів у перехідні періоди «зима-весна» і «осінь-зима», небезпечне з точки зору поєднання значного зволоження штукатурного покриття з циклічним заморожуванням-відтаванням.

У таблиці 2.9 представлені оціночні значення довговічності основних елементів теплоефективної зовнішньої стіни системи фасадної теплоізоляції.

Відмінною особливістю даного типу стіни є відносно невисока довговічність штукатурного покриття, яка оцінюється в 25-50 років, значно велика довговічність теплоізоляційного шару (60-80 років) у поєднанні з довговічністю внутрішнього шару стіни, яка перевищує 100-120 років. Враховуючи, що всі елементи стіни, крім дюбелів, доступні для спостереження та ремонтопридатні (на рівні 4 - 5 за п'ятибальною шкалою), можливе виконання поточного ремонту системи фасадної теплоізоляції у разі пошкодження штукатурного покриття за умови збереження утеплювачем своїх теплозахисних властивостей з періодичністю 10-20 років. Таким чином, довговічність стіни в цілому при регулярному проведенні поточних ремонтів з періодичністю 20-25 років та капітальному ремонті із замінного утеплювача через 60-80 років експлуатації слід вважати рівною довговічності внутрішнього шару та прийняти 100-120 років.

Таблиця 2.9 – Характеристики теплоефективності зовнішньої стіни системи фасадної теплоізоляції за параметрами експлуатаційної надійності, довговічності та ремонтопридатності

Найменування елемента стіни	Чинники, що впливають на експлуатаційну надійність та довговічність окремих елементів стіни	Безвідмовність (збереження працездатності) до проведення капітального ремонту, років	Ремонтопридатність	
			Ступінь доступності для спостереження за станом та виявлення відмов, дефектів	Пристосованість до усунення дефектів шляхом технічного обслуговування та проведення ремонту (за п'ятибальною шкалою)
Внутрішній несучий шар: -керамічна цегла -силікатна цегла -вібропресовані бетонні блоки -залізобетон	Фізичне старіння та деструкція матеріалу, розтягнуте у часі з сприятливих експлуатаційних умов;	Більше 100 років Більше 80 років Більше 100 років Більше 100 років	Доступний	Практично не вимагає ремонту на протязі всього терміну експлуатації (5)
Теплоізоляційний шар на основі: -пінополістиролу середньої щільності 25 гкг/м^3 і вище -базальтоволокнистих плит на синтетичному зв'язуючому підвищеної щільності 100-180 кг/м^3	Фізичне старіння полімерів, включаючи синтетичне зв'язуюче в мінераловатних плитах; поверхневе розморожування пінополістиролу в умовах відмови/ пошкодження гідроізоляційної штукатурки	60-80 (в залежності від надійності гідроізоляційного захисту) 80-100	Доступний	4
Гідрозахисне покриття у вигляді штукатурного базового шару, армованого синтетичною сіткою, в поєднанні з фінішним гідрофобним паропроникним екраном (декоративна штукатурка, акрилова фарба, силікатна фарба та ін.)	Корозія металофурнітури в умовах підвищеної вологості міжшарового простору та зволоження мінераловатних утеплювачів, включаючи пошкодження клямерів	25-50	Доступний	4
Дюбелі зі шляпкою з пластмасу для анкерування теплоізоляції до внутрішнього шару: - металеві; - базальтопластикові; - - склопластикові	Фізичне старіння полімерів шляпки, пластикових гнізд під дюбелі; ослаблення анкерування дюбелів в тілі внутрішнього шару багатошарової стіни	20-50	Обмежений	3

Стіна на основі блоків з ніздрюватого бетону. Аналіз досвіду експлуатації будівель з зовнішніми теплоефективними стінами на основі автоклавних газобетонних блоків показав, що ця система досить життєздатна і з урахуванням виправлення деяких недоліків і подальшого вдосконалення може бути рекомендована до широкого використання.

В даний час найбільш активно застосовується стіна-заповнення з автоклавних газобетонних блоків завтовшки 400-600 мм з об'ємною вагою 400-500 кг/м^3 у монолітно-каркасних залізобетонних будівлях. У зв'язку з розвитком монолітного будівництва, цей варіант зовнішньої стіни є найбільш перспективним за показниками експлуатаційної надійності та вартості.

З метою уточнення довговічності, одержання інформації про дієздатність стіни з газобетону об'ємною вагою 400 кг/м^3 у поєднанні з жорстким облицюванням без додаткової гідрофобізації, необхідно подальше спостереження за станом цих стін.

Останнім часом розширюється застосування моношарової стіни-заповнення на основі автоклавних газобетонних блоків густиною 500-600 кг/м^3 із гідроізоляційною штукатуркою по сітці. У зовнішніх стінах будівель може бути рекомендований лише автоклавний газобетон з усадкою 0,3-0,5 мм/м. Крім того, рішення мало- та середньоповерхових житлових будинків з несучими та самонесучими зовнішніми стінами з пористо-бетонних блоків об'ємною вагою 500-600 кг/м^3 є прийнятним для невеликих міст, районних центрів, сільської місцевості та забудови передмість.

Теплоефективні зовнішні стіни-заповнення на основі автоклавних газобетонних блоків монолітно-каркасних залізобетонних будівель включають 3 елементи: внутрішній самонесучий шар на основі автоклавних газобетонних блоків, гідроізоляційний шар (екран) та, у разі застосування облицювання із штучних стінових матеріалів, залізобетонний опорний столик.

Внутрішній самонесучий шар стіни на основі автоклавних газобетонних блоків щільністю 400, 500, 600 кг/м^3 (класу міцності на стиск В1,5 - В3,5, марок за морозостійкістю F15 - F35) має працездатність та прогнозовану

довговічність на рівні 100-120 років (таблиця 2.10), що зумовлено роботою внутрішнього шару стіни в умовах позитивних температур без циклічного замочування, осушення, заморожування та розморожування в осінньо-зимові періоди року. Накопичення вологи за річний цикл та надмірного зволоження стіни за зимовий період не відбувається. Негативним фактором для матеріалу несучого шару є фізичне старіння та деструкція матеріалу внаслідок карбонізації гідросилікатних фаз автоклавного газобетону на вапняно-кремнеземних в'яжучих, яке розтягнуте в часі. Довговічність внутрішнього шару за умови збереження працездатності захисним гідроізоляційним екраном буде відповідати нормативному терміну служби будівлі.

Гідрозахисний екран експлуатується у важких умовах періодичного поверхневого замочування-осушення від дії дощу, що поєднується з циклічним заморожуванням-відтаванням у перехідні періоди року «осінь-зима», «зима – весна».

При використанні облицювальних штучних матеріалів з невисокою морозостійкістю (F5 - F25) безвідмовність облицювання стін може виявитися нижчою за нормативний термін в межах 30-40 років. У разі використання штучних матеріалів з морозостійкістю F50 – F100 безвідмовність облицювального шару на основі штучних стінових матеріалів може становити 100-150 років.

При довговічності внутрішнього шару стіни більше 100 років, у разі часткової або повної відмови шару захисної штукатурки, можливе проведення капітального ремонту з відновленням гідрозахисної штукатурки.

Два вищеназваних елементи стіни на основі автоклавних газобетонних блоків - внутрішній шар та облицювання можна оцінювати як ремонтопридатні. Обидва елементи достатньо доступні для спостереження за станом та виявленням локальних пошкоджень, пристосовані для ремонту та усунення пошкоджень та дефектів.

Опорний столик із залізобетону під облицювання із штучних стінових матеріалів експлуатується у важких умовах циклічного зволоження у

поєднанні із заморожуванням - відтаванням у перехідні періоди року, що при недостатній морозростійкості бетону може призвести до розморожування бетону, корозії арматури при відмові захисного шару бетону. Залізобетонний опорний столик малодоступний для спостереження за станом та виявлення відмов, його працездатність оцінюється в межах 80 – 120 років.

Стіни на основі автоклавних газобетонних блоків в силу відносно низької вартості автоклавного газобетону і можливості скорочення трудомісткості та тривалості та зведення стін мають найбільш низьку собівартість у порівнянні з іншими варіантами теплоефективних стін, що розглядаються.

При оцінці надійності стіни, що розглядається, за трьома основними елементами, вона складе не менше 25-40 років; 100 і більше років - за внутрішнім шаром з газобетонних блоків та опорним залізобетонним столиком під облицювання, при періодичності капітальних ремонтів зовнішнього гідрозахисного штукатурного шару 25-30 років.

Таблиця 2.10 – Характеристики теплоефективної зовнішньої стіни на основі пористих блоків за параметрами експлуатаційної надійності, довговічності та ремонтопридатності

Найменування елемента стіни	Чинники, що впливають на експлуатаційну надійність та довговічність окремих елементів стіни	Безвідмовність (збереження працездатності) до проведення капітального ремонту, років	Ремонтопридатність	
			Ступінь доступності для спостереження за станом та виявлення відмов, дефектів	Пристосованість до усунення дефектів шляхом технічного обслуговування та проведення ремонту (за п'ятибальною шкалою)
Основний конструкційно-теплоізоляційний шар на основі автоклавних газобетонних блоків при кладці на клею: - блоки середньої щільності 400 кг/м^3; - те ж 500 кг/м^3; - те ж 600 кг/м^3	Накопичення вологи за річний цикл та надмірного зволоження стіни за зимовий період у кліматичних умовах зон холодного клімату не відбувається. Розморожування поверхневих шарів пористих бетонів в умовах поверхневого зволоження при дії дощу в поєднанні з циклічним заморожуванням - відтаванням у перехідні періоди "осінь - зима", "зима -весна" при дефектах або відмовах гідрозахисного шару. Можливість карбонізації гідросилікатних фаз автоклавного газобетону	80-100	Доступний	4
Гідрозахисний шар (екран): - екран у 1/2 повнотілої керамічної цегли (у поєднанні з блоками γ=400 кг/м^3); - вібропресовані бетонні блоки товщиною 90 мм (безсерівський блок з 30%-ною пустотнністю) у	Для екрану з цегли або вібропресованих бетонних блоків – розморожування при зволоженні, від дії атмосферної вологи у поєднанні із заморожуванням – відтаванням у перехідні періоди. Для гідрозахисних штукатурок - пошкодження у вигляді тріщин розриву	25-40	Доступний	4

Продовження таблиці 2.10

поєднанні газобетонними блоками γ=400 кг/м^3 - гідрозахисна штукатурка посилена (багатошарова, базовий штукатурний шар армований синтетичною) сіткою у поєднанні з газобетонними блоками γ=500 кг/м^3) - гідрозахисна штукатурка помірна або гідрофобне просочення (у поєднанні з блоками 600 кг/м^3)	та відриву внаслідок усадки, дія термомеханічної напруги в умовах перепадів температури, замочування; фізичне старіння синтетичних сіток через недостатню лугостійкість.			
Опорний столик із залізобетону під облицювання із штучних стінових матеріалів	Розморожування бетону при зволоженні у поєднанні із заморожуванням - відтаванням у перехідні періоди; корозія арматури при відмові захисного шару	80-120	Обмежено доступний	4

3 МОНІТОРИНГ ТА АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТУЄМИХ БУДІВЕЛЬ З БАГАТОШАРОВИМИ ЗОВНІШНІМИ СТІНАМИ

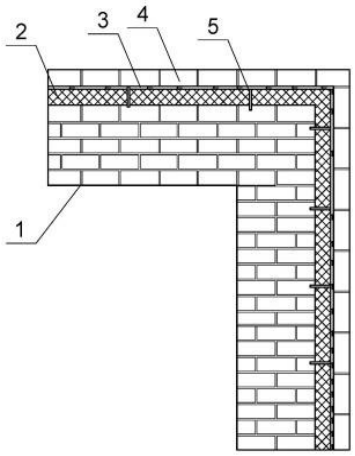
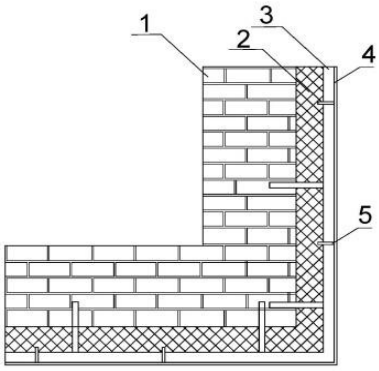
3.1 Досвід експлуатації будівель із багатошаровими стінами в умовах низьких температур

В кліматичних умовах нашої країни огороджувальні конструкції будівель підтверджені впливом низьких температур взимку та високим літом, значних добових коливань температури зовнішнього середовища у весняно-осінній та літній періоди, що супроводжуються інтенсивною сонячною радіацією.

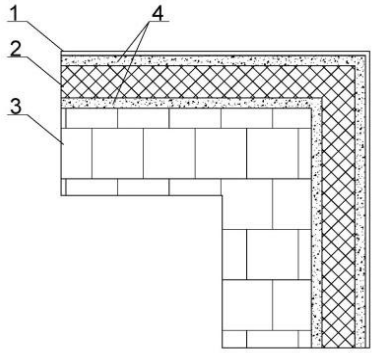
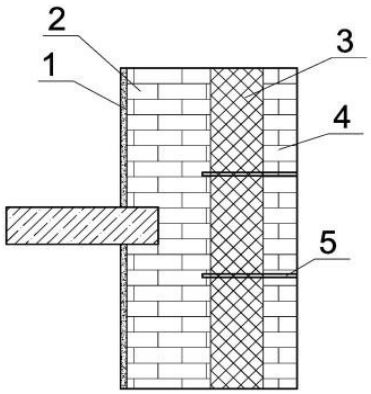
Визначити в експлуатаційних умовах кількісний вплив кожного з цих кліматичних факторів на характер зміни теплофізичних характеристик захисних конструкцій практично неможливо і головне в цьому немає необхідності. Важливим є не конкретний вплив кожного з факторів у формування теплового та вологого режимів зовнішнього огородження, а кінцевий результат - величина і характер зміни рівня теплового захисту зовнішніх конструкцій з плином часу.

Аналіз теплотехнічних характеристик зовнішніх стін, які застосовувалися та застосовуються в даний час при будівництві будівель, виконаний на основі збору проектних даних 4 об'єктів, збудованих у місті Київ.

Таблиця 3.1 - Конструктивні рішення зовнішніх стін будівель

Адреса будівлі	Конструктивний вузол	Тип зовнішньої стіни за конструкційним та теплоізолюючим матеріалом
Будинок №21 по вул. Величко ЖК «Шоколад Center» (Рисунок 3.1)		Будівельна система – цегляна кладка, збірний залізобетон. Конструктивна система будівлі стінова з поперечними/ подовжніми несучими стінами. Конструктивна схема будівлі – жорстка безкаркасна. 1- Внутрішній несучий шар товщиною 510 мм з повнотілої цегли пластичного пресування; 2- Мінеральна вата товщиною 100 мм; 3- повітряний шар 20 мм; 4- облицювальна верста 120мм 5- анкера
Вул. Дружби Народів, 43. ЖК «ЖК Scandia» (Рисунок 3.2)		Будівельна система – цегляна кладка, збірний залізобетон. Конструктивна схема будівлі – каркасна. Стіни зовнішні самонесучі - армовані тришарові з гнучкими зв'язками з поверховим опиранням облицювального шару цегли. 1- Внутрішній несучий шар товщиною 370 мм з повнотілої цегли пластичного пресування; 2- Мінеральна вата завтовшки 100 мм; 3- Повітряний прошарок; 4- Облицювання з керамічної плитки товщиною 10 мм; 5- Анкера

Продовження таблиці 3.1

Вул. Богдана Хмельницького, 159. ЖК Madison Gardens (Рисунок 3.3)		Будівельна система – цегляна кладка, збірний залізобетон. Конструктивна схема будівлі – каркасна. Стіни зовнішні самонесучі - тришарові з поверховим опиранням облицювального шару цегли. 1- Декоративна штукатурка; 2- Мінеральна вата товщиною 100 мм; 3- Внутрішній несучий шар товщиною 370 мм із газобетону, газосилікату автоклавного D600; 4- Система Ceresit, яка складається з розчину Ceresit 190, сітки фасадної, другого шару Ceresit 190, ґрунтовки CT 15
ЖК «Синергія Сіті» вул. Торосова 9 (Рисунок 3.4)		Будівельна система – цегляна кладка, збірний залізобетон. Конструктивна схема будівлі – каркасна. Стіни зовнішні – цегляні, оздоблення фасаду житлових, першого, цокольного поверхів – облицювальна цегла. 1- Штукатурка 20мм 2- Внутрішній несучий шар товщиною 250 мм з повнотілої цегли пластичного пресування; 3- Утеплювач екструдований пінополістирол (ЕППС) товщиною 180 мм; 4- Облицювальна верста 120мм; 5- Анкера.

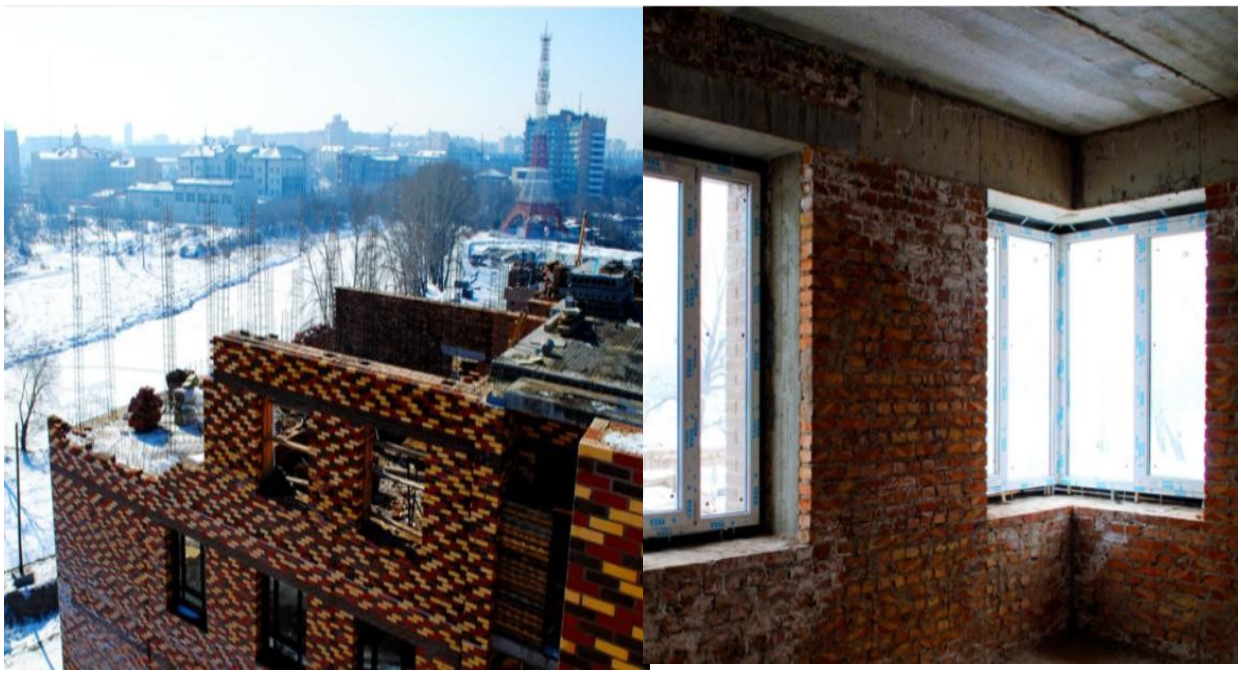


Рисунок 3.1 – Фото об’єкту ЖК «Шоколад Center»



Рисунок 3.2 – Фото об’єкту ЖК «Scandia»

Конструктивні рішення зовнішніх багатошарових стін є дво- і тришарові конструкції, облицювальний цегляний шар яких влаштований з опиранням на консольні звіси плит перекриттів.



Рисунок 3.3 – Фото об’єкту ЖК Madison Gardens



Рисунок 3.4 – Фото об’єкту ЖК «Синергія Сіті»

З’єднання внутрішнього та зовнішнього шарів виконано за допомогою гнучких металевих зв'язків. Конструкції багатошарових зовнішніх стін, виконаних з поверховим опиранням на сталеві куточки, реалізовані в більшості будівель.

Опирання облицювальної цегляної кладки зовнішнього шару фасадів виконано на рівні кожного поверху на сталеві прокатні куточки, прикріплені до сталевих пластин (кронштейнів) за допомогою електрозварювання. Сталеві пластини приварені до закладних деталей, встановлених на торцях монолітних залізобетонних перекриттів. Опирання облицювальної цегляної стінки на конструкції сталевих куточків у рівні перекриттів та перемичок над віконними отворами виконано через ряд фасонних лицевих цеглин, встановлених на опорну полицю сталевих куточків.

Сталеві куточки, закріплені на торцях плит перекриттів, встановлені по всьому периметру будівлі без обмеження елементів по довжині та деформаційних швів.

У зовнішньому цегляному шарі багатошарових зовнішніх стін влаштування горизонтальних та вертикальних деформаційних швів проєктами не передбачено.

Обстеження кам'яних конструкцій зовнішніх багатошарових стін проводилося з метою визначення їх загального стану, виявлялися видимі пошкодження або дефекти, деформації, визначався характер і ступінь пошкодження окремих конструкцій, наявність тріщин, місця роздроблення та розшарування кладки, розрив зв'язків, пошкодження кладки під опорами конструкцій, викривлення, випучування, відхилення від вертикалі, порушення місць сполучення між окремими елементами, поверхневі пошкодження цегли та розчину.

В результаті неналежного з'єднання облицювальної версти і несучого шару по кутах будівлі можуть з’являтися тріщини в результаті температурних деформацій. Результати переміщення по осі Х, на зимовий період, температурні деформації прораховані в мм.

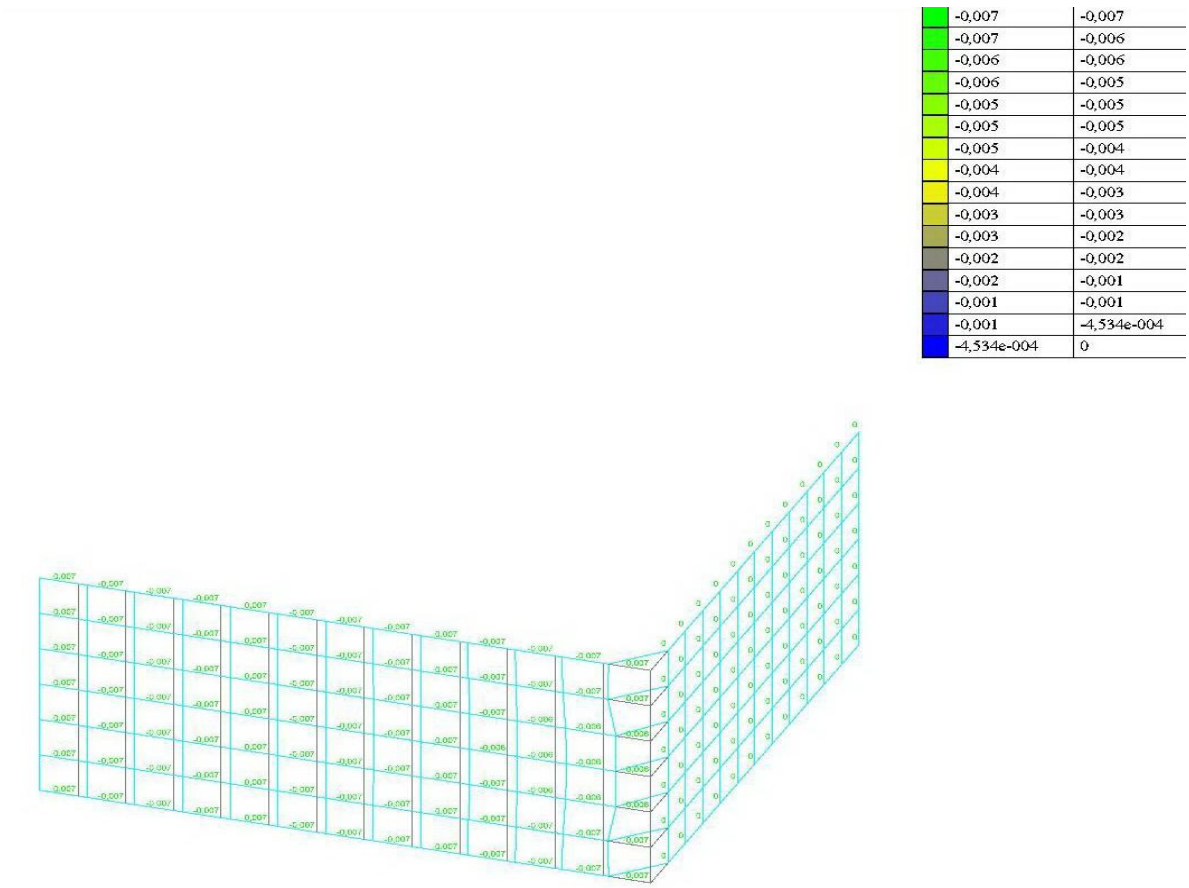


Рисунок 3.5 – Температурні деформації у зимовий період по осі X

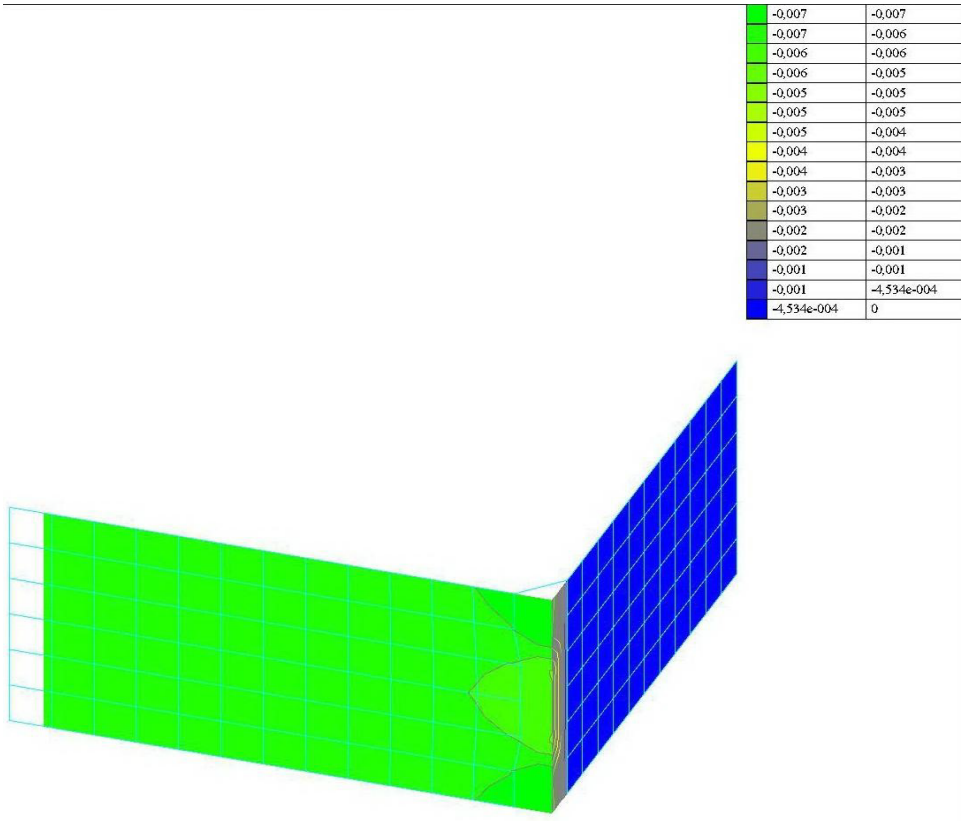


Рисунок 3.6 – Температурні деформації у зимовий період по осі X

3.2 Технологічні особливості зведення житлових будівель з багатошаровими зовнішніми стінами

Головні відмінності в конструкціях фасадних систем полягають у різноманітності застосовуваних рішень щодо влаштування зовнішнього цегляного облицювання: вузлів спирання на плити перекриттів або куточки; конструкцій та матеріалу зв'язків, що з'єднують із внутрішнім шаром стіни; наявності горизонтальних та вертикальних деформаційних швів, що забезпечують необхідну деформативність конструкції з урахуванням зовнішніх впливів та інше.

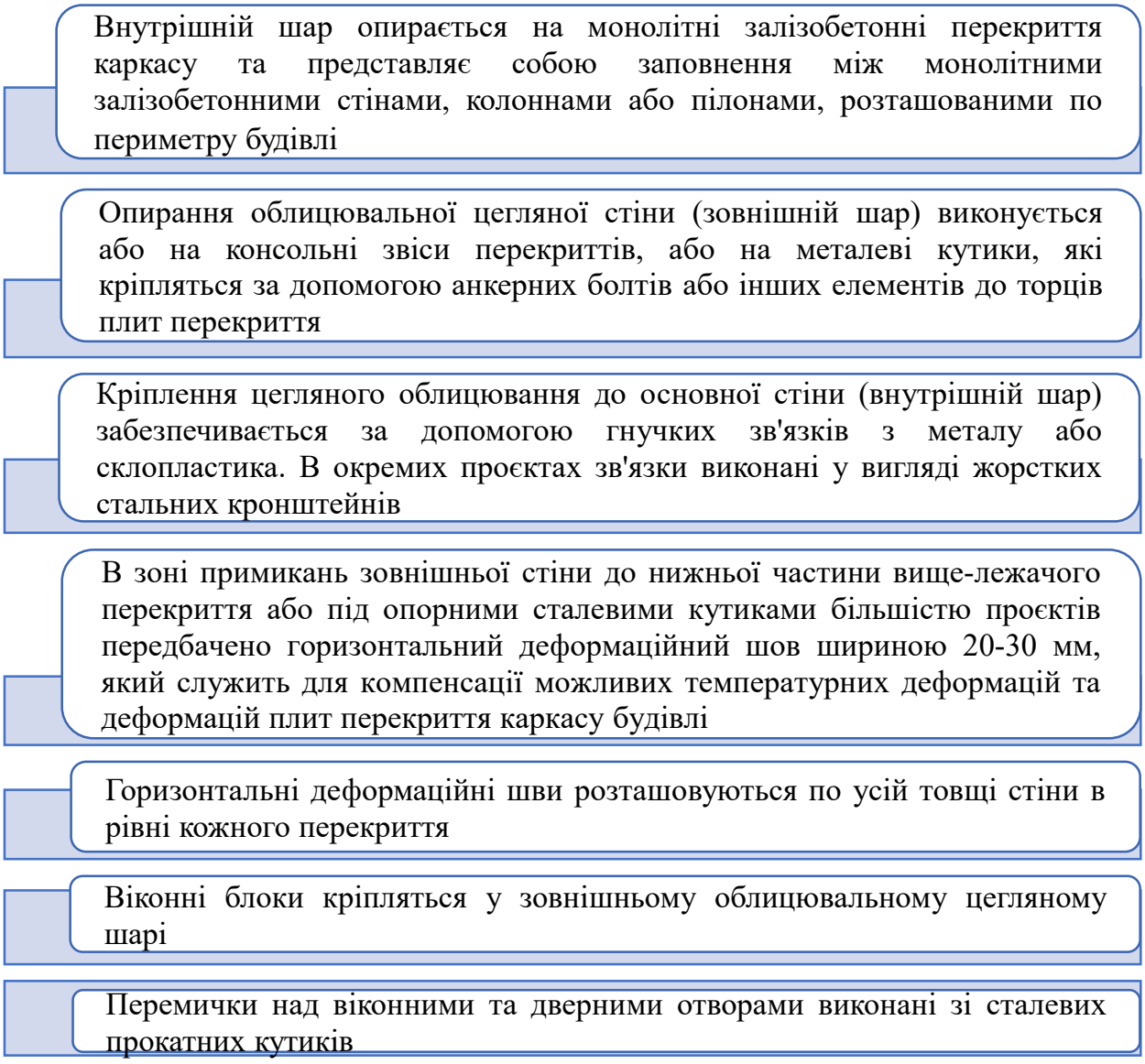


Рисунок 3.7 – Технологічні особливості зведення багатошарових стін

3.3 Наслідки порушення технології монтажу багатошарових теплоізоляційних конструкцій

Також одним з основних факторів, що впливають на експлуатаційну надійність тришарових теплоефективних зовнішніх стін загалом є так званий «людський фактор». Монтаж утеплювача, влаштування повітряного зазору, монтаж гнучких зв'язків – весь комплекс цих робіт стає визначальним для якісного виконання конструкції стіни.



Рисунок 3.8 – Монтаж утеплювача



Рисунок 3.9 – Монтаж утеплювача



Рисунок 3.10 – Монтаж утеплювача



Рисунок 3.11 – Дефекти при монтажі теплоізоляції з оштукатурюванням по сітці

Неналежне виконання стін на стадії монтажу із застосуванням неякісних матеріалів (мінераловатні утеплювачі з підвищеним водопоглинанням, сталеві гнучкі зв'язки при неякісному та недовговічному антикорозійному захисті, недовговічний матеріал для флашингу, опорний столик під облицювальний шар з кутової сталі з великими матеріальними витратами під час проведення майбутнього ремонту через низьку ремонтопридатність цих елементів стіни).

Таким чином, за результатами проведеного аналізу можна зробити висновок, що забезпечення надійності в експлуатаційному відношенні протягом не менше 40-60 років даного типу теплоефективних стін має досягатися за рахунок застосування якісних матеріалів, кваліфікованих кадрів та суворого нагляду під час монтажу.



Рисунок 3.12 – Дефекти влаштування штучних виробів при монтажі теплоефективних стін



Рисунок 3.13 – Непроєктне положення гнучких зв'язків

Проведеними обстеженнями встановлено, що найбільш характерними порушеннями, пов’язаними з виконанням будівельно-монтажних робіт при зведенні монолітних залізобетонних будівель з цегляним облицюванням багатошарових фасадних стін, є:

1. Незадовільна якість кладки зовнішнього та внутрішнього шарів зовнішніх багатошарових стін, а саме відхилення від вертикалі, порушення перев'язки лицевої цегли та технології укладання розчинних швів як за площею заповнення, так і за їх товщиною; наявність розчину кладки в порожнинах щілинної цегли внаслідок застосування цементно-піщаного розчину підвищеної пластичності; виконання кладки з бетонних блоків внутрішньої стіни насухо, без застосування розчину кладки або клейових складів;

2. Непроєктне положення гнучких зв’язків або повна їх відсутність на окремих ділянках зовнішніх стін, відсутність надійного анкерування зв’язків у внутрішньому шарі багатошарової стіни;

3. Порушення при бетонуванні довжини консольних випусків перекриттів за контуром будівлі, що служать для спирання цегляного облицювання та, як наслідок, порушення глибини спирання цегляної облицювальної стінки;

4. Недотримання товщини горизонтальних деформаційних швів під плитами перекриттів або опорними кутками, їх заповнення цементнопіщаним розчином, відсутність якісної герметизації;

5. Неякісне укладання утеплювача із зазорами між плитами утеплювача, відсутність кріплення утеплювача до внутрішнього шару;

6. Недотримання технології покрівельних робіт при влаштуванні металевих покриттів, парапетів, козирків, балконів, наявність зазорів та негерметичних стиків між листами покриття, відсутність надійного закріплення металевих листів на парапетах та козирках, недостатнє винесення конструкцій відливів у отворах та на парапетах будівлі.



Рисунок 3.14 – Дефект укладання утеплювача



Рисунок 3.15 – Обвалення облицювального шару з бетонного каменю і випучування цегляного облицювання будівель

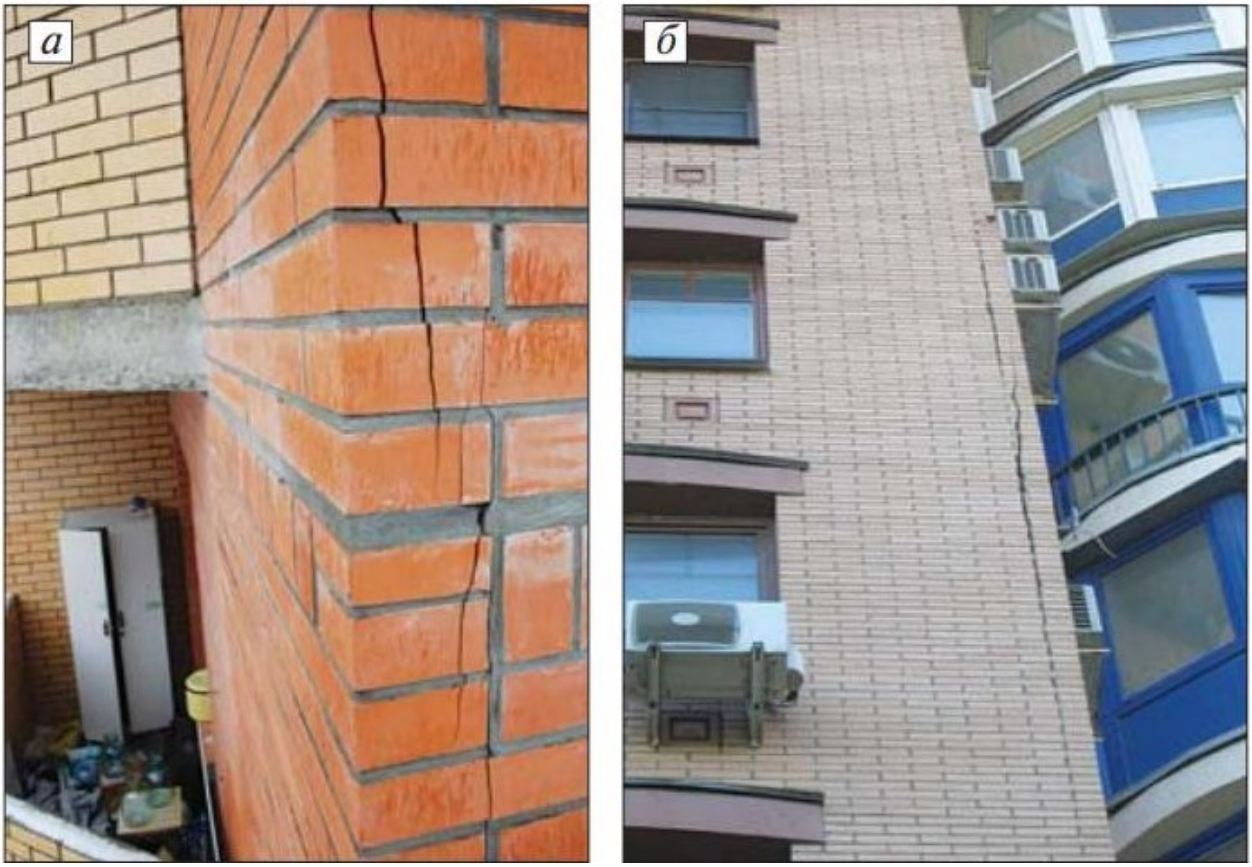


Рисунок 3.16 – Тріщини в облицюванні фасадів зовнішніх стін

Допущені помилки при проєктуванні та зведенні будівель у більшості випадків виявляються після кількох років експлуатації.

Аналіз конструктивних рішень багатошарових фасадних стін обстежених будівель показує, що характерна їх відмінність полягає в характері спирання цегляного облицювального шару. З цієї точки зору всі обстежені об'єкти можна поділити на два типи: зі спиранням облицювального шару на перекриття та зі спиранням на сталеві куточки. Інші конструктивні особливості стін в обох типах спирання можуть бути однаковими.

Таким чином, для уникнення пошкоджень і обвалів цегляної кладки перераховані вище фактори слід враховувати на стадії проєктування, а також передбачити надійний контроль якості влаштування шаруватих зовнішніх стін.

3.4 Рекомендації контролю якості при зведенні житлових будівель з багатошаровими зовнішніми стінами

Сучасні теплоефективні стіни є багатоелементними конструкціями, що знижує їхню надійність з урахуванням ймовірності відмов через велику кількість факторів, що впливають на їхню експлуатаційну надійність і довговічність.

Працездатність і довговічність внутрішнього несучого шару теплоефективних стін дуже висока і перевершує ці показники для моношарових стін. Визначається це тим, що внутрішній шар протягом усього терміну експлуатації об’єкта перебуває під впливом позитивних температур. Матеріал внутрішнього шару не піддається поверхневому замочуванню та осушенню, циклічному заморожуванню та відтаванню у перехідні періоди року. Безвідмовність (збереження працездатності) матеріалу внутрішнього шару всіх видів багатошарових стін перевищуватиме нормативний термін служби будівлі.

У важчих умовах експлуатується зовнішній шар теплоефективних стін

на основі штучних стінових матеріалів, гідрозахисна штукатурка в системах фасадної теплоізоляції, гідрозахисний листовий екран у системах «Вентфасад», відкриті впливу зовнішніх факторів.

У таблиці 3.2 та на рис. 3.17 наведено рекомендації щодо вибору будівельних матеріалів та виробів для теплоефективних зовнішніх стін будівель.

Таблиця 3.2 – Рекомендації щодо вибору будівельних матеріалів та виробів для теплоефективних зовнішніх стін будівель

Найменування матеріалу (елемента) стіни	Фактори впливу на експлуатаційну надійність та довговічність матеріалів окремих елементів стіни	Рекомендації щодо вибору будівельних матеріалів та виробів для теплоефективних стін та їх характеристики
Внутрішній несучий шар		
Вібропресовані бетонні блоки	Фізичне старіння та деструкція матеріалу протягом тривалого часу (не менше нормативного терміну служби будівлі)	М200-М500, F100-F200
Керамічна цегла		М100-М200, F50-F75
Силікатна цегла		М100-М300, F35-F50
Залізобетон на основі важкого бетону		В20 та вище, F100-F200
Автоклавні газобетонні блоки густиною 400,500,600 кг/м^3	Карбонізація, розморожування поверхневого шару при зволоженні	В1,5-В3,5, F15-F35
Теплоізоляційний шар		
Пінополістирол безпресовий, γ=18-25 кг/м^3	Старіння полімерів (пінополістиролу, синтетичних сполучних мінеральної вати); деструкція при старінні мінеральних волокон мінераловатних плит; деструкція при зволоженні та розморо-жуванні внаслідок відмови зовнішнього шару	ПСБ-С, λ_a=0,038-0,041 Вт/м°С, μ=0,05 мг/(м*ч*Па)
Напівжорсткі базальтоволоконні плити		Рагос, Rockwool, Акси, Тизол, γ=35-60 кг/м^3
Базальтоволоконні плити підвищеної жорсткості, γ=100-180 кг/ м^3		Рагос, Rockwool, λ_a=0,035-0,045 Вт/м°С,
Напівжорсткі скловолоконні плити, γ=35-60 кг/м^3		Isover, URSA, λ_a=0,035-0,042 Вт/м°С
Зовнішній облицювальний шар		
Вібропресовані бетонні блоки	Деструктивні процеси при впливі атмосферних опадів,	М100 та вище, F100 та вище

Керамічна цегла	заморожуванні-відтаванні в перехідні періоди	М100 та вище, F50
Об’ємно-фарбована силікатна цегла		М100 та вище, F50
Гідрозахисна штукатурка по сітці	Розтріскування та відшарування штукату-рок внаслідок усадки, перепаду температур, заморожування конден-сатної вологи, старіння арматурних сіток	М50-М150, F50-F75, міцність відриву від основи ≥ 1 МПа, паропроникність≥0,5г/(м*ч*Па)
Елементи захисного екрану у вигляді: - фіброцементних велико-розмірних листів (типу Етерніт, Семстоун, Фаст); - дрібноштучних фіброцементних елементів; -керамограніту	Деструктивні процеси в матеріалі в умовах періодичного замочування-осушення, заморожування-відтавання в перехідні періоди, усадкове короблення фіброцементних листів, руйнування зони контакту кріплення листа шурупом, болтом. Фізичне старіння матеріалу	F100 та вище
Опорні столики під облицювання, гнучкі зв'язки, металофурнітура для захисного екрану		
Опорний столик під облицювальний шар: - з оцинкованої кутикової сталі; - з конструкційного керамзитобетону; - із залізобетону	Відмова оцинкування та корозія металу від дії вологи Розморожування, вилуго-вування та карбонізація бетону захисного шару та корозія арматури	Керамзитобетон класу В25-В35, F50, густиною 1800кг/м^3 Залізобетон класу В15 та вище, F200
Гнучкі зв'язки: - із легованої сталі; - металеві оцинковані; - базальтопластикові; - склопластикові	- ні - відмова захисту та корозія металу від дії вологи - ні - ні	Високоякісна антикорозійна обробка сталевих зв'язків, нержавіючі марки сталей
Металофурнітура для навішування захисного екрану	Корозія металофурнітури при зволоженні мінерало-ватних утеплювачів	



Рисунок 3.17 – Рекомендації щодо впровадження результатів дослідження

ВИСНОВКИ

Вологонакопичення в огороджувальних конструкціях у зимовий період має пряме відношення до їх довговічності лише за наявності наступних умов: збіги в них зони різких коливань температур та зони конденсації, наявність циклів заморожування відтавання. Найбільше цим умовам піддаються тришарові огороджувальні конструкції з ефективним утеплювачем у середині. Такі конструкції вимагають капітального ремонту раніше за встановлений термін їх експлуатації.

При аналізі нормативних документів у галузі теплового захисту та в ході подальшого дослідження було виявлено:

1) Помилки проєктувальників, які не враховують характеру вологого стану стін у зимовий період експлуатації;

2) Проєктні рішення не передбачають відведення вологи із зони конденсації;

3) Порушення технології монтажу та кріплення утеплювача для теплоефективних стін критично знижує термін служби всього об'єкта будівництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондар-Підгурська О. В. Науково-методичні підходи до оцінки енергоефективності як фактора конкурентоспроможності промислової продукції в інноваційній моделі розвитку України. Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки. Кіровоград, 2012. Вип. 22, ч.ІІ. С. 470.

2. ДСТУ 3755-98. Енергозбереження. Номенклатура показників енергоефективності та порядок їхнього внесення у нормативну документацію. [Чинний від 1999-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 1999. 8 с.

3. Енергоефективність як ресурс інноваційного розвитку: Національна доповідь про стан та перспективи реалізації державної політики енергоефективності у 2008 році / С.Ф. Єрмілов, В.М. Геєць, Ю.П Ященко, В.В. Григоровський, В.Е. Лір та ін. Київ : НАЕР, 2009. 93 с.

4. Єрмілов С.Ф. Державна політика енергоефективності в українському та європейському контексті : матеріали VII Міжнародного енергоекологічного конгресу «Енергетика. Екологія. Людина», м. Київ, березень 2007 р. Київ, 2007. С. 133–136.

5. Микитенко В.В. Енергоефективність промислового виробництва : монографія. Київ : Об’єднаний інститут економіки НАН України, 2004. 282с.

6. Рубан-Максимець О.О. Особливості розрахунку показників енергетичної ефективності на базі статистичної звітності України. Проблеми загальної енергетики. Київ, 2009. № 20. С. 21–26.

7. Углубленный обзор политики и программ Украины в области энергоэффективности. Брюссель : Секретариат Энергетической Хартии, 2013. 144 с.

8. Управление энергоэффективностью 2-е издание : справочное руководство. Париж : МЭА, 2011. 71 с.

9. Дешко В.І., Шовкалюк М.М., Шевченко О.М., Шовкалюк Ю.В. Аналіз

нормативів споживання теплоти в Україні та світі. Нова тема. 2018. №2. С. 6– 10.

10. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огороджувальних конструкцій. Київ : Гама - Принт, 2019. 216 с.

11. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель : наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 р. №169. Офіційний вісник України. 2018. № 55. С. 301.

12. Про затвердження Порядку проведення сертифікації енергетичної ефективності та форми енергетичного сертифіката : наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 р. № 172. Офіційний вісник України. 2018. № 55. С. 334.

13. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). Official Journal of the European Communities. 2010. № L153. P. 13-35.

14. ДСТУ Б EN 15217:2013. Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель (EN 15217:2007, IDT). [Чинний від 2014-04-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонрозвитку України, 2014. 44 с.

15. ДСТУ Б EN 15603:2013. Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки (EN 15603:2008, IDT). [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонрозвитку України, 2014. 92 с.

16. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO 13790:2008, IDT). [Чинний від 2013-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонрозвитку України, 2013. 135 с.

17. Праховник А. В., Дешко В. І., Шевченко О. М.. Енергетична сертифікація будівель. Наукові вісті НТУУ «КПІ». 2011. № 1. С. 140–153.

18. КТМ 204 Україна 244-94. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. [Чинний від 1993-12-14]. Вид. офіц. Київ, 1993. 189 с.

19. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2022. 27 с.

20. Ковалко М.П., Денисюк С.П. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України : Українські енциклопедичні знання. Київ, 1998. 512 с.

21. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проєктування. [Чинний від 2018-12-01]. Київ : Мінрегіонбуд України. 2018. 25 с.

22. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. [Чинний від 2023-03-01]. Київ : Мінрегіонбуд України. 2023. 156 с.

23. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Київ : Мінрегіонбуд України. 2011. 135с.

24. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014. Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків. [Чинний від 2015-10-01]. Київ : Мінрегіон України. 2015. 67 с.

25. Про енергетичну ефективність будівель : Закон України від 22.06.2017 р. № 2118-VIII. Голос України. 2017. №134. С. 18.