

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
імені Ю.М. ПОТЕБНИ

КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ  
(повна назва кафедри)

## Кваліфікаційна робота (проект)

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему Удосконалення конструктивного улаштування навісних фасадів  
житлових будівель

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1922-мбг-дн  
спеціальності 192 Будівництво та цивільна  
інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Міське будівництво та  
господарство

(назва освітньої програми)

Пилипенко О. С.

(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к. арх, Сазонова О. Ю.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент проф., д.т.н, Банах В.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

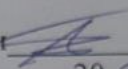
Запоріжжя  
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра міського будівництва і архітектури  
Рівень вищої освіти магістр  
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія  
(код та назва)  
Освітня програма Міське будівництво та господарство

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри   
« 10 » 10 20 23 року

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

Пилипенку Олександрю Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проєкту) Удосконалення конструктивного улаштування навісних фасадів житлових будівель

керівник роботи доц.к.арх. Сазонова О. Ю.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 09 » 10 2023 року № 1578-с

- 1 Строк подання студентом роботи 01.03.2024
- 2 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливість розвинення проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень, передбачувані методи виконання досліджень
- 3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Літературний огляд. Аналіз системи конструктивного облаштування навісного фасаду. Оцінка технічних і технологічних рішень по їх установці. Порівняльний огляд матеріалів, вживаних у фасадних системах навісного типу.

4 Перелік професійного матеріалу (з точними зазначенням обсягів) виконаних курсових Проектних та курсових аналітичних об'єктувань, виконаних іншими дослідженнями, результатами експериментальних досліджень, розробок розробок і з використанням сучасних інформаційних методів дослідження

5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Сазонова О. Ю.		
2	Сазонова О. Ю.		
3	Сазонова О. Ю.		

6 Дата видачі завдання 01.09.2023

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд	01.01	
2	Розділ 1	15.01	
3	Розділ 2	01.02	
4	Розділ 3	15.02	
5	Розробка графічної частини	20.02	
6	Оформлення роботи	25.02	
7	Попередній захист	01.03	

Студент

(підпис)

Пилипенко О. С.

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

(підпис)

Сазонова О. Ю.

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

(підпис)

Гребенюк І.В.

(ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Пилипенко Олександр Сергійович. Удосконалення конструктивного улаштування навісних фасадів житлових будівель.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник О.Ю. Сазонова. Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні ЗНУ, кафедра міського будівництва і архітектури, 2024.

У роботі проаналізована система конструктивного облаштування навісного фасаду. Проведено порівняльний огляд матеріалів, вживаних у фасадних системах навісного типу.

Ключові слова: БУДІВЛЯ, НАВІСНИЙ ФАСАД, ДЮБЕЛЬ, КАРКАСНА СИСТЕМА, МІНЕРАЛОВАТНІ ПЛИТИ, ПОВІТРЯНИЙ ПРОШАРОК.

## ABSTRACT

Oleksandr Serhiyovych Pylypenko. Improvement of the structural arrangement of hinged facades of residential buildings.

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree of higher education in specialty 192 - Construction and civil engineering, supervisor O.U. Sazonova. Engineering Educational and Scientific Institute named after U.M. Potebny ZNU, Department of Urban Construction and Architecture, 2024.

The work analyzes the system of constructive arrangement of the hinged facade. A comparative review of materials used in hinged facade systems was conducted.

Keywords: BUILDING, OVERHEAD FACADE, DOWEL, FRAME SYSTEM, MINERAL PANELS, AIR LAYER.

## ЗМІСТ

	Вступ.....	6
Розділ 1	ТЕХНИКО - ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОБЛАШТУВАННЯ НАВІСНИХ ФАСАДІВ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ.....	8
1.1	Аналіз застосування конструкцій навісних фасадів в Україні і за кордоном.....	8
1.2	Теоретичні основи монтажу конструкцій навісних фасадів...	28
1.3	Висновки по першому розділу.....	31
Розділ 2	ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ, ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ПРИ ВЛАШТУВАННІ ФАСАДНИХ СИСТЕМ.....	33
2.1	Дослідження та оцінка конструктивного пристрою та вузлів кріплення навісних фасадів.....	33
2.2	Дослідження та оцінка матеріалів, які застосовуються в конструкціях НФС для цивільних будівель.....	47
2.2.1	Матеріали для теплоізоляції.....	47
2.2.2	Гідроізоляція фасаду.....	52
2.2.3	Повітряний прошарок як елемент системи НФС.....	57
2.2.4	Облицювальні матеріали.....	59
2.3	Висновки по другому розділу.....	62
Розділ 3	РОЗРОБКА ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ВЛАШТУВАННЯ НАВІСНИХ ФАСАДНИХ СИСТЕМ.....	63
3.1	Пропозиції щодо вдосконалення конструктивного устрою НФС.....	63
3.2	Пропозиції щодо підвищення ефективності виконання робіт з монтажу.....	83
3.3	Оцінка ефективності запропонованих заходів.....	87
3.4	Висновки по третьому розділу.....	90
	Основні висновки.....	92
	Список використаних джерел.....	94

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Впродовж останніх десяти років в Україні проводиться політика, спрямована на зниження енерговитрат і збільшення економії енергоресурсів.

Застосування конструкцій навісних фасадів при облицюванні стін цивільних будівель - один з можливих способів енергозбереження. Крім того, навісні фасадні системи дозволяють підвищити архітектурно - естетичну привабливість будівлі, поліпшити експлуатаційні характеристики і істотно понизити витрати на реконструкцію будівель.

Конструкції такого типу мають ряд істотних переваг : всесезонність монтажу, довговічність, можливість заміни окремих елементів конструкції.

Проте ця технологія далеко недосконала: наявність втрат тепла, викликаних недосконалістю системи кріплення, складнощі при розрахунку будівель з високою поверховістю, пожежонебезпека, недостатня звукоізоляція.

Виявлені недоліки істотно знижують технічні характеристики, і як наслідок термін служби навісних фасадних конструкцій. Тому варто звернути пильну увагу на можливості вдосконалення існуючих конструктивних систем фасадного обгороджування.

Враховуючи вищесказане, можна зробити висновок, що тема магістерської роботи достатня актуальна.

**Мета та завдання дослідження.** Метою роботи є розробка способів, що покращують тепловий захист будівель при застосуванні фасадних систем навісного типу.

**Об'єкт дослідження.** Об'єктом дослідження є конструкція навісних фасадів.

**Предмет дослідження.** Предметом дослідження є способи підвищення теплозахисних характеристик фасадних систем.

**Методи дослідження.** При вирішенні поставлених завдань використовувалися узагальнення та аналіз теоретичних та практичних

досліджень на тему роботи. Системний підхід є методологічною основою всього дослідження та використовується для вирішення більшості поставлених завдань. Аналіз та моделювання використані при виконанні розрахунків.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Проаналізована система конструктивного облаштування навісного фасаду. Модернізована технологія виробництва робіт по монтажу навісних фасадних систем. Уточнена величина трудовитрат при застосуванні способів холодного безшовного наплення.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практична значущість полягає в зниженні матеріальних і трудових ресурсів при облаштуванні фасадних конструкцій шляхом модернізації методики виробництва робіт по їх монтажу.

**Особистий внесок дослідника.** Постановки мети та завдання дослідження. Збір та аналіз даних для проведення дослідження.

**Апробація результатів роботи.** Результати роботи докладалися на III Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» з доповіддю «Теоретичні основи монтажу конструкцій навісних фасаді»[50].

**Структура та обсяг магістерської роботи.** Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, основних висновків, списку використаних джерел містить 99 сторінок, 40 рисунків, 16 таблиць, 50 список використаних джерел.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕХНИКО - ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОБЛАШТУВАННЯ НАВІСНИХ ФАСАДІВ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ

1.1 Аналіз застосування конструкцій навісних фасадів в Україні і за кордоном

Тепловий захист – одна з найбільш важливих характеристик будівлі, що обґрунтовує її енергоємність відповідно до кліматичних умов регіону. Тому в даний час для підтримки об'єму теплонадходів, що нормується, в приміщення повсюдно використовують зовнішню теплоізоляцію огорожуючих елементів.

Дослідження ринку показали, що попит на влаштування ізолюючих оболонок житлових та громадських об'єктів у наступні 5 - 7 років буде тільки зростати (рисунок 1.1).

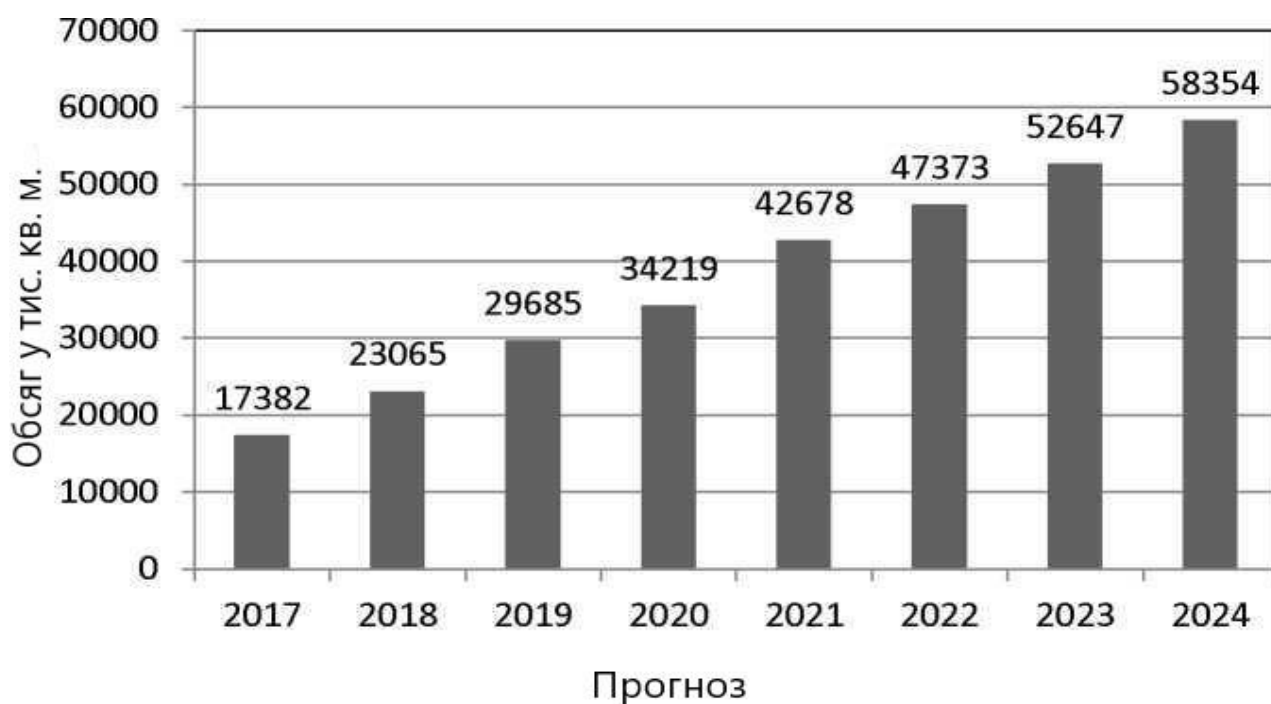


Рисунок 1.1 - Прогнозований ріст пропозицій по використанню навісних фасадів



На сьогоднішній день в Україні та за кордоном відомо понад 20 систем утеплення із застосуванням конструкцій навісного фасаду. Всі ці системи апробовані та знайшли широке застосування при будівництві та капітальному ремонті житлових та цивільних будівель. Принциповий склад кріплення, застосування різного виду облицювального матеріалу, в геометрії несучого каркаса фасаду [32].

На діаграмі нижче (рисунок 1.2) представлено розподіл найпоширеніших конструктивних схем загалом ринку.

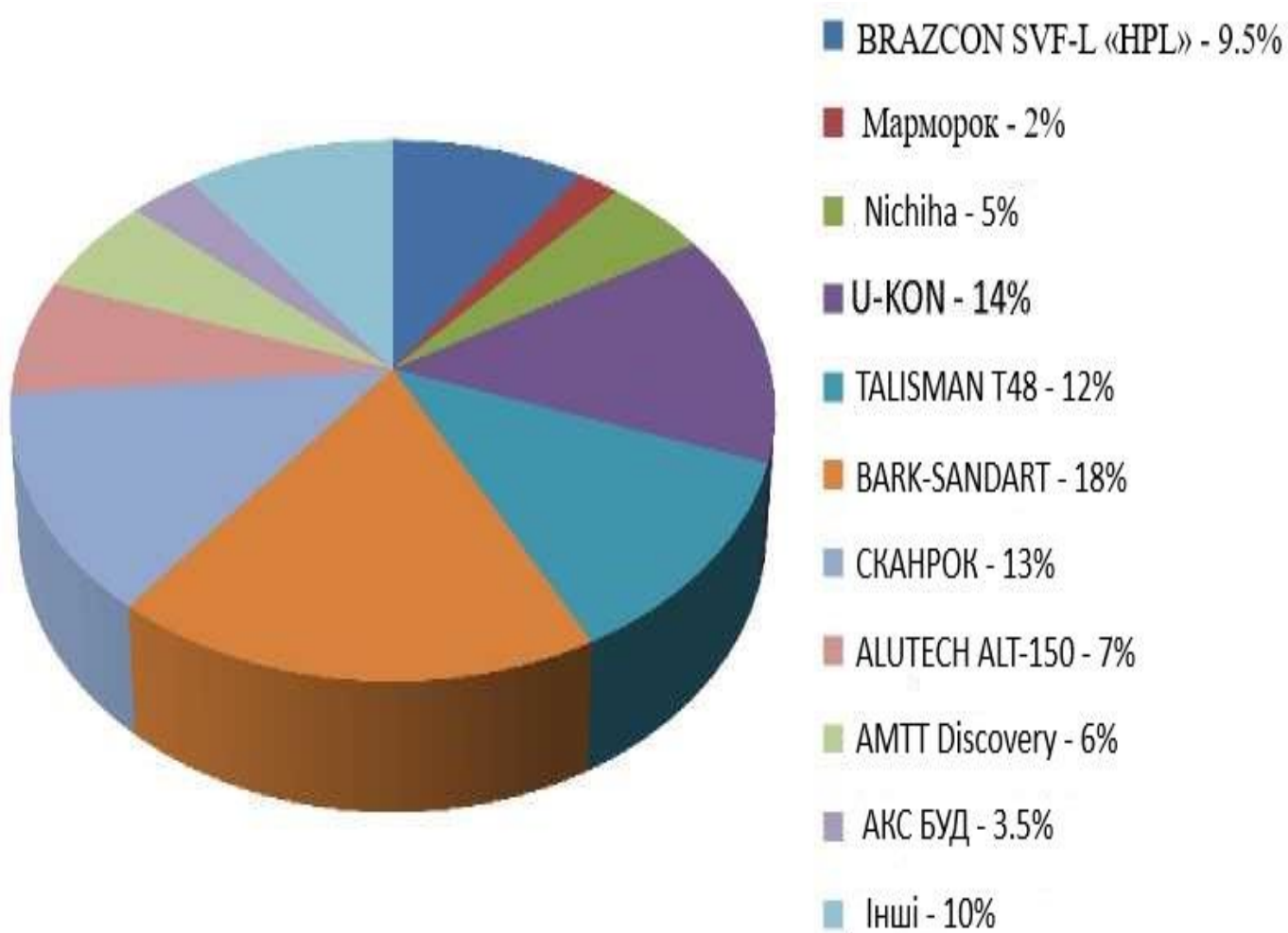


Рисунок 1.2 – Пайове співвідношення підконструкцій навісний теплоізоляції

Система BRAZCON SVF-L «HPL». Каркасна система цієї конструкції складається з основних і проміжних вертикальних і горизонтальних профілів, матеріал конструкцій - алюміній і низьколеговані сталі.

Теплоізоляційний шар є кашовані мінераловатні плити, з'єднані із зовнішньою стіною за допомогою тарілчастих дюбелів.

Зовнішній екран навісного фасаду може бути виконаний з плит природного каменю, керамограніту і сглофібробетона.

При установці облицювальних плит з натурального матеріалу застосовується спеціальна система кріплень : вертикальні полози профілю є пазами для установки облицювання. Інші види облицювального матеріалу кріпляться типовим способом з допомогою кляммерів з алюмінію або нержавіючої сталі.

Особливість цієї системи полягає у формуванні пластики фасаду при монтажі зовнішнього шару на різній відстані і під різним кутом від зовнішньої стіни будівлі і створенні складних архітектурних форм, завдяки спеціальному каркасу і застосуванню плит нестандартних розмірів.

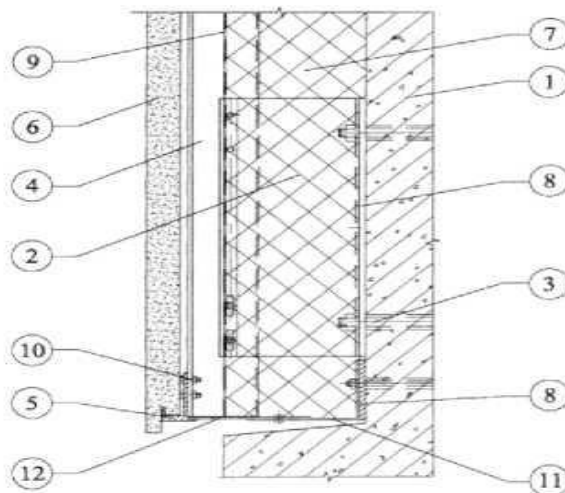


Рисунок 1.3 – Система «BRAZCON SVF-L «HPL»»

- 1 - основа, 2 - кронштейн, 3 - анкер, 4 - вертикальний профіль,  
 5 - горизонтальний профіль, 6 - облицювання, 7 - теплоізоляція,  
 8 - паронітова прокладка, 9 - вітровологозахисна мембрана, 10 - болт,  
 11 - куточок, 12 - перфорована пластина

Система «Марморок». Основою каркаса цієї системи є наступний набір елементів : кронштейни, вертикальні і горизонтальні профілі. На вертикальному профілі з кроком 100 мм розташовані гачки і смужки для кріплення облицювання, шар теплоізоляції фіксується тільки за допомогою зв'язної системи профілів без додаткового кріплення у вигляді дюбелів. Після кріплення профілів каркаса в отримані осередки укладається теплоізолюючий шар. Після кріплення профілів каркаса в отримані комірки укладається теплоізолюючий шар. Потім конструкція накривається вітровологозахисною плівкою і повторно зміцнюється другим шаром каркасу, тим самим забезпечується надійна фіксація шару, що утеплює. Для облицювальних робіт застосовують плитку «Марморок», виготовлену з кам'яної крихти на цементному в'язучому з гідрофобним зовнішнім шаром.

У місці кріплення облицювальна плита має спеціальну складку для надійної фіксації на підставі навісного фасаду.

Особливість цієї системи полягає в різноманітності колірних і конструктивних рішень окремих елементів. Завдяки навісному фасаду такого типу можна обрамляти віконні і дверні отвори, карнизи, шатрові ділянки дахів. Елементи оформлення виготовляються з оцинкованої сталі з полімерним фарбувальним пігментом.

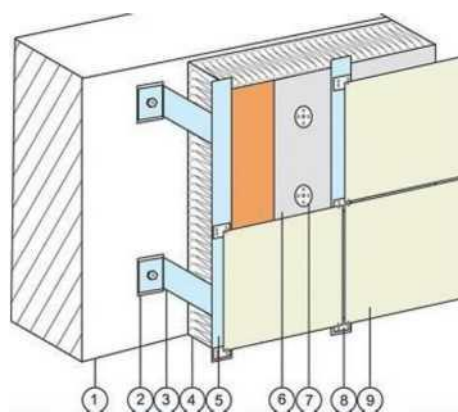


Рисунок 1.4 - Система «Марморок»

- 1 - основа, 2 - паронітова прокладка, 3 - кронштейн з анкерним кріпленням,  
 4 - мінеральна вата, 5 - вертикальний профіль,  
 6 - вітровологозахисна мембрана, 7 - дюбель, 8 - клямер, 9 - керамограніт

Система «Nichiha». Кронштейни і вертикальні профілі складають основу каркаса навісного фасаду, що несе. Залежно від матеріалу вживаних облицювальних елементів існує два типи кронштейнів :

- «С-подібний» із прапорцем;
- «L-подібний».

Також для обходу укосів отворів і кутових стиків плит застосовують спеціальні кронштейни.

Типи вертикальних профілів також різноманітні, в перерізі вони мають відповідний вигляд:

- «L-подібний»;
- «Т-подібний» ;
- «П-подібний»;
- «Е-подібний»;
- з квадратним профілем.

Теплоізоляційний шар представлений мінераловатними плитами із каптованою поверхнею. Вологозахист та утеплювач кріпляться до матеріалу основи за допомогою тарілчастих дюбелів.

Матеріал облицювальних покриттів досить широкий: фібробетон, касетні панелі, алюмінієві листи, природні матеріали.

Способи кріплення облицювання суттєво різняться: для кріплення листів фібробетону застосовують саморізи або заклепки з оцинкованої сталі, касетні панелі кріплять за допомогою втулок на елементи вертикального каркасу, алюмінієві листи – клепами на спеціальний вертикальний профіль П-подібного перерізу, а граніт та інші природні. допомогою клямерів відкритим або закритим способом.

Відмінна риса даної конструкції полягає в наступному - завдяки застосуванню в облицюванні металевих листів існує можливість вигинати та вирізати різні архітектурні форми.

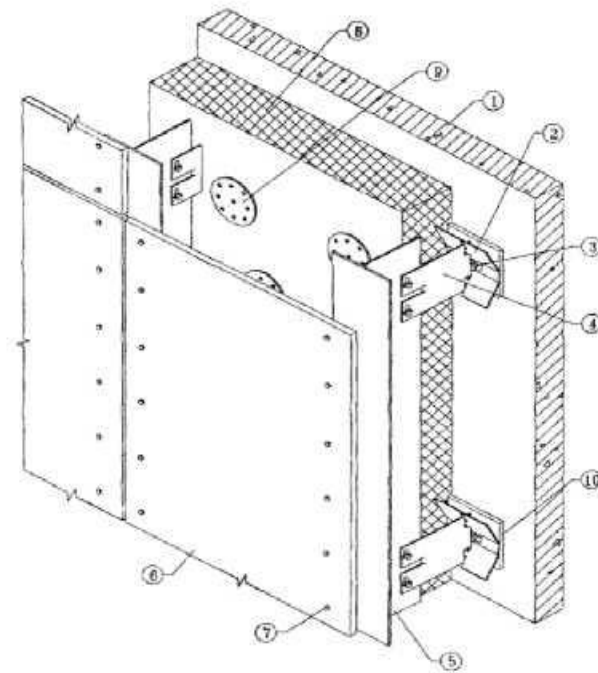


Рисунок 1.5 - Система «Nichiha»

1 – основа; 2 – «С-подібний» кронштейн з прапорцем; 3 – паронітова прокладення, 4 - кляммер, 5 - горизонтальний профіль, 6 - фасадна плита, 7 - дюбель, 8 - утеплювач, 9 - паронітове прокладання

Система «U-KON». Кріпильна система представлена профілями, кронштейнами, санчатами та дренажами, виконаними з нержавіючої сталі. Принципова конструктивна схема має такий вигляд: вертикальні профілі монтується за допомогою кронштейнів на стіну будівлі, що несе, горизонтальні - за допомогою клепочного механізму.

Для цієї зміни навісного фасаду використовують три види кронштейнів:

- здатні сприймати власну вагу;
- враховуючи вітрові навантаження на фасад;
- які сприймають горизонтальне навантаження листів облицювання, що дозволяють враховувати температурні деформації профілів за зміни умов навколишнього середовища.

Санки застосовуються для можливості здійснення «усадкового руху» конструкції при жорсткому закріпленні профілів.

Залежно від матеріалу та способу кріплення облицювання застосовуються вертикальні профілі П-подібного та двотаврового перерізів.

Для лицьової частини фасаду застосовують композитні матеріали (листи) марок Alucobond і Dibond з різною зовнішньою поверхнею, а також листовий метал, керамограніт. Встановлення облицювальної поверхні здійснюється за допомогою притискних профілів або заклепок.

Унікальність даного виду навісного фасаду у можливості виготовлення об'ємних конструкцій будь-якої складності завдяки фрезеруванню та згину композитних панелей.

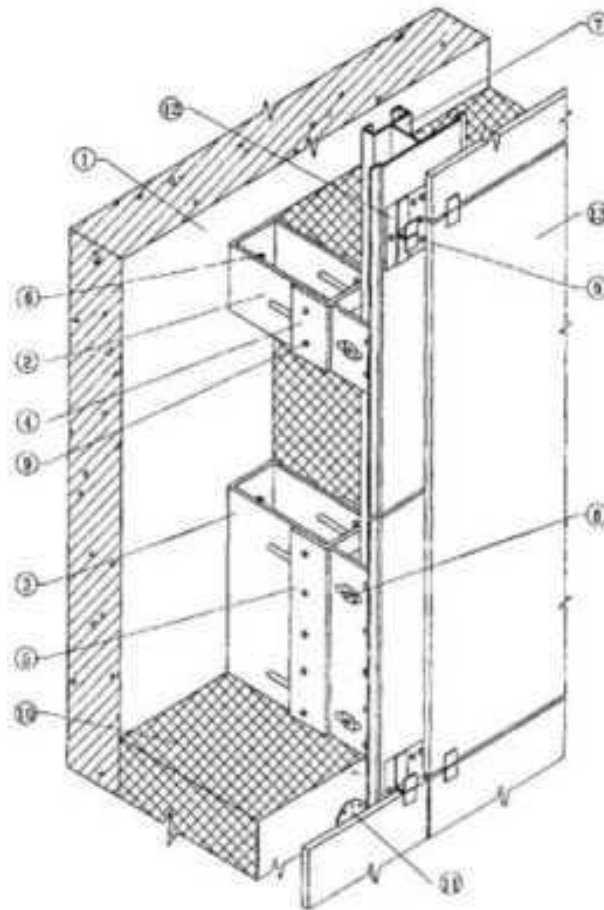


Рисунок 1.6 - Система «U-KON»

- 1 - основа, 2, 3 - П-подібний профіль, 4 - вертикальний профіль, 5 - пластина,  
6 – болт, 7 – вертикальний профіль, 8 – дюбель, 9 – анкер, 10 – утеплювач,  
11 - паронітове прокладання, 12 - санки, 13 - натуральний камінь

Системи «TALISMAN T48» і «BARK-SANDART». Відсутність горизонтальних профілів у конструктиві навісного фасаду відрізняє цю систему від решти систем.

Зовнішні плити фасаду кріпляться на вертикальні профілі за допомогою пружного ущільнювача з морозостійкого каучуку, крім вертикальних та касетних панелей. Система кріплення може бути як відкритою за допомогою клямерів, так і прихованою – за допомогою саморозпірних гвинтів, встановлених у скоби профілю. Також можливий спосіб навішування фасадів характерний для касетних панелей облицювання.

Матеріал кріпильних деталей – пресований алюміній або алюмінієвий лист.

Способи обробки фасаду :

- керамограніт;
- плити з фібробетону з напленням крихти з натурального каменю;
- алюмінієві панелі;
- багат шарові алюмо-пластикові матеріали;
- касетні панелі.

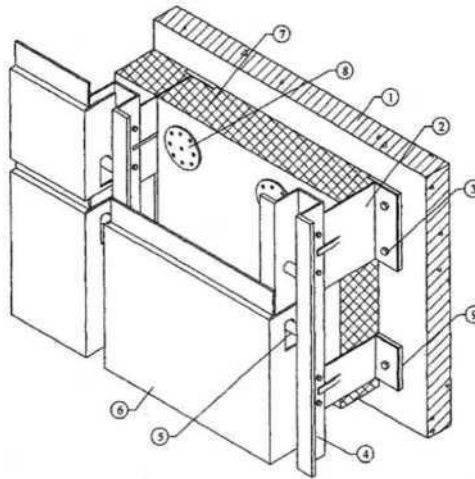


Рисунок 1.7 - Системи «TALISMAN T48» і «BARK-SANDART»

- 1 - основа, 2 - скоба профілю, 3 - саморозпірний гвинт, 4 - вертикальний профіль, 5 - навішуючий механізм, 6 - панель, 7 - утеплювач, 8 - паронітове прокладання

Система «СКАНРОК». Особливістю даного типу навісного фасаду є застосування в облицювання плит із пресованих волокнисто-цементних в'язучих. Дані матеріали випускаються двох видів з гладкою зовнішньою поверхнею у різноманітних колірних рішеннях та з натуральною кам'яною крихтою, створюючи поверхню природного матеріалу.

Установка плит здійснюється на каркас із вертикальних та горизонтальних профілів за допомогою саморізів та заклепок через гумову прокладку. Перетин горизонтального кріплення може бути "Г-подібне" або "П-подібне", вертикальне кріплення виготовляється цілого або половинчастого типорозміру, також виробляють спеціальні фасонні частини для кутового з'єднання, укосів, зливів та прорізів.

Основні вимоги системи:

- елементи вертикального кріплення не повинні з'єднуватися між собою;
- кромки облицювальних плит повинні збігатися зі стиками каркасу по висоті;
- шви, утворені при монтажі фасадів на стиках стін, закриваються металевими накладками у кольоровій гамі облицювальних плит.

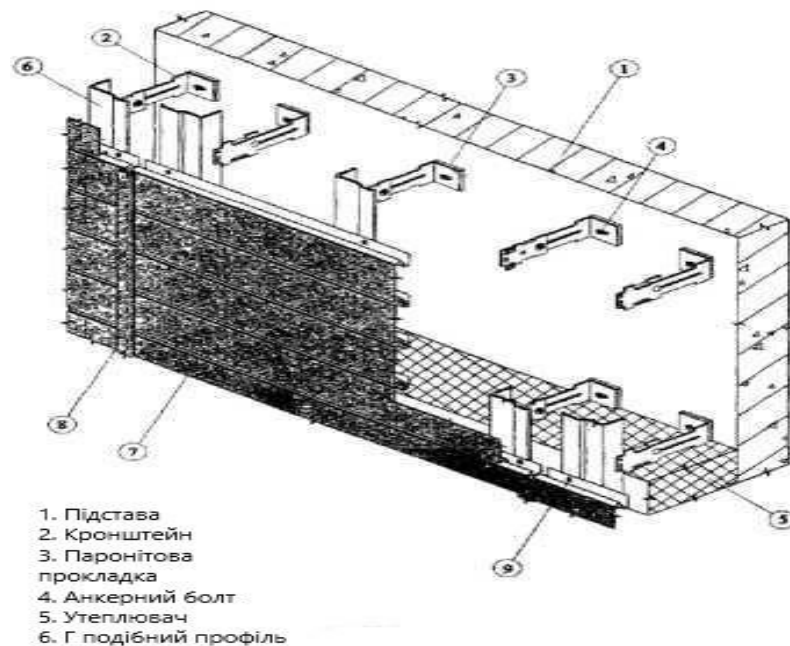


Рисунок 1.8 - Система «СКАНРОК»



Система «ALUTECH ALT-150». Унікальність конструкції полягає у відсутності таких кріпильних елементів як: кронштейни та горизонтальні профілі, замість них основне навантаження приймають він анкерні шпильки з різьбленням, вмонтовані в зовнішню стіну за допомогою дюбеля. При кріпленні шару, що утеплює, використовують пластину - шайбу з морозостійкої гуми, а на вільному кінці шпильки розташовується фігурна пластина з гайкою, до якої болтами приєднується вертикальний профіль. Плити облицювання монтується на гачки вертикального каркасу. Щоб уникнути перевищення проектного зусилля, при монтажі системи використовується захисна втулка.

При встановленні навісного фасаду такого типу на об'єктах складної архітектури додатково використовуються різні металеві кріпильні вироби в місцях примикання балконів, лоджій і парапетів.

Матеріал облицювальної складової фасаду виготовляється з дрібнозернистого бетону з гідрофобним покриттям [22].

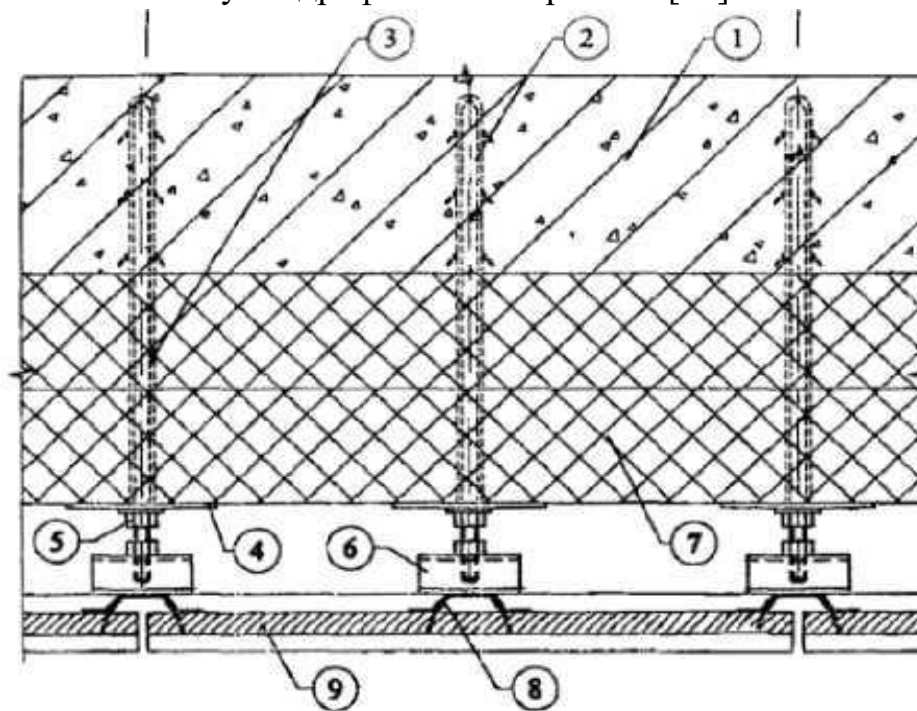


Рисунок 1.9 - Система «ALUTECH ALT-150»

1 - основа, 2 - анкерна шпилька, 3 - дюбель, 4 - шайба, 5 - пластина,  
6 - вертикальний профіль, 7 – утеплювач, 8 – втулка, 9 – фасадна плита

За результатами проведеного аналізу виявлено відмінні риси основних 7 конструктивних схем навісного фасадного утеплення, які представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Переваги та недоліки найпоширеніших в Україні конструкцій навісного утеплення

Найменування конструктивної	Переваги	Недоліки
BRAZCON SVF-L «HPL»	Можливість різнорівневого монтажу конструкцій (створення пластики фасаду)	Висока металоємність каркаса
Марморок	Міцне кріплення облицювального шару «шип-паз»	Відсутність металовиробів при установці утеплювача
СКАНРОК	Застосування відходів деревообробної промисловості при виробництві облицювального матеріалу	Складнощі при монтажі (необхідне щільне прилягання елементів облицювання)
Nichiha	Різноманітність елементів підконструкцій (кронштейнів, профілів)	Трудомісткість кріплення облицювального шару (заклепки, втулки, клепки)
U - KON	Можливість виготовлення об'ємних конструкцій будь-якої складності	Імовірність неміцного з'єднання металокаркасу
«TALISMAN T48» і «BARK-SANDART»	Легкість при заміні окремих елементів облицювання завдяки механізму навішування	Підвищена пожежна небезпека (облицювання - алюмо-пластиковими матеріалами)
ALUTECH ALT-150	Жорстке закріплення каркасу в товщі огорожі	Підвищене навантаження на зовнішню стіну та основу будівель

Розглянувши більш детально теплотехнічні характеристики систем, було зроблено висновок, що значення термічних опорів конструкцій, що захищають - як головного критерію теплового захисту будівель - чисельно рівні і здатні змінюватись в залежності від умов експлуатації будівельних об'єктів.

Конструкції підвісного типу для облицювання зовнішніх стін будівель житлового та цивільного будівництва з'явилися в Європі на рубежі 19 - 20 століть. Постійно удосконалюючись і модернізуючись, вони набули сучасного дизайну та простого у виконанні, але досить міцного конструктиву.

Одним із яскравих представників виробництва та широкого застосування навісного фасаду у будівництві та реконструкції будівель є Німеччина. Більше 75% зовнішнього утеплення усієї Європи посідає ФРН (рисунок 1.10).

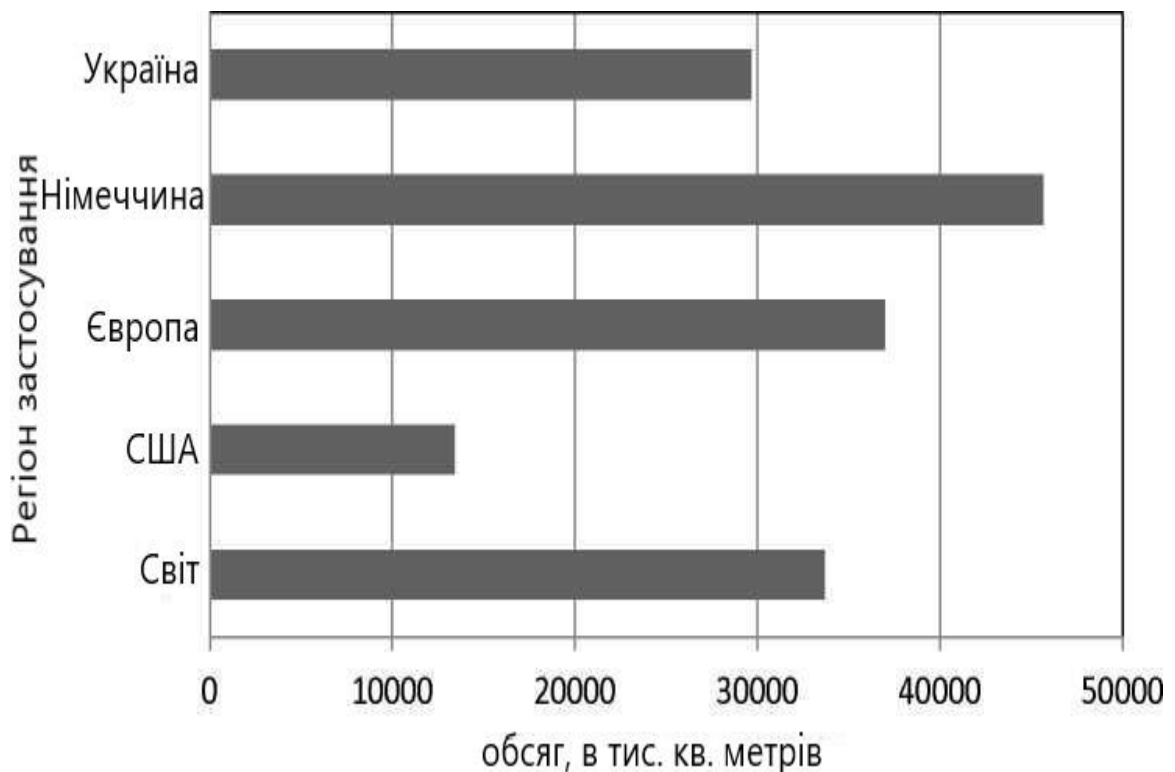


Рисунок 1.10 - Об'єм реалізації навісного утеплення на світовому ринку

Німцями розроблено величезний варіаційний ряд фасадів навіснотипу, що мають підвищені теплотехнічні характеристики [50].

Особливість даного виду облицювання - отримання безшовного оштукатуреного фінішного оздоблення, що приховує всі нерівності основи. Це досягається завдяки застосуванню особливої каркасної системи, що складається з шарнірно-анкерних сполук, що дозволяє долати будь-які шорсткості.

Така конструкція є екологічно безпечною, так як фасадна плита виготовлена з вторинної сировини з подальшим покриттям органічною штукатуркою, а в якості шару, що утеплює, застосовується минвата.

Система Sto Ventec Fassade застосовується для всіх типів основ зовнішньої стіни: цегляна кладка, панельні блоки, дерев'яні колоди, камінь.

Основні переваги:

- висока паропроникність;
- опірність впливу мікроорганізмів;
- тріщиностійкість;
- підвищення звукоізоляцію.

Зовнішній шар фасаду може бути представлений великим спектром матеріалів: кераміка, скляна мозаїка, профільовані листи, декоративні штукатурки на органічні смоли.

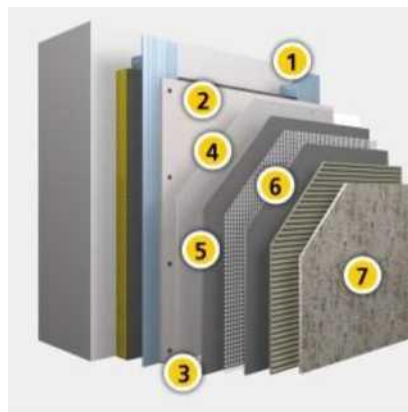


Рисунок 1.11 - Система «Sto Ventec Fassade»

- 1 - металокаркас; 2 - несуча плита; 3 - гідроізоляційний шар; 4 - ґрунтовка,  
5 - армуючий склад, 6 - армуюча сітка, 7 - фінішна штукатурк

Система «Sto Therm Classic». Безцементна система з утеплювачем з пінополістиролу має високі акумулюючі характеристики, сприяючи тривалій затримці тепла в житлових та адміністративних будівлях.

У зв'язку з відсутністю у складі конструкції мінераловмісних речовин її межа міцності зростає в 10 разів у порівнянні з мінеральними системами. Маючи підвищену еластичність, виникнення тріщин і розшарування практично неможливо.

У зв'язку з підвищеними вимогами до пожежної безпеки фасадів застосування в якості теплоізолюючого шару листового пінополістиролу дозволяє запобігти спалаху.

Згідно з проведеними незалежними дослідженнями було виявлено, що система має великий термін служби, після 21 року експлуатації вона збереглася у практично первозданному вигляді без істотних змін.

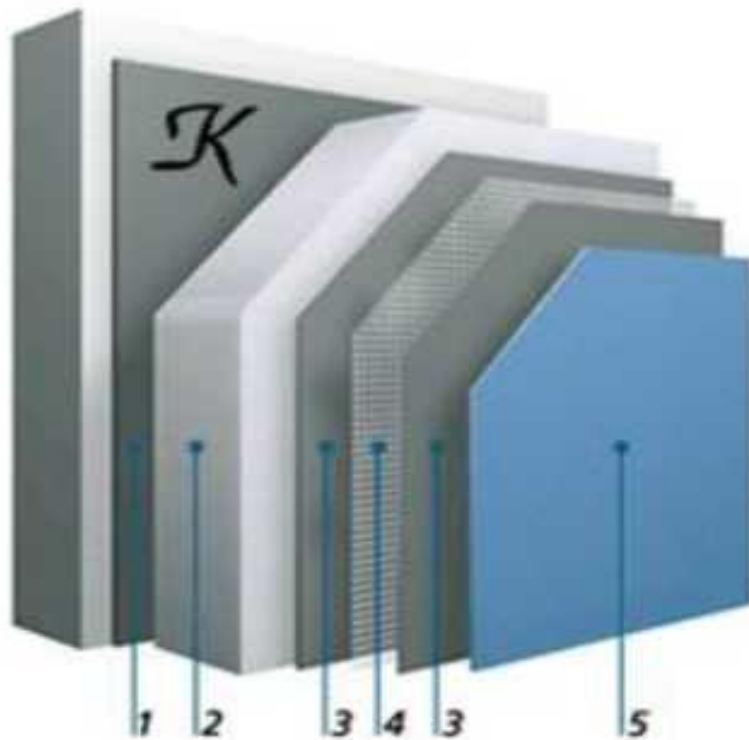


Рисунок 1.12 - Система «Sto Therm Classic»

- 1 - мінеральний розчин, що клеїть, 2 - пінополістирол, 3 - армуючий розчин,  
4 - армуюча сітка, 5 - мінеральна фінішна штукатурка

Система «Sto Therm Vario». Унікальність даної конструкції полягає у застосуванні полістиролу в якості утеплювача, а також наявності мінерального армуючого шару, що наноситься поверх ізоляції для покращення її властивостей та перешкоджаючи спалаху.

Спосіб кріплення також відмінний від стандартної методики монтажу: в якості кріпильних елементів конструкції застосовують склосітку, пов'язану з каркасом, завдяки застосуванню порошкоподібних клеючих складів марки Sto Levell Uni. Застосування спеціальних розчинів дозволяє механізувати процес монтажу та скоротити часові рамки, оскільки клеї та фасадні розчини наносять машинним способом.

Крім того, способами встановлення є: дюбелювання та застосування спеціальних гумових шин для проблематичних основ.

Зовнішня обробка представлена використанням водовідштовхувальних органічних штукатурок.

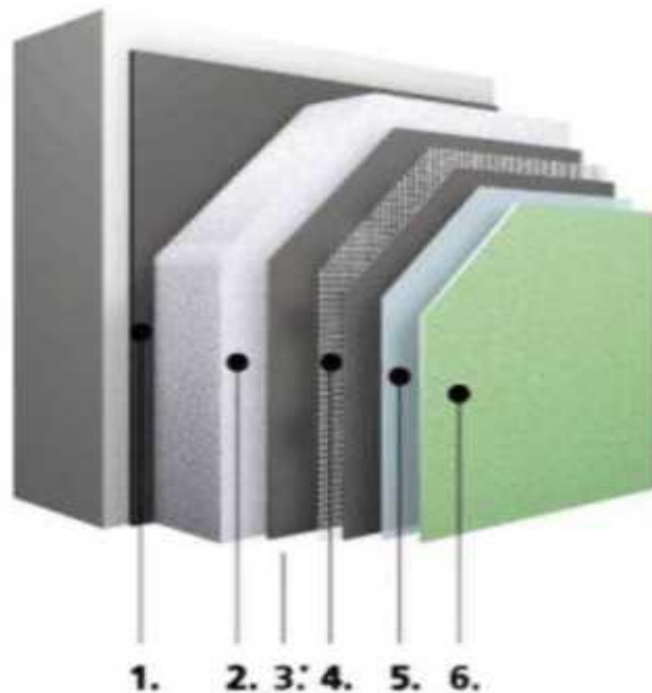


Рисунок 1.13 - Система «Sto Therm Vario»

1 - мінеральний розчин, що клеїть, 2 - пінополістирол, 3 - армуючий розчин, 4 - армована сітка, 5 - силікатне проміжне покриття, 6 - фінішне покриття

Безшовні системи «Kreisel TURBO - WSO і WSISI». Фасадні системи такого типу відрізняються своєю суцільністю та водовідштовхувальними властивостями, що дозволяє застосовувати їх при будівництві чи реконструкції будівель, розташованих у кліматичних зонах із підвищеною вологістю.

Матеріал теплоізоляції – мінеральна вата, представлена у вигляді плит або ламелей.

Відмінні риси конструкції:

- висока стійкість до старіння;
- еластичність;
- брудостійкість;
- стійкість до дії біологічних організмів;
- підвищена міцність.

Також виробництво робіт з монтажу систем істотно скорочується у зв'язку з відсутністю шару ґрунтовки на зовнішній стіні будівлі.

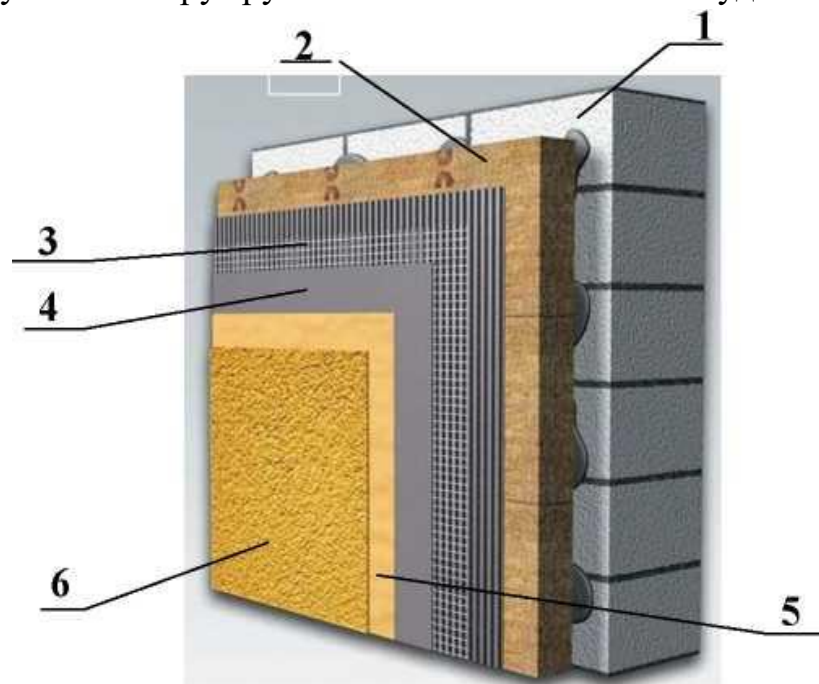


Рисунок 1.14 - Система «Kreisel TURBO - WSO і WSISI»

- 1 - кладка з пористих блоків, 2 - мінеральна вата, 3 - армуюча склосітка, 4 - клейовий склад, 5 - ґрунтовка, 6 - силікатна штукатурка

Типове застосування конструкцій навісних фасадів пов'язане зі скороченням енергоспоживання та зниженням навантаження на систему опалення для країн, більша частина територій яких знаходиться в зоні помірнього клімату. Однак можливості застосування зовнішньої обробки такої конфігурації використовуються і для країн з тропічним та субтропічним кліматом, що дозволяє знизити навантаження на систему кондиціонування повітря у приміщеннях та забезпечити ефективну вентиляцію. Країнами, що використовують передові технології в галузі зовнішнього оздоблення такого типу, є ОАЕ, Індія, країни Перської затоки та Катар [49] (рис. 1.15).



Рисунок 1.15 - Попит на влаштування навісних вентиляційних систем у країнах Азіатсько-Тихоокеанського регіону

В екстремально жарких кліматичних умовах основний упор при розробці проекту навісного фасаду робиться на запобігання потраплянню сонячного світла до приміщення та підвищення енергоефективності будівель. Часто система затінення стає зовнішнім шаром гібридної системи фасаду



замість облицювальних плит, що застосовуються у традиційних конструкціях.

Основні складові фасаду: металевий каркас, заслінки, зовнішній ґратчастий або скляний екран і повітряний прошарок (буфер), що дозволяє уповільнювати теплопередачу між конструкціями будівель, що захищають, і зовнішнім повітрям.

Зміна напрямку руху повітряного потоку, а також зниження кількості забруднюючих речовин у повітрі приміщення забезпечується системою заслінок, які застосовуються для використання в години пікового дорожнього руху або змін погодних умов. Навісний фасад забезпечує захист пристроїв сонячного затінення, які піддаються впливу погодних умов, що дає можливість проектувати жалюзі та системи затінення з гнучким механізмом. Це дозволяє знизити вимоги до очищення та зносу механічних компонентів, тим самим забезпечуючи міцність та довговічність фасаду.

У зв'язку з кліматичними особливостями таких країн, як ОАЕ та Катар, їхній клімат відрізняється надзвичайною вологістю, при проектуванні облицювальних систем застосовують методику «подвійного конверту». Вона полягає в наступному: зовнішній шар скління замінюється на решітчастий екранний елемент, а збереження внутрішнього скління конструкцій, що захищають здійснюється за допомогою створення буфера, що знижує теплообмін.

При розробці проектних рішень навісних елементів використовують дві основні методики: організація витяжної фасадної системи та застосування машрабію як зовнішній облицювання.

Організація витяжної системи. При використанні буферної витяжки зовнішній шар фасаду закривають, при цьому утворюється широкий повітряний коридор. Простір, що утворився, використовується для «згладжування» температурних екстремумів і може бути частиною системи кондиціонування. Крім того, відкритий характер зовнішнього шару нового типу екрану, який розташований на відстані 1,0 м - 1,5 м від первинної стіни,

що не несе, що полегшує доступ для внутрішнього очищення конструкції від піску.

Типові висотні офісні будинки зводяться кластерно, затінюючи одна одну. У зв'язку з цим розроблено унікальні подвійні фасади, дія яких забезпечує затінення будівель без втрат тепла. Цей метод у поєднанні з відносно великою площею скління у верхньому шарі покриття перешкоджає передачі тепла та сонячної енергії. Основою системи є традиційна машрабія, яка є дерев'яним ґратчастим екраном, що забезпечує циркуляцію повітря, перешкоджаючи проникненню сонячного світла. Такі системи спільно з комплексом навісних стінок як внутрішній шар забезпечують високий захист від сонячних променів. Шари розділені широким повітряним коридором для забезпечення вільного доступу повітря для природного охолодження елементів конструкцій. Зовнішній шар затінення є або фіксованим або рухомим.

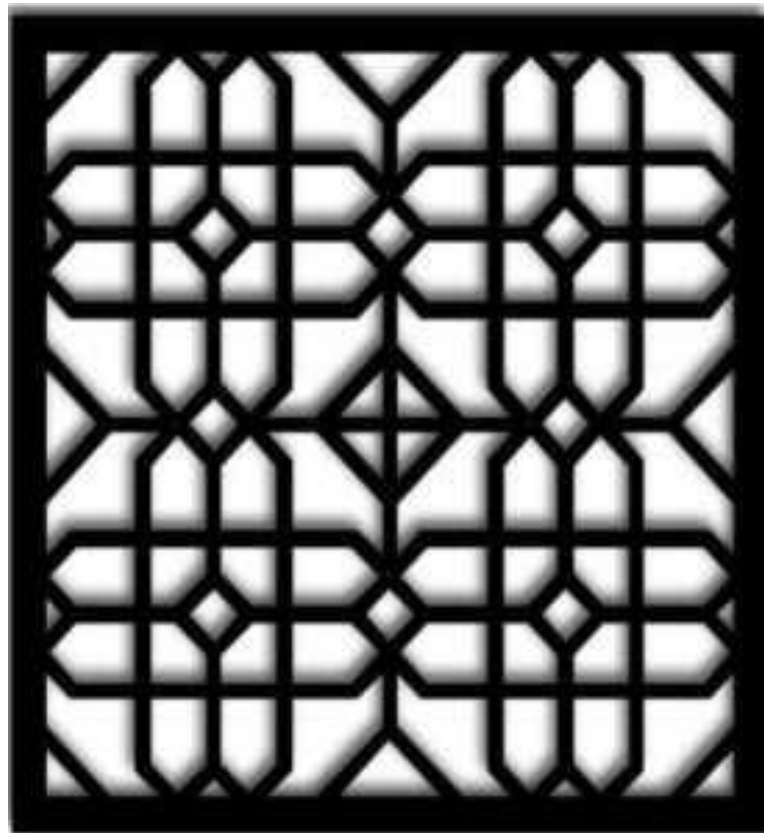


Рисунок 1.16 - Елемент машрабію

Прикладами застосування таких систем є:

Вежа Доха (Катар). У фасаді вежі використовується фіксований екран як зовнішній шар, що складається з чотирьох алюмінієвих елементів - «метеликів» різного розміру, щоб показати геометрично складний малюнок, при цьому слугуючи захистом від сонця. Структура облицювання змінюється в залежності від орієнтації та відповідних потреб у сонячному захисті. За потреби можна припинити потрапляння сонячного світла до приміщення, наглухо закривши алюмінієвий екран. Внутрішній шар є скляною поверхнею і завершує сонячний захист фасаду. За прогнозами, дана система знизить навантаження на систему кондиціонування на 20%.

Башти Аль-Бахар в Абу-Дабі. Зовнішній шар фасаду є запрограмованою системою з комплексу напівпрозорих парасольок, оскільки він здатний відкриватися і закриватися відповідно до щоденної траєкторії сонця. Кожна з двох веж включає понад 1000 таких пристроїв затінення. Кожен блок складається з розтягнутих ПТФЕ (полі-тетра-фтор-етилен) панелей і рухається лінійним приводом, які поступово відкриваються і закриваються один раз на день за раніше запрограмованою схемою. Вся установка захищена різними датчиками, які відкривають блоки у разі хмарних умов чи сильних вітрів.

Переваги даної системи включають: покращення проникнення денного світла, зменшення залежності від штучного освітлення та більш ніж на 50% зменшення коефіцієнта поглинання сонячної енергії.

Клініка Клівленда (Абу-Дабі). Дана конструкція є варіацією витяжної системи навісного фасаду. Подвійна порожнина фасаду відкрита зверху вниз і створює "дихаючий" ефект. Механічна підлога в нижній частині лікарні дозволяє прохолодному повітрі з лікарняних приміщень проникати між «шаруватою» конструкцією стіни, яка нагріває його, у зв'язку з чим вона піднімається вгору та видаляється через дах. Ця вихлопна система створює захисний бар'єр між зовнішнім повітрям та внутрішньою частиною будівлі. Така конструкція дозволить знизити витрати на охолодження будівлі приблизно на 33% через зменшення роботи системи кондиціонування.

Внутрішній шар системи є стандартною герметичною прямолінійною несучою стіною. Трубчасті сталеві ґрати, що підтримують зовнішній шар скління, фіксуються рукоятками, з'єднаними з конструкцією будівлі.

## 1.2 Теоретичні основи монтажу конструкцій навісних фасадів

Навісний фасад - система елементів, укріплених на зовнішній огорожі будівель та споруд і що складається з каркасу, утеплюючого та водонепроникного шарів та облицювання.

Існує кілька способів монтажу навісних фасадів в залежності від елементів конструкції, що застосовуються, проте в основі кожного з них лежить загальноприйнята і апробована методика.

Спочатку необхідно провести підготовчі роботи з підготовки фасаду будівлі до монтажу. Для цього всю площу покриття фасаду розбивають на захватки для зручності монтажу, а також для виборних виборних засобів і такелажного інвентарю. Після цього роблять очищення фасаду будівлі від попередніх шарів зовнішньої обробки (штукатурки, фарби) за їх наявності; при руйнуванні цегляної чи кам'яної кладки її необхідно відновити. Крім того, слід демонтувати спеціальні пристрої, розташовані на зовнішніх стінах: вивіски, зливи, антени та різні кріпильні елементи.

Монтаж навісних фасадів здійснюється на зовнішні стіни будівель, виконаних з керамічної цегли або блоків з легкого бетону із залізобетонним чи металевим каркасом. Перед монтажем систем необхідно провести документальне приймання фасадів будівлі та скласти відповідний акт про приймання. Для цього необхідно перевірити товщину вертикальних або горизонтальних швів, а також правила перев'язки цегляної або блокової кладки, наявність температурних та деформаційних швів, вертикальність граней. За наявності дефектів у бетонуванні стін, наявності сколів, нещільностей або порожнеч в конструкціях, що захищають, оголенні арматури монтаж навісних фасадів неможливий.

Процес монтажу супроводжується складанням актів на приховані роботи та контролем якості виконуваних робіт.

По закінченню підготовки фасаду до монтажу навісних конструкцій потрібно здійснити розмітку кріпильних елементів. Розмітка проводиться за допомогою рівня, теодоліту та схилу. Установка кронштейнів та профілів кріплення може здійснюватися як знизу вгору, так і зверху вниз в межах захватки, при застосуванні будівельних риштувань для монтажу конструкцій розмітку роблять по фронту риштувань. Для відповідності розмітки на кожній захватці застосовують заздалегідь винесені контрольні точки (маяки) на фасаді зведення.

Роботи з монтажу можуть виконуватись як послідовним, так і паралельним потоками. Встановлення огорожувальних конструкцій необхідно виконувати за температури зовнішнього повітря від мінус 15 до плюс 30 °С в одну або дві зміни. Відповідно до ТТК одночасно монтаж можуть проводити кілька ланок по чотири - п'ять осіб у ланці.

Розміщення конструкцій навісних фасадів здійснюється у кілька етапів:

#### 1. Встановлення кронштейнів.

Опорні елементи фасаду монтуються відповідно до розмітки за допомогою дюбелів за допомогою анкерних гвинтів. Величина заглиблення анкера у зовнішню стіну залежить від матеріалу несучих конструкцій. Необхідно застосовувати дюбелі з коефіцієнтом надійності на вирив - не менше 5. Монтаж кронштейнів у шви кладки проводити забороняється. Щоб уникнути утворення «містків холоду» в товщі конструкції, місце кріплення дюбеля прокладається паронітовою прокладкою.

#### 2. Монтаж теплоізоляційних плит

Прокладання шарів теплоізоляції проводиться знизу на суху стіну. Плити встановлюються щільно один одному з перев'язкою швів, щоб уникнути виникнення порожнин. При неможливості щільного дотику пропуски, що виходять, прокладають тим же теплоізоляційним матеріалом, що і плити. Спочатку плиту теплоізоляції кріплять двома дюбелями

тарілчастого типу. Після цього прокладають шар вітровологозахисної плівки з нахлестом 100мм. По закінченню гідроізоляційних робіт плити теплоізоляції скріплюються дюбелями із основою зовнішньої стіни згідно проекту. Види теплоізоляції, що застосовується у конструкціях навісних фасадів, повинні відповідати марці НГ.

### 3. Монтаж напрямних профілів.

Встановлення профілів здійснюється в межах проектних позначок, їх положення щодо поверхні зовнішньої стіни перевіряється за допомогою теодоліту, рівня та схилу. Крім того, необхідно виконати заходи щодо антикорозійної захисту в місцях кріплення профілів.

### 4. Встановлення фасонних елементів.

Відливи та укуси до віконних та дверних отворів, парапетів та цоколю встановлюються до монтажу облицювальних плит. Також у віконних та дверних отворах монтується протипожежні коробки.

### 5. Облицювання фасаду.

Роботи з облицювання є завершальним етапом монтажу навісного фасаду. Матеріали для облицювання - плити, панелі, касети з:

- керамограніту;
  - натурального каменю;
  - фіброцементу;
- металевих та композитних матеріалів.

Основні характеристики системи облицювання – міцність на вигин та морозостійкість (150 циклів).

Торці панелей необхідно ґрунтувати або пофарбувати лакофарбовими покриттями.

Монтаж облицювання проводять знизу вгору з мінімальною величиною повітряного зазору між плитами 40 мм, при цьому необхідно перевіряти зазор на наявність сторонніх включень. Для кріплення облицювальних плит застосовують: клямери, заклепки, гвинти, скоби та шини.

Всі елементи кріплення повинні бути виготовлені з корозійностійких матеріалів. Тип кріплення може бути як відкритий, так і прихований. Для запобігання можливим вібраціям облицювальних плит можливе застосування пружних прокладок при монтажі.



Рисунок 1.17 - Пайове співвідношення трудовитрат за окремими видами робіт при монтажі зовнішньої огорожі, що утеплює

Під час роботи зі встановлення навісних фасадів необхідно здійснювати контроль якості виконання робіт, після закінчення якого складаються акти на приховані роботи. При прийманні робіт особлива увага приділяється перевірці місць примикання, кутів, віконних та дверних отворів. При виявленні дефектів їх необхідно усунути до прийняття об'єкта в експлуатацію.

Монтаж конструкцій навісних фасадів повинен проводитись сертифікованою організацією [40].

### 1.3 Висновки по першому розділу:

1. Аналіз типів фасадних конструкцій, що застосовуються, показав, що

на сьогоднішній день існує більше 20 видів конструктивних схем фасадного огороження.

2. Зовнішнє утеплення розрізняють за:

- зміни несучого каркаса;
- типу облицювальних матеріалів;
- способів встановлення зовнішнього шару.

3. Термічний опір різних компонок навісних фасадів чисельно рівний і залежить від умов експлуатації об'єкта.

4. Технологія та встановлення фасадних елементів проста та зрозуміла, що є однією з основних переваг.

5. Застосування конструкцій підвісного типу сприяє суттєвій економії енергоресурсів: як тепла, так і хладогентів.



## РОЗДІЛ 2

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ, ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ПРИ ВЛАШТУВАННІ ФАСАДНИХ СИСТЕМ

#### 2.1 Дослідження та оцінка конструктивного пристрою та вузлів кріплення навісних фасадів

Відповідно до архітектурних особливостей навісних фасадів розробляються спеціалізовані вузли кріплення елементів фасадної конструкції, що представлені в альбомах технічних рішень. Конструктивне виконання вузлів, які не належать до типових, розробляється спеціально для кожної системи окремо. Отримана інформація дозволяє врахувати всю індивідуальність при проектуванні та монтажі.

Основні види кріплень у фасадних системах:

- кріплення кронштейна до несучої основи;
- провішування напрямних профілів;
- монтаж віконних та дверних укосів;
- обрамлення внутрішніх та зовнішніх кутів будівлі;
- примикання цоколя та парапету до стін будівлі;
- встановлення протипожежних відсічень.

При розгляді окремих методів кріплення елементів системи враховувалися конструктивні особливості різних типів навісних фасадів.

Закріплення кронштейна на стіну, що несе. Кронштейн є елементом підлицювальної конструкції, на який надалі навішується вертикальний і горизонтальний профілі каркаса. Він прикріплюється до несучої огорожі за допомогою анкерних болтів з прокладкою з пароніту між ними, перешкоджаючи виникненню нещільностей у конструкції та утворенню «містків холоду». Вузлове виконання кріплення залежить від типу застосовуваного кронштейна у системі.

Крім того, існує два типи підпірних деталей: несучий та опорний кронштейни. Відмінність полягає в наведеному нижче - несучий елемент сприймає навантаження від власної ваги і вітрового тиску, що впливає на весь період експлуатації об'єкта, в той час як опорний - виключно вплив атмосферних явищ. Завдяки чому напрямний профіль у місці приєднання до опорних деталей здатний переміщатися, компенсуючи тим самим температурні подовження матеріалу. Альтернативним способом збереження стійкості системи при вплив на її елементи температурних факторів навколишнього середовища є розподіл руйнівних зусиль на кронштейни та ділянки каркасу між ними - така модель конструктивного пристрою характерна для навісних фасадних елементів типу «Сканрок».

Існують кріплення, представлені двома та більше елементами - складові або рухомі. Вони дозволяють компенсувати нерівності на поверхні фасаду будівлі та здатні збільшувати свою протяжність за потреби.

Також особливістю кріплення є кількість болтових з'єднань необхідних для жорсткого закріплення фасаду, воно підбирається згідно з розрахунком на міцність і перевіряється випробуваннями на вирив. Матеріал виготовлення кріпильних елементів та металокаркасу системи є корозійно – стійка сталь.



Рисунок 2.1 - Монтаж кронштейна в товщі несучої огорожі

Монтаж напрямних профілів за допомогою системи опор. Кріплення металокаркасу до кронштейнів здійснюється за допомогою заклепок, що дозволяють забезпечити жорстку фіксацію профілів між собою, створюючи єдину структуру. При цьому необхідно пам'ятати про можливість вертикального переміщення напрямних у результаті температурних деформацій. У зв'язку з цим форма отворів в опорній конструкції для установки профілю прийнята довгастою, як найбільш оптимальна.

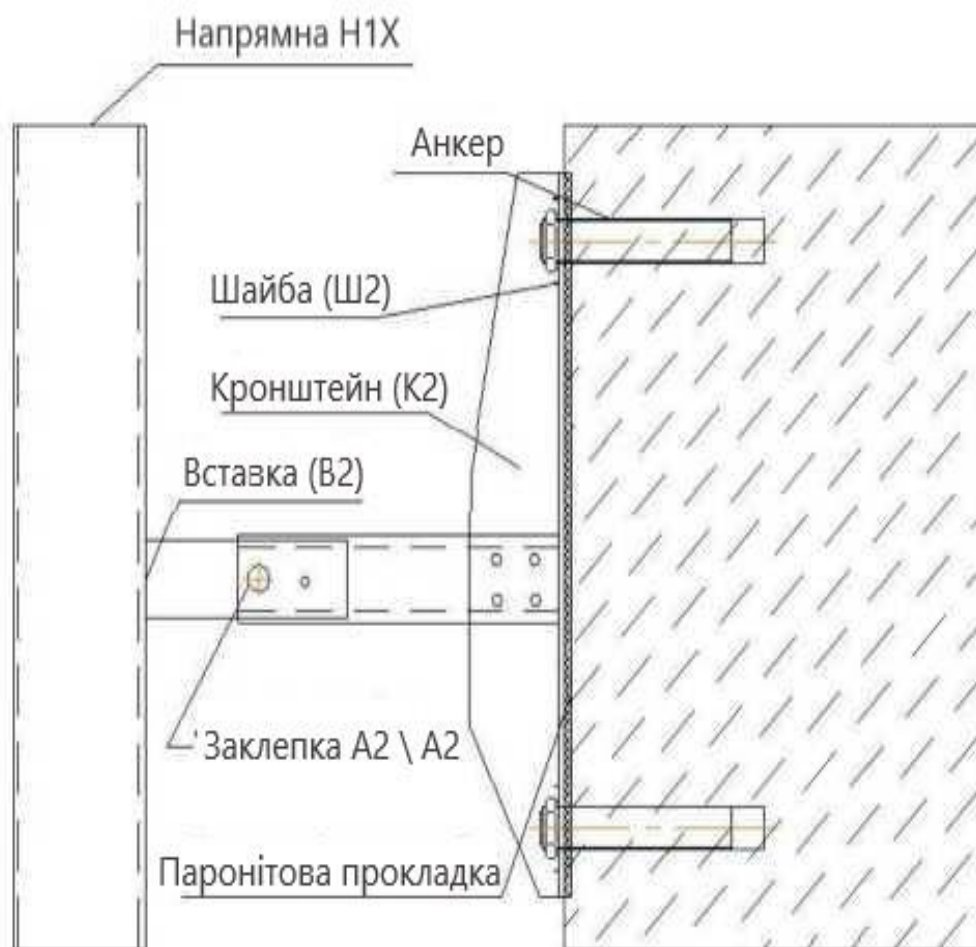


Рисунок 2.2 - Встановлення профілю металокаркасу (вигляд збоку)

Кріплення віконних та дверних укосів. Укіс - це елемент обрамлення віконних та дверних отворів будівлі. Щільне прилягання відкисних елементів до зовнішніх стін запобігає «вихолодженню» приміщень. За місцем розташування розрізняють укоси: верхні, бічні та нижні (сливи). Вони запобігають потраплянню атмосферних опадів у товщу конструкцій, що

огороджують, у місцях примикання до отворів.

Крім того, вузол верхнього укусу є елементом протипожежної системи [8]. Порожнини, що утворюються в місцях примикання укусу та зовнішньої стіни будівлі, використовують для встановлення протипожежних коробів, що використовуються для запобігання попаданню відкритого вогню до приміщення.

Експлуатацію будівлі без встановлення протипожежних коробів заборонено [27].

Короби виконуються із сталевих профільованих листів, з'єднаних сталевими металовиробами між собою, товщина матеріалу 0,55 мм, крок кріплення до основи огорожі - 400 мм уздовж верхніх укусів і не більше 600 мм - для бічних. У внутрішню порожнину, що утворюється, між листами укладається мінеральна вата [28].

Існує два типи виконання коробів: відкритий з бортиками та прихований. При першому способі монтажу бортики короба виходять за лицьову облицювання фасаду, запобігаючи проникненню вогню в товщу фасадного огороження з отвору, у другому - елементи короба виконані без бортів, тому з зовнішнього боку встановлюється додаткова поверхня облицювальна [21]. Варіант відкритого монтажу вважається найбільш безпечним і чим більша ширина виступу протипожежного елемента, тим нижчий ризик займання навісної конструкції.

Якщо над верхньою частиною отвору встановлюється протипожежна пластина, виготовлена з антикорозійного матеріалу і з'єднує суміжні вертикальні напрямні металокаркасу. Геометричні розміри пластини: ширина - не менше 150 мм, товщина матеріалу пластини - не менше 0,5 мм, довжина на 0,6 м перевищує довжину укусу (0,3 м з кожного боку) для кріплення до конструкції каркасу.

Однак при монтажі зливів і укусів необхідно пам'ятати про постійну циркуляцію повітря в товщі навісного огороження, щоб уникнути утворення конденсату на шарі, що утеплює.



Рисунок 2.3 - Вузол примикання навісного фасаду до віконного отвору

Обрамлення внутрішніх та зовнішніх кутів будівлі. Для оформлення внутрішніх та зовнішніх кутів будівель (їх правильної геометрії) застосовують додаткові напрямні та спеціальні кутові стійки, що забезпечують щільне примикання суміжних облицювальних панелей один до одного. При монтажі кутових обрамлень необхідно залишати зазор компенсації температурних розширень, ширина зазору в середньому становить 10 мм. Для забезпечення співвісності суміжних елементів конструкцій можливе застосування сталевих накладок, що передбачаються проектом.

При використанні як облицювальних виробів алюмінієві панелі касетного типу для підвищення пожежної безпеки системи у внутрішні кути будівлі додатково монтують протипожежні пластини.

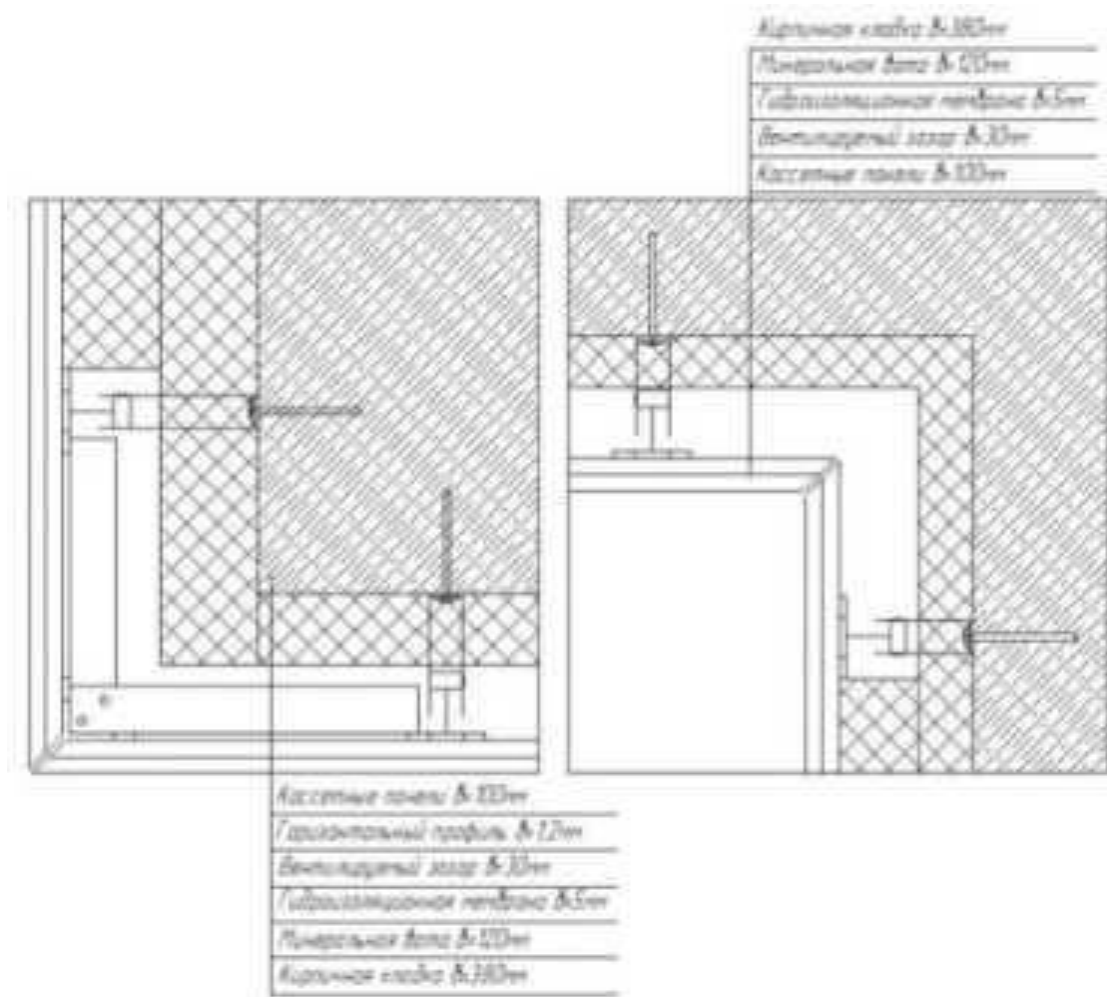


Рисунок 2.4 - Облаштування кутів будівель

Примикання цоколя та парапету до стін. Парапет - верхня частина зовнішньої стіни, що є сусідами з мауерлатом покрівлі, цоколь - нижня частина стіни будівлі, що межує з підвалом або техпідпіллям.

Особливістю монтажу навісних фасадів у місцях стикування зовнішніх стін з елементами покрівлі та підвальними приміщеннями є конструювання отворів (продухів) для організації природної припливно-витяжної вентиляції. Геометричні розміри вентиляційних отворів визначаються теплотехнічним розрахунком виходячи з поелементного складу стін.

Основна вимога при встановленні примикань – організація повітряного зазору у конструкції навісного фасаду. Тому при монтажі цокольного вузла необхідно використовувати перфорований металевий нащільник для створення природного потягу повітря.

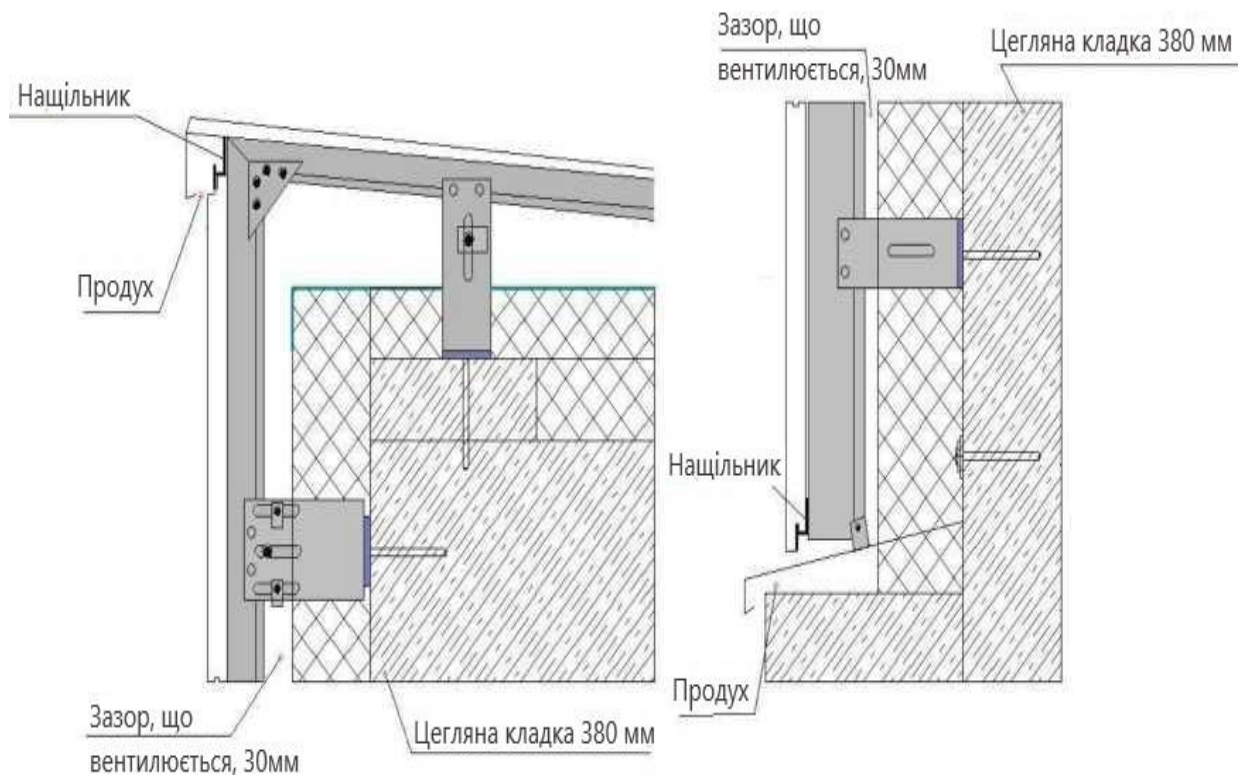


Рисунок 2.5 - Встановлення примикань до парапету і цоколя будівель

Монтаж протипожежних відсічень. Пожежна відсічка - оцинкована перфорована металева пластина, що закріплюється по всьому периметру повітряного зазору вентильованого фасаду і перешкоджає поширенню вогню в ньому. Встановлюються пристрої, що відсікають, з певним кроком по висоті і кріпляться тільки до несучих конструкцій, що захищають, за допомогою заклепок. Довжина відсікання може дорівнювати ширині конструкції НФС або відповідати відстані від огорожувальної конструкції до металокаркасу. Діаметр та кількість отворів перфорації визначається за розрахунком необхідного повітрообміну системи зовнішнього утеплення.

Крім того, протипожежні пристрої можуть бути представлені в формі двох пластин, закріплених на зовнішній стіні будівлі перехлестно з кроком 10 мм між собою.

У зв'язку з агресивними умовами робочого середовища протипожежного вузла матеріалам, які застосовуються в даній конструкції,

пред'являються підвищені вимоги, а саме: елементи кріплення відсікаючого пристрою повинні мати межу вогнестійкості не менше відсікання матеріалу [36].

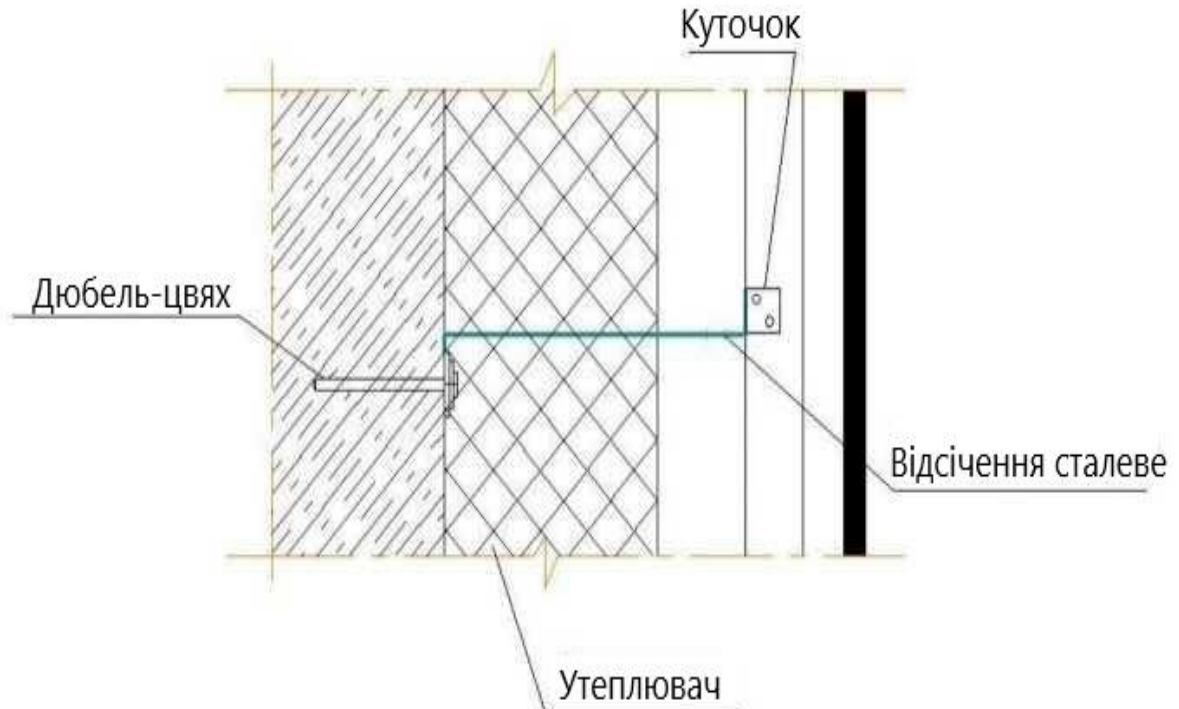


Рисунок 2.6 - Облаштування протипожежних відсічень

Також було проаналізовано застосування різних видів металовиробів та проведено оцінку техніко-технологічних рішень, що застосовуються при монтажі навісного вентиляованого фасаду.

Застосування фасадних шурупів. Це найпоширеніший і найдоступніший спосіб кріплення утепленої огорожі. Матеріал виготовлення такого кріплення – нержавіюча сталь – незалежно від матеріалу металокаркасу (оцинкована сталь чи алюміній).

Цей факт при встановленні фасаду дуже важливий, оскільки до системи пред'являються підвищені вимоги щодо надійності, а використання оцинкованих металовиробів веде до руйнування системи внаслідок корозії.

Монтаж виробів проводиться за температури зовнішнього повітря не нижче мінус 20°C. Це з обмеженнями умов праці робітників на свіжому повітрі.



Недоліком застосування саморізів є ослаблення затягування або його повне викручування із системи металокаркасу через дію вібрації в умовах міського середовища.

У середньому витрата металовиробів на гілку металокаркасу становить вісім штук, на  $1\text{ м}^2$  – чотири або п'ять елементів.

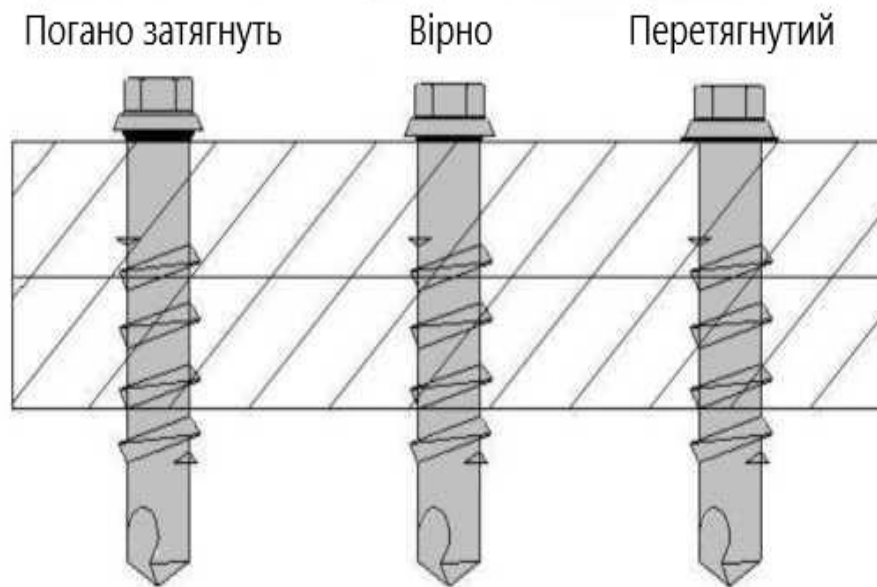


Рисунок 2.7 - Правильність встановлення саморізів

Використання заклепувальних пристроїв. Заклепка - елемент кріплення, що застосовується при влаштуванні системи навісного вентилязованого фасаду. Вона відрізняється підвищеною міцністю та надійністю в порівнянні з саморізом і складається з двох частин: заклепка (гільза) та втулка (сердечник, виконаний з нержавіючої сталі).

Існує два типи заклепувальних елементів:

- з виступаючим бортиком;
- зі збільшеним виступаючим бортиком.

Другий типорозмір кріплення використовується для систем, що володіють великою вагою, фанерованих із застосуванням фіброцементних або азбестоцементних плит. Ширина борту металовиробу становить близько 14 мм, а для встановлення металокаркасу - заклепки виготовляють з

алюмінію або нержавіючої сталі з бортом шириною 12 мм.

Послідовність установки полягає в наступному: тіло заклепки встановлюється між деталями, що з'єднуються між собою, за допомогою заклепочника (інструменту по роботі з заклепками), осердя простягається через тіло заклепки і при досягненні необхідного тягового зусилля обламується. Результат – надійне з'єднання з тривалим терміном експлуатації.

Класифікація заклепувального кріплення за матеріалом виготовлення:

- алюміній - нержавіюча сталь;
- нержавіюча сталь - нержавіюча сталь.

При влаштуванні металокаркасу з оцинкованої сталі та клямрів для кріплення облицювальних плит використовують елементи кріплення, виготовлені з нержавіючої сталі. Поєднання алюмінію та нержавіючої сталі у кріпильних виробках використовується для роботи з каркасною системою, виконаною з алюмінію. Для виготовлення якісного та довговічного монтажу необхідно керуватися альбомами технічних рішень при підборі матеріалів навісного утеплення.

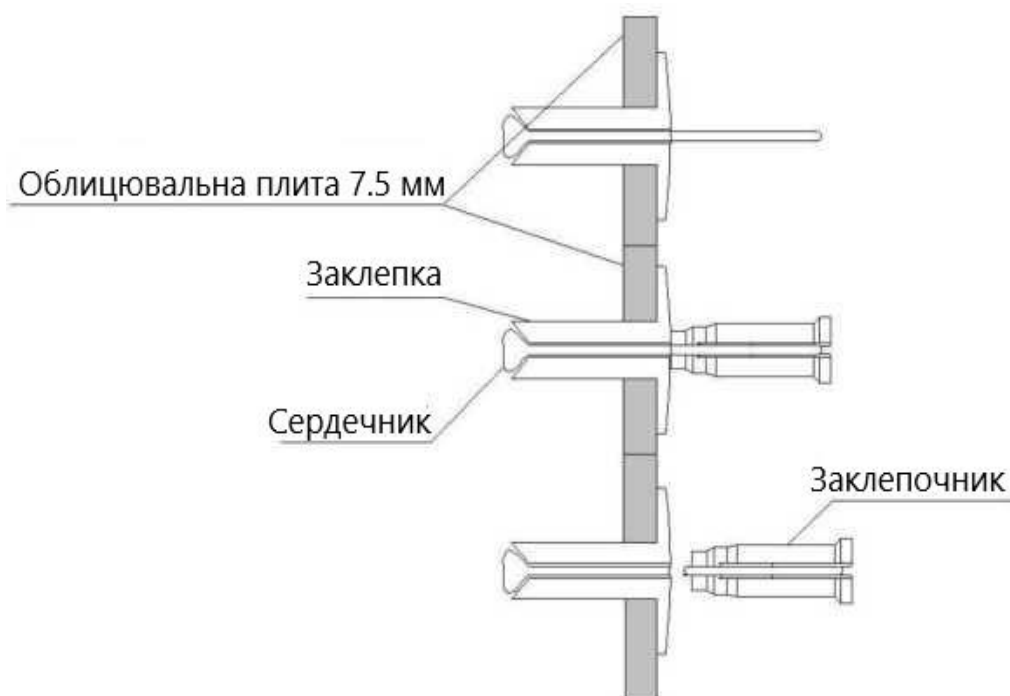


Рисунок 2.8 - Послідовність виконання заклепувального з'єднання

Установка анкерних (фасадних) дюбелів. Фасадний дюбель дещо відрізняється від звичайної конструкцією та типорозміром. Товщина кріплення, що застосовується, становить від 12 до 14 мм. Крім того, він не повинен бути тендітним та м'яким. Матеріал виготовлення кріплення - нержавіюча сталь або метали з антикорозійним покриттям у зв'язку із суворими умовами експлуатації. Діаметр елемента – від 10 до 12 мм, довжина – від 60 до 160 мм залежно від товщини та матеріалу зовнішньої стіни. При підборі анкерних пристроїв необхідно керуватися правилом: чим більше розрахункове навантаження, тим товщі шуруп у дюбелі.

Також обов'язковою умовою при виборі елементів кріплення є випробування на розрив. Вони проводяться на будівельному майданчику за умов близьких до експлуатаційних. При виборі кріплення необхідно враховувати матеріал огорожі, тип та товщину теплоізоляції, висоту об'єкта будівництва та кліматичні умови експлуатації.

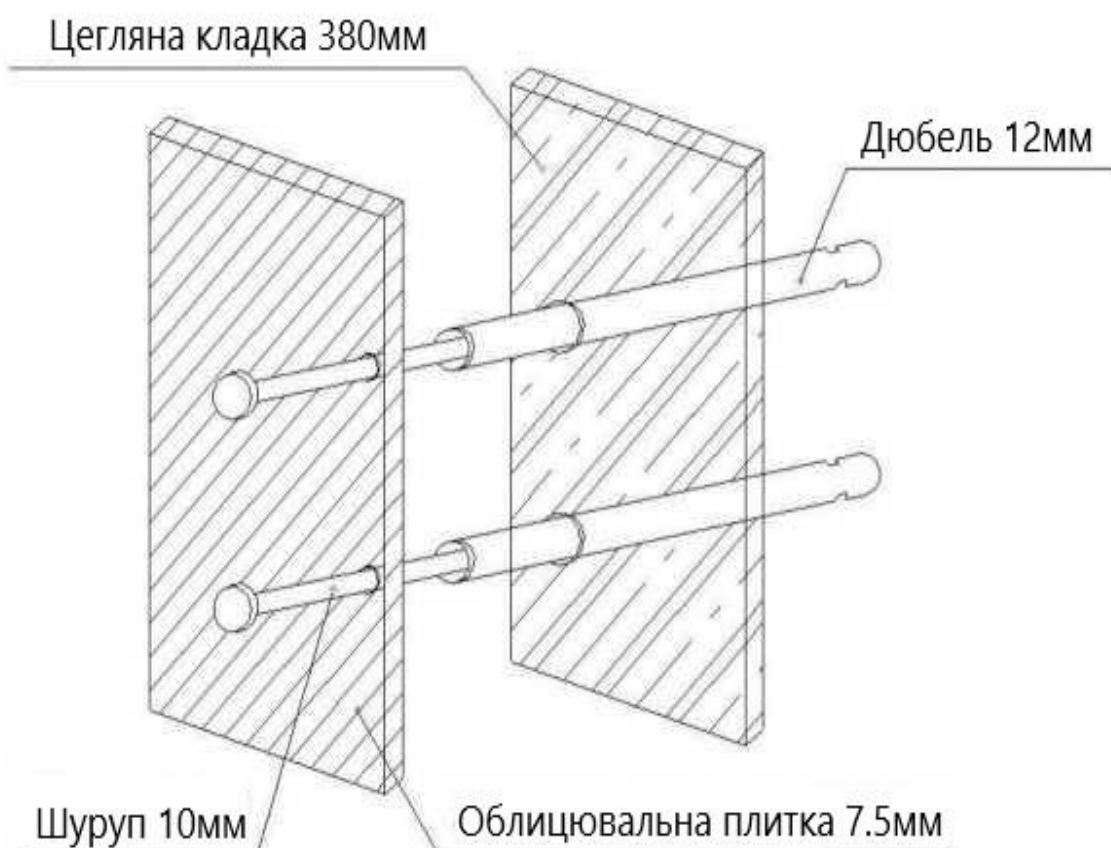


Рисунок 2.9 - Схема встановлення анкерного дюбеля

Влаштування анкерів під кронштейни. Упори кронштейнів кріпляться до несучої стіни за допомогою анкерів двох типів: хімічного та розпiрного.

Вiдмiнними рисами анкерного болта хiмiчного типу є: пiдвищена стiйкiсть до корозiї та адгезiя до клейового складу, що застосовується як крiплення. Пiсля висвердлювання отворiв пiд анкера вони заповнюютьcя двокомпонентним клеєм та встановлюютьcя шпильки анкера. Пiсля застигання сумiшi утворюється мiцне з'єднання стiйке до виривання. Крiм того, застосування хiмiчного елемента крiплення дозволяє замонолитити стiну в мiсцi його крiплення.

Розпiрний анкер є болтом, встановленим у гiльзi з нержавiючої сталi з рiзьбовим з'єднанням на кiнцi i розпiрною частиною посерединi. При його вкручуваннi розпiрна частина деформується (розширюється), завдяки чому вiн мiцно закрiплюється в товщi огорожi. При демонтажi елемента розширення зменшується, i анкер набуває первозданного вигляду. Такий спiсiб крiплення використовується для конструкцiй, що огорожують, виконаних з пiнобетону.

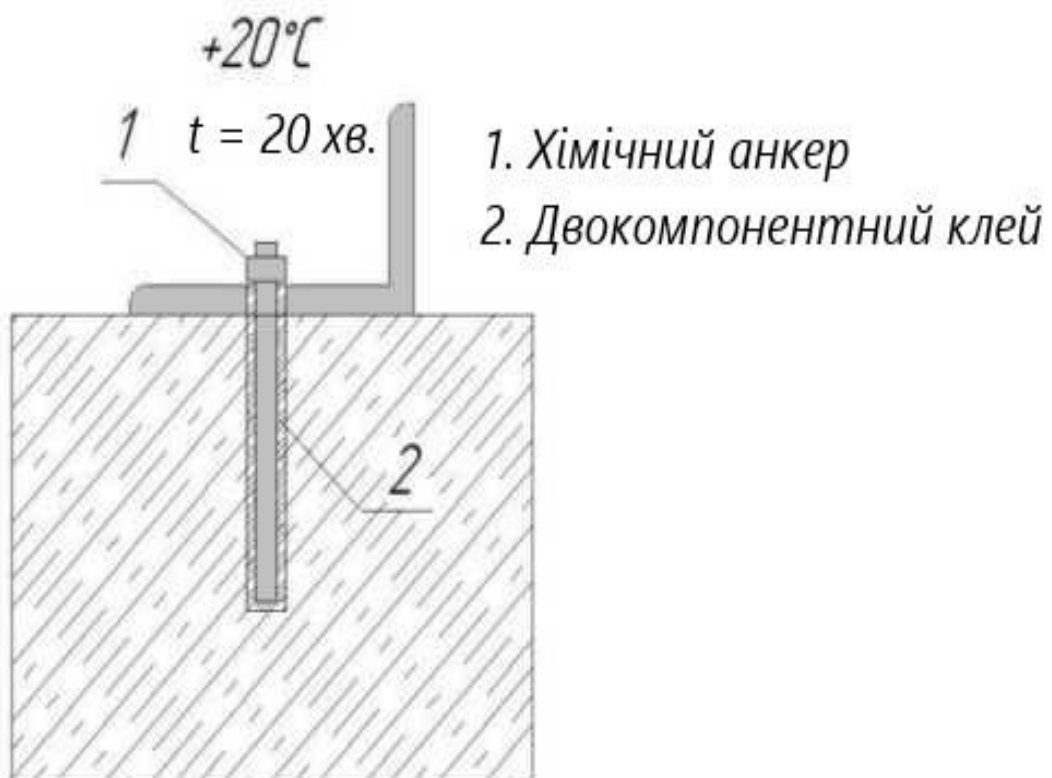


Рисунок 2.10 - Закріплення хімічного анкера (вигляд збоку)

Монтаж теплоізоляційних дюбелів. Для встановлення утеплюючого шару в конструкції металокаркасу використовують тарілчасті дюбельні елементи (парасольки). Матеріал кріплення - поліамід для гільзи, що встановлюється в товщі огорожі, та вуглецева сталь з антикорозійним покриттям для елемента розпірного кріплення.

Дані вироби повинні бути стійкими до агресивного впливу навколишнього середовища (у тому числі перепаду температур від мінус 40 до плюс 80°C) та механічних деформацій.

Кріплення металовиробів проводиться аналогічно роботам з монтажу дюбелів металокаркасу.

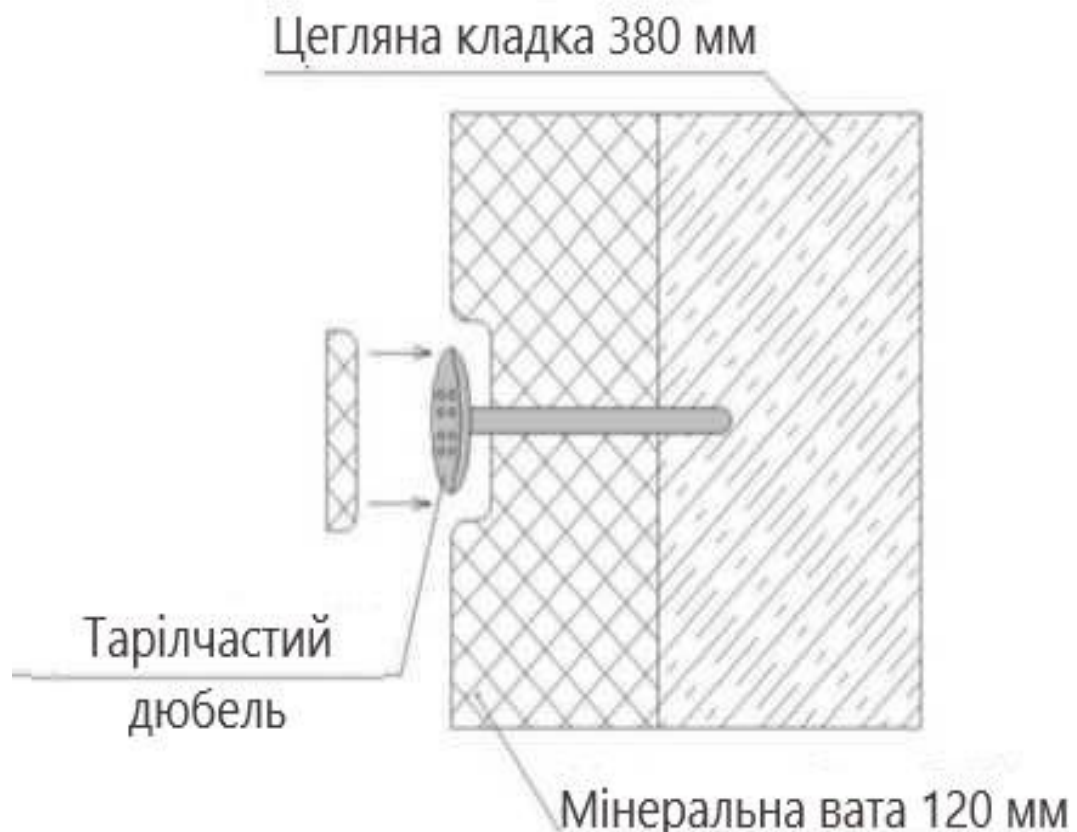


Рисунок 2.11 - Облаштування тарілчастих кріплень

Застосування болтів прихованої установки. Цей тип кріпильних елементів застосовується для встановлення облицювальних плит на металокаркас. Залежно від матеріалу облицювання використовують два типи кріплення: Keil та DuroPT.

Відмінною особливістю монтажних робіт Keil - анкерів є виконання отвору трапецієподібної форми, що має розширення донизу. Однак для його виготовлення потрібна наявність спеціалізованого обладнання. Тому такий тип монтажу не набув широкого поширення через дорожнечу виконання робіт. Однак Keil – болти здатні витримати великовагові фасади, виконані з керамограніту, натурального каменю та фіброцементних плит.

Болтове з'єднання DuroPT не вимагає особливих витрат на виготовлення металовиробів (матеріал - стійкі до корозії сталі) та виробництво монтажних робіт, тому повсюдно застосовується для встановлення навісних фасадних конструкцій з повітряним зазором із пластику та полімерних плит.



Рисунок 2.12 - Монтаж Keil – анкерів

Оцінка конструктивного пристрою та вузлів кріплення утеплених фасадів показала, що загальним та істотним недоліком усіх систем навісного утеплення є недосконалість елементів кріплення парогідроізоляційного шару. У зв'язку з цим під час виконання робіт, а також при подальшій експлуатації

об'єктів існує ймовірність розкріплення місць стику шарів та створення умов природного перезволоження утеплювача, що веде до зниження його теплоізолюючих властивостей та передчасного руйнування (рисунок 2.13).

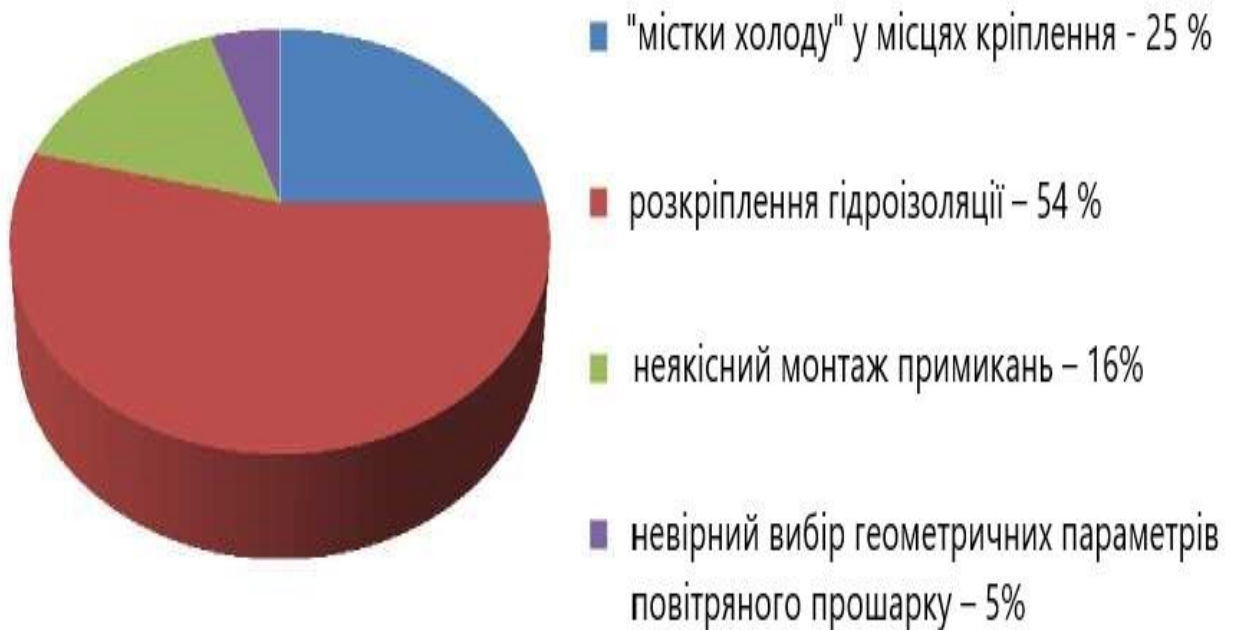


Рисунок 2.13 - Причини зниження теплоізолюючих властивостей навісних фасадних систем

2.2 Дослідження та оцінка матеріалів, які застосовуються в конструкціях НФС для цивільних будівель

### 2.2.1 Матеріали для теплоізоляції

Утеплюючий шар, що входить до складу конструкції навісного вентилязованого фасаду, впливає на теплотехнічні властивості, тому до підбору матеріалів утеплення необхідно підходити досить ретельно.

Основна вимога до утеплювача - збереження тепла всередині приміщення і хороша провідність водяної пари з нього.

На жаль, не всі матеріали мають такі властивості, наприклад - жорстко

- структурований та екструзійний пінополістироли (ЕППС) відрізняються низькою гігроскопічністю, тому застосовуються при зовнішньому утепленні досить рідко (20% від загального обсягу навісних конструкцій).

Наявність замкнутої пористої структури викликана технологією виробництва матеріалів. Пінополістирол утворюється в результаті спінювання гранул та їх обробки гарячою водяною парою. При циклічному повторенні – щільність гранул полістиролу знижується, утворюється щільна та цілісна структура. Отриману масу просушують на свіжому повітрі. З видаленням вологи з пор матеріалу, він остаточно структурується. Наявність пористої структури матеріалу знизило теплообмін з довкіллям, тому теплопровідність утеплювача становить 0,033-0,036 Вт/м-°С.

До складу ЕППС входять полістирол та кополімери стиролу. Гранули стиролу заповнюються газом (природним або вуглекислим - для отримання вогнетривкого матеріалу) і розчиняються в полімерній масі, після чого отримана суміш нагрівається за допомогою пари, гранули збільшуються в розмірах і спікаються в єдину масу. Теплотехнічні властивості одержуваного матеріалу становлять 0,035-0,038 Вт/м-°С. Для підвищення техніко-технологічних характеристик до складу утеплювача додають антипірени, пластифікатори та різні барвники.

Крім того, спінені утеплювачі легко спалахують, не дивлячись на спроби виробників удосконалювати склад, додаючи різні протипожежні добавки. При їх горінні виділяється їдкий та токсичний дим.

Також теплоізолюючий матеріал легко руйнується під впливом прямого сонячного проміння, тому залишати його тривалий час на відкритому повітрі без захисного шару не рекомендується.

До переваг пінопластових утеплювачів можна віднести: міцність, легкість у монтажі, гарну звукоізоляцію та доступну ціну. При роботі та подальшій експлуатації не виділяється токсичних сполук, згубних для людини. Термін служби становить близько 50 років за їх експлуатації в нормальних умовах.



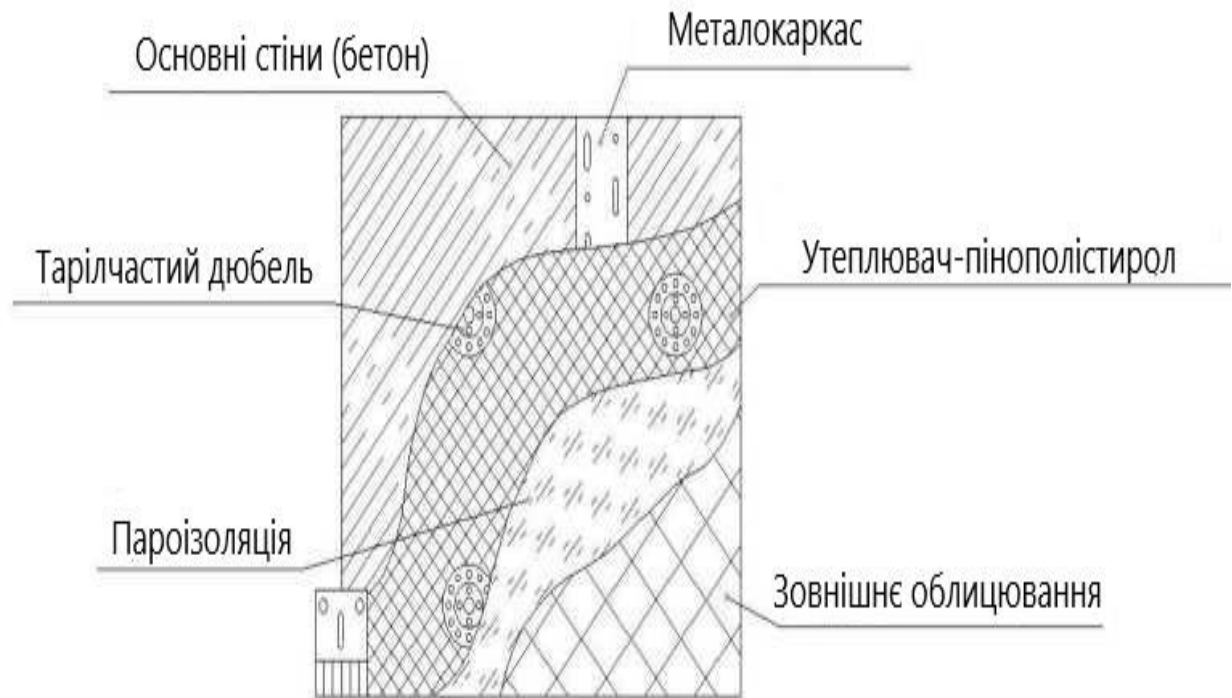


Рисунок 2.14 – Застосування пінополістиролу під час утеплення зовнішніх стін

Найпоширеніший тип теплоізоляції, що використовується в навісних фасадних конструкціях - мінеральна вата (80% від загального числа всіх фасадів, що монтуються). Вона виготовляється з природних матеріалів, таких як базальт або шлак, шляхом їх попереднього прогріву до температури 1500 - 2000 °С. Вироблені волокна спресовують, утворюючи суцільну структуру. У зв'язку з цим отриманий утеплювач має низьку теплопровідність близько 0,038-0,045 Вт/м·°С, що є його характерною характеристикою [41].

Крім того, утеплювач забезпечує хорошу звукоізоляцію, що дозволяє використовувати його в будинках з підвищеними вимогами щодо рівня шуму та вібрації. Утеплюючий матеріал, виготовлений з мінеральної вати не горючий, не схильний до шкідливого впливу гризунів і мікроорганізмів за рахунок застосування в їх складі природних компонентів. Термін служби матеріалу практично становить близько 10 - 20 років, хоча виробники його штучно завищують.

Недоліком цього утеплювача є підвищена паро - і вологопроникна.

Накопичуючись, вода в порах матеріалу руйнує його структуру і погіршує його теплотехнічні властивості.

Товщина утеплюючого шару з мінеральної вати представлена двома типорозмірами 50 і 100 мм, проте можливе застосування двошарового утеплення різної щільності за завданням на проектування, причому питома вага верхнього шару має бути більшою за нижній.

Поряд з мінераловатним теплоізолюючим матеріалом також використовують базальтову вату або скловату. Але необхідно врахувати, що базальт - матеріал дорогий у порівнянні з іншими утеплювачами, тому рідко застосовується в РФ, а скловолокно дає усадку після декількох років експлуатації і вимагає підвищеної уваги при монтажних роботах через крихкість і обсіпаність.



Рисунок 2.15 - Мінераловатний утеплювач під час монтажу систем НФС

Однією з нових розробок у сфері теплоізоляції останніх років є PIR-плита. Вона являє собою спінений поліізоціанурат, матеріал схожий за складом та властивостями зі звичним пінопластом та його похідними, відмінною особливістю якого є застосування спеціальних речовин (наповнювачів) при його виготовленні.

Основні технічні характеристики: жорстка спінена комірчаста структура, розмір ізольованих осередків якої становить кілька мікрометрів, внаслідок чого щільність матеріалу не перевищує 45 - 60 кг/м<sup>3</sup>.

Основним компонентом для виробництва PIR-плит є метилендіфенілдіізоціанат, який при дії високих температур і додаванні спінюючих речовин, перетворюється на твердий і міцний пористий полімер.

За рахунок щільної та однорідної структури поліізоціанурат має підвищену міцність на стиск та найменшу теплопровідність серед штучних утеплювачів рівною 0,02 Вт/м·°С. Крім того, даний матеріал пожегобезпечний, при дії відкритого вогню на його поверхні утворюється вуглець, що перешкоджає подальшому його поширенню.

PIR-плита не вбирає вологу. Тому при монтажі утеплювача не потрібно додаткових витрат на паро- та гідроізоляцію. Щільно закриті пори матеріалу перешкоджають виникненню конденсату усередині плити. Термін служби матеріалу, за словами виробників, становить щонайменше 50 років. Однак через високу вартість виробництва даного типу утеплювача він поки не знайшов широкого застосування в масовому будівництві в Україні.

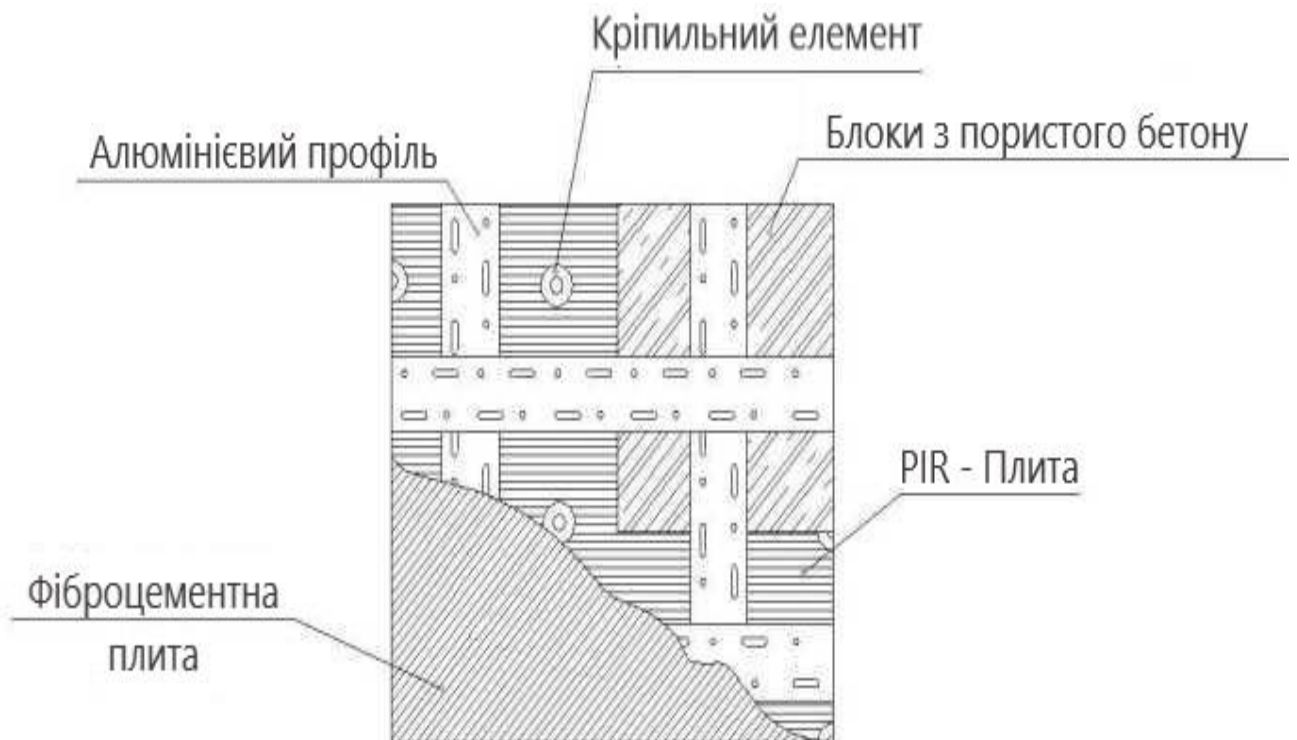


Рисунок 2.16 - PIR - плита, як утеплювач навісного фасаду

Результати проведеного аналізу теплотехнічних характеристик теплоізолюючих матеріалів згідно з нормативною документацією [24] представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Теплотехнічні характеристики утеплювачів

Матеріал утеплювача	Мінеральна вата	Пінополістирол	Пінополістирол екструзійний (ЕППС)	Поліізоціанурат (PIR плита)
Щільність, кг/м <sup>3</sup>	50-125	10-38	25-45	30-50
Товщина, мм	50-200	40-140	20-150	50-100
Питома теплоємність, кДж/Кг <sup>°C</sup>	0,84	1,34	1,34	1,29
Теплопровідність, Вт/м <sup>°C</sup>	0,038-0,045	0,036-0,041	0,029-0,03	0,02-0,024
Вологість, %	5	10	2	2
Теплоусвоєння, Вт/м <sup>2</sup> °C	0,31-0,35	0,38-0,45	0,35-0,36	0,37-0,4
Паропроницаємість, мг/мч Па	0,37	0,05	0,005	0,002
Група горючості	НГ	Г3-Г4	Г3	Г1-Г3
Вартість 1м <sup>2</sup> , грн.	350-580	100-900	1044,87-5145	6000 10000

### 2.2.2 Гідроізоляція фасаду

матеріалом, що перешкоджає проникненню вологи в товщу огорожі, є вологозахисна мембрана. Вона оберігає нижчележачі елементи від впливу атмосферних опадів і знижує вітрове навантаження, при цьому відводячи пару та вологу з приміщення, щоб уникнути відмокання утеплювача. Показник паропроникності цього шару має бути не менше 1200 мг/мчПа.

До найбільш застосовуваних матеріалів гідро- та вітрозахисту в системах фасадного типу відносяться: високодифузійна мембрана та геотекстиль.

Мембрана є тришаровою синтетичною плівкою з поліпропілену, здатну регулювати дифузійний процес. Шари в ній з'єднуються за допомогою ультразвуку, що дозволяє отримати матеріал з високими характеристиками міцності. Вона екологічно безпечна, стійка до дії мікроорганізмів, не горюча, температурний діапазон її застосування – від мінус 60 до плюс 60°C. Довговічність ізолюючого шару становить близько 10 – 15 років.

Обов'язкова умова при монтажі - укладання пароізоляційного матеріалу проводиться тільки зверху вниз шорсткою стороною всередину з накладенням полотнищ один на одного завширшки не менше 50 см.

Будівельний геотекстиль – штучне полотно з полімерних матеріалів, що утворюється в результаті сплетення ниток поліефіру під різними кутами.

До переваг цього матеріалу можна віднести наступне:

- стійкість до перепаду температур;
- відсутність корозії;
- неохильність до впливу агресивних середовищ та мікроорганізмів;
- негорючість;
- доступна вартість;
- наявність армуючих властивостей.

Найпоширеніший вид вологозахисту, що застосовується в конструкціях НФС – каландрований геотекстиль. Він виробляється шляхом з'єднання волокон за допомогою високотемпературного середовища, що надає йому високі характеристики міцності.

До недоліків перерахованих вище матеріалів відносяться:

- руйнування під дією прямих сонячних променів;
- низька міцність при розтягуванні;
- горючість (для мембран).

В даний час все більшої популярності набуває двокомпонентна бітумно

- полімерна мастика (рідка гума) як вологоутримуючий матеріал. Вона є сумішшю з бітуму і полімерів, об'єднаних емульсією хлористого кальцію. В результаті хімічних реакцій утворюється міцна сполука, що перешкоджає проникненню води в товщу огороження, але при цьому дозволяє зовнішнім стінам «дихати».

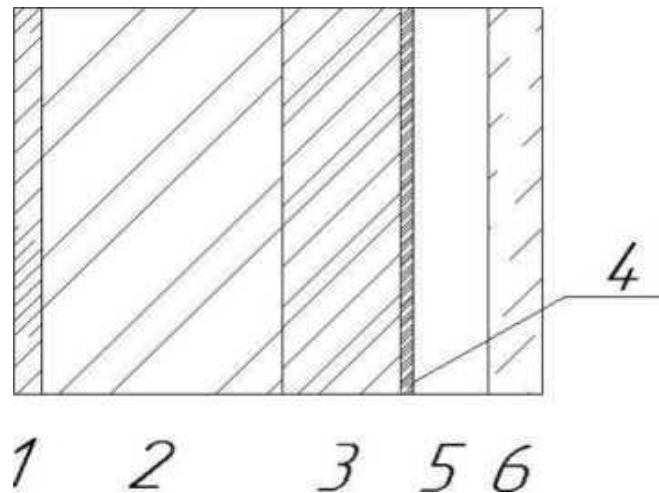


Рисунок 2.17- Склад навісної огорожі з полімерним гідроізолятором  
 1 - вапняно-піщаний розчин, 2 - цегляна кладка, 3 - мінеральна вата,  
 4 - рідка гума, 5 - повітряний прошарок, 6 – керамограніт

Гума має наступні позитивні характеристики:

- високі адгезійні властивості- матеріал можна наносити на будь-які поверхні: від бетону до різних порід деревин;
- стійкість до перепадів температур та інших атмосферних явищ без зміни своїх властивостей;
- одержання цілісного шару при нанесенні;
- можливість усунення невеликих дефектів при напиленні на поверхню;
- отримання додаткового антикорозійного захисту при нанесенні на металокаркас;
- економічна витрата - за оцінками експертів шар рідкої гуми товщиною 2 мм здатний замінити 4 шари рулонних матеріалів;
- високі показники еластичності покриття, що унеможливають його деформацію;

- пожежобезпечність - застосування хлористої емульсії на водній основі;

- в'язкість матеріалу;

- можливість використання для об'єктів складної архітектурної форми;

- екологічність;

- збільшення показника міцності з часом.

Недоліками бітумно-латексного складу є:

- складність нанесення - необхідне спеціальне обладнання;

- висока ринкова вартість.

Останнє у свою чергу компенсується тривалим терміном експлуатації – понад 50 років.

Крім того, при роботі з гумовою гідроізоляцією не слід застосовувати речовини, до складу яких входять розчинники, оскільки вони руйнують структуру полімерів.

Крім того, при роботі з гумовою гідроізоляцією не слід застосовувати речовини, до складу яких входять розчинники, оскільки вони руйнують структуру полімерів.

Таблиця 2.2 - Аналіз технічних характеристик гідроізоляції рулонного та напилюваного типів

Найменування характеристики	Рулонна гідроізоляція	Напилювана рідка гума
Видалення старого покриття	Необхідно	Не вимагається
Очищення поверхні	Необхідно	Не вимагається
Виконання усадкових і температурних швів на поверхні	Необхідно	Не вимагається
Попередня розмітка матеріалу	Необхідно	Не вимагається
Використання відкритого вогню при монтажі	Необхідно	Не вимагається

Найменування характеристики	Рулонна гідроізоляція	Напилювана рідка гума
Попереднє прогрівання поверхні і матеріалу перед нанесенням	Необхідно	Не вимагається
Пожежонебезпека	Г1-Г3	НГ
Токсичність при горінні	Т1-Т4	НТ
Маса елемента конструкції на 1м <sup>2</sup> , кг	10-12	3-6
Самовідновлення покриття	-	Можливо
Еластичність покриття при t>0 С навколишнього повітря, %	8-10	До 100
Еластичність покриття при t<0С навколишнього повітря, %	-	Зберігається
Наявність стиків і швів	Є	-
Утворення пухирів при монтажі	Можливо	-
Тип поверхні, що захищається	Пряма площа	Будь-яка конфігурація
Адгезія з поверхнею	близько 5-10%	100%
Захист від прямої дії сонячних променів	Обов'язково потрібний зовнішній захисний шар	-
Здатність до розтягування	15%	100%
Умови експлуатації	-25С - +55С	-50С - +95С
Поточний ремонт	2-3 роки	-
Капітальний ремонт	5-7 років	50 років



### 2.2.3 Повітряний прошарок як елемент системи НФС

Безперешкодна циркуляція повітря у вентиляльованих фасадах забезпечується завдяки створенню повітряного прошарку (вентзазору). Її геометричні параметри дозволяють отримати надійну гідро- та теплоізоляцію фасадних систем залежно від умов їх експлуатації. Для визначення необхідної товщини вентиляційного проміжку застосовують спеціальну методику розрахунку, що враховує температурний режим приміщення, погодні умови, швидкість переміщення повітряних мас. Оптимальною шириною цього елемента конструкції вважається величина рівна близько 30 - 50 мм.

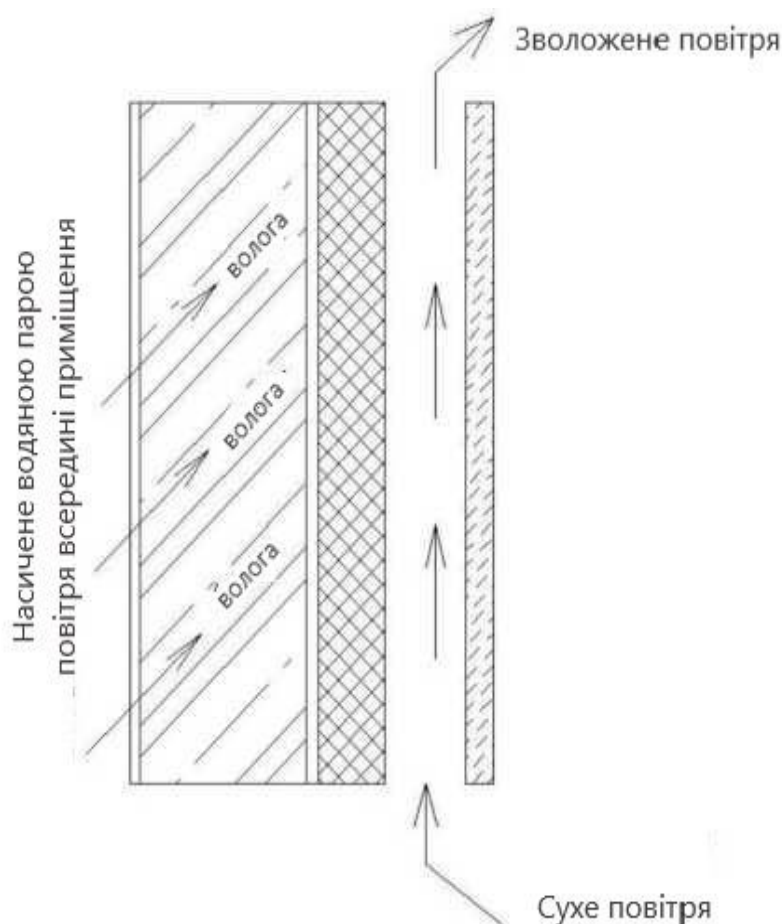


Рисунок 2.18 - Призначення вентиляльованого зазору

Для отримання розрахункового теплозахисного ефекту необхідно, щоб повітря, яке проходить в товщі навісної огорожі, рухалося з деяким опором (відборткування облицювальних панелей, протипожежні відсічки). Це

дозволить забезпечити більш повне знімання вологи з конструкцій огорожі.

Однак необхідно пам'ятати, що при недотриманні вимог щодо влаштування вентзазорів [38] можлива втрата теплоізоляційних властивостей матеріалу, аж до його повного руйнування. Наприклад - при невеликому зазорі між елементами можливе щільне кріплення шару, що утеплює, до облицювального, що викликає намокання першого, а при занадто великій ширині - є можливість появи шуму в конструкції при сильних поривах вітру.

При підборі геометричних параметрів повітряного прошарку необхідно враховувати кліматичні та геодезичні умови регіону, де розташований об'єкт. Наприклад - при тропічному та субтропічному кліматі вміст водяної пари повітрі високий, близько  $70 - 75 \text{ г/м}^3$ , а швидкість висушування теплоізоляції на відкритому повітрі досить низька, тому ширина зазору повинна бути в середньому 80 мм.

У гірських районах, де повітря сильно розряджений, пристрій вентильованих фасадів не рекомендується, оскільки швидкість руху повітряних мас дуже мала і обсяг вологи, що видаляється, з товщі огороження природним шляхом не великий.

При цьому в регіонах з холодним кліматом необхідно враховувати при проектуванні фасадних систем, що частина опадів випадає у вигляді снігу, збитки конструкції від яких менші, ніж від косої дощу.

Крім видалення надлишкових водяних пар з поверхні утеплювача, вентильований зазор виконує ще кілька важливих функцій:

- сприяє відводу дощової води завдяки дренажному каналу, що утворюється в результаті робіт з монтажу навісних фасадів;
- знижує вітрове навантаження на огорожувальні конструкції шляхом вирівнювання тисків між зовнішньою та внутрішньою стінкою облицювання,
- створює додатковий теплоізоляційний шар, що дозволяє зберегти тепло всередині приміщення;
- дозволяє видаляти конденсаційну вологу природним шляхом із внутрішнього шару зовнішнього огороження.

#### 2.2.4 Облицювальні матеріали

Заключним елементом фасадної обробки зовнішньої стіни є облицювальний шар. До основних його функцій відносяться не тільки створення приємного ока естетичного зовнішнього вигляду, а й захист попередніх конструкцій (теплоізолюючого шару, металокаркасу).

При виборі матеріалу для облицювання керуються типом будівлі та умовами її експлуатації. Наприклад - панелі великого розміру не слід використовувати в будинках підвищеної поверховості внаслідок великого вітрового навантаження.

На діаграмі нижче представлені результати аналізу ринку облицювальних матеріалів, що застосовуються в огороженнях навісного типу.



Рисунок 2.19 - Пайове співвідношення застосовуваних оздоблювальних матеріалів для навісних фасадних систем

До найбільш поширених типів зовнішнього обрамлення, як видно з рисунка 2.19 відносяться: керамограніт, фіброцемент, полімерні матеріали, алюмінієві (композитні) панелі та металеві касети.

Спочатку як облицювання застосовували природні матеріали такі, як мрамур, граніт, базальт. Вони відрізняються високою міцністю та зносостійкістю.

Однак загальним недоліком застосування таких виробів як зовнішній шар фасадної конструкції є досить висока вартість виробів та їх важкість [31].

Ще одним виглядом зовнішнього оформлення зовнішньої огорожі є керамограніт. Його отримують спіканням глини, польового шпату, кварцового піску і пігментів, що фарбують, з подальшим випалом при температурі 1200°C. Одним з основних переваг облицювання даним матеріалом є його підвищені характеристики міцності, часом перевершують натуральні вироби при дещо меншій вазі. Тому часто такі плити використовують для оформлення нижніх рівнів стін або цоколя. Він має хороші звукоізоляційні властивості, екологічний, пожежобезпечний, стійкий до навантажень, ремонтпридатний та дешевий. Крім того, фасад із плит керамограніту можна монтувати в будь-яких погодних умовах із високою продуктивністю праці.

Істотним недоліком цього матеріалу є його масивність. Цей фактор позначається на посиленні каркасної системи та фундаменту будівлі.

Фіброцемент - оздоблювальний матеріал, що імітує камінь, часто застосовується в конструкціях навісного типу. Виготовляється з цементу та природних наповнювачів волокнистої структури, що надає обробці високу міцність на вигин. Оздоблювальні плити мають гарні звуко- та теплоізоляційні характеристики, стійкі до біологічного та атмосферного впливу, екологічні та пожежобезпечні.

Особливість застосування такого матеріалу - кріпильна система із застосуванням клямерів, виконана відкритим способом.

Альтернативою матеріалам природного походження при облицюванні будівель та споруд є полімерні панелі з полівінілхлориду (ПВХ). Вироби з ПВХ отримують шляхом полімеризації продуктів нафтохімічного виробництва та натрію хлориду при високих температурах. Тому процес їх виробництва досить трудомісткий та високотехнологічний.

Фасади з полімерних плит відрізняються довговічністю, водонепроникністю, малою вагою та легкістю в обробці. Це сприяє прискоренню монтажних робіт.

Істотним недоліком даного матеріалу є крихкість за низьких температур навколишнього повітря. У зв'язку з цим для підвищення міцності та морозостійкості панелей при виробництві використовують мінеральний наповнювач або скловолокно як армуючий шар.

При виконанні облицювальних робіт також застосовують алюмінієві (композитні) панелі. Це легкий, пластичний, міцний, шумоізолюючий, стійкий до ультрафіолетового світла матеріал, здатний витримувати різкі перепади температур від мінус 58 до плюс 80°C. Крім того, дані вироби відповідають усім вимогам щодо пожежної безпеки: вони важко займисті, слабогорючі (Г3 - Г4), деформуються при температурі понад 115°C і при горінні кількість токсичних речовин, що виділяються незначно.

Однак застосування алюмінієвих (композитних) матеріалів як зовнішнє облицювання має ряд істотних недоліків. Через невелику товщину панелі при монтажі можлива поява корозії при порушенні шару фарбування, а також утворення вм'ятин і подряпин на її поверхні.

Також як облицювальні вироби використовуються:

- ЛВД – панелі (HLP) – виготовляються пресуванням під високим тиском з паперу, смол та деревного волокна. Відрізняються малою вагою, стійкістю до ультрафіолетового світла, відкритого вогню та атмосферних опадів. Матеріал не знайшов широкого застосування в Україні через високу вартість виробів;

- Лінійні панелі - особливий тип металевих виробів, що є касетою, що

встановлюється на металокаркас. Матеріал хімо- та біостокій, легкий з міцним кріпленням між елементами фасаду;

- Скло - ударостійке, армоване, заламіноване або затоноване. Дозволяє забезпечити максимальну інсоляцію усередині приміщень. Однак скляні вироби відрізняються дорожнечою та складністю монтажних робіт;

- Сонячні панелі - один з найдорожчих типів облицювання будівель, що рідко зустрічається, виконаний у вигляді електронної системи і служить альтернативним джерелом отримання електроенергії.

### 2.3 Висновки по другому розділу:

1. Основною причиною втрати теплотехнічних характеристик конструкції навісного фасадного утеплення є розкріплення гідроізоляційного шару, що сприяє природному перезволоженню теплоізоляції та її подальшому руйнуванню.

2. Мінераловатний утеплювач відповідає всім необхідним вимогам до теплоізолюючих матеріалів, при цьому володіючи доступною ціною.

3. Технічні характеристики рідкої гуми дозволяють використовувати її як гідроізоляційний шар у навісній огорожувальній конструкції.

4. Наявність повітряного прошарку - обов'язкова умова для правильної роботи та підвищення терміну служби вентильованого огороження.

5. Вибір облицювальних виробів необхідно здійснювати з урахуванням типу будівлі, її поверховості та умов експлуатації.

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ВЛАШТУВАННЯ НАВІСНИХ ФАСАДНИХ СИСТЕМ

#### 3.1 Пропозиції щодо вдосконалення конструктивного устрою НФС

Детальний аналіз елементів, що входять до конструкції фасаду навісного типу, показав, що однією з причин втрати тепла є недосконалість елементів кріплення парогідроізоляційного шару, а також низька зносостійкість ізоляції.

При застосуванні пароізоляції рулонного типу (геотекстиль або мембрана) монтаж полотнищ необхідно проводити внахлест з використанням великої кількості металовиробів, що підвищує витрати на пристрій зовнішнього утеплення. Крім того, при неякісному виробництві монтажних робіт місця стику шарів розкріплюються, що сприяє зниженню теплотехнічних характеристик утеплювача та його передчасному руйнуванню.

Тому для поліпшення технічних характеристик та зниження експлуатаційних витрат навісних фасадів пропонується замінити матеріал гідроізоляційного шару: з традиційного геотекстилю (Ізоспан), на інноваційний – двокомпонентну бітумно – полімерну мастику – рідку гуму.

Маючи ряд істотних переваг у монтажі, гума також має високі теплотехнічні характеристики, запобігаючи проникненню теплових потоків з приміщень на вулицю.

Для підтвердження вищесказаного було проведено порівняльний аналіз конструкцій фасадів навісного типу – виконано основні тепловологові розрахунки та побудовано графіки розподілу температури в товщі огорожувальної конструкції із застосуванням рулонних гідроізоляторів та бітумно – полімерних мастик.

Об'єктом дослідження було адміністративне приміщення висотою в 3 поверхи.

Параметри зовнішнього повітря прийняті до розрахунку [37]:

$t_3 = \text{мінус } 30^\circ\text{C}$  - температура зовнішнього повітря найхолоднішою п'ятиденки при забезпеченості 0,92;

$t_{оп} = \text{мінус } 5,2^\circ\text{C}$  - середня температура періоду із температурою зовнішнього повітря менше плюс  $8^\circ\text{C}$ ;

$Z_{оп} = 203$  діб – кількість днів із середньодобовою температурою зовнішнього повітря менше плюс  $8^\circ\text{C}$ ;

$u_n = 4$  м/с - максимальна із середніх швидкостей вітру по румбах за січень;

$\phi_n = 84\%$  - середня місячна відносна вологість повітря найбільш холодного місяця.

Умови експлуатації конструкції - Б [35].

Умови внутрішнього мікроклімату в приміщенні [9]:

$t_B = \text{плюс } 20^\circ\text{C}$  - розрахункова температура повітря;

$\phi_B = 60\%$  - відносна вологість повітря;

$u_B = 0,3$  м/с - швидкість руху повітряних мас.

Таблиця 3.1 – Теплотехнічні характеристики матеріалів для фасадів з мінераловатним утеплювачем

Найменування матеріалу	Щільність $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Товщина $\delta$ , м	Теплопровідність $\lambda$ , Вт/(м <sup>2</sup> °C)	Теплозасвоєння $s$ , Вт/(м <sup>2</sup> °C)
Вапняно-піщаний розчин Dufa	1600	0,012	0,81	9,76
Кладка з керамічної цеглини на цементно-піщаному розчині	1600	0,38	0,64	8,48



Мінераловатна плита ROCKWOOL «Лайт-Баттс»	180	0,1	0,041	0,81
Ізоспан QA proff	70	0,0016	0,17	3,53
Повітряний прошарок	$R_{вз} = 0,15 (m^2 \text{ } ^\circ C) / Вт$			0
Плити з керамограніту	2800	0,0075	3,49	25,04

Таблиця 3.2 - Склад елементів та їх основні показники для конструкції з застосуванням бітумно-полімерної мастики

Найменування матеріалу	Щільність $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Товщина $\delta$ , м	Теплопровідність $\lambda$ , Вт/(м <sup>2</sup> °C )	Теплозасвоєння $s$ , Вт/(м <sup>2</sup> °C )
Вапняно-піщаний розчин Dufa	1600	0,012	0,81	9,76
Кладка з керамічної цеглини на цементно- піщаному розчині	1600	0,38	0,64	8,48
Мінераловатна плита ROCKWOOL «Лайт-Баттс»	180	0,05	0,041	0,81
Бітумно- полімерна мастика «Дорфлекс»	1000	0,002	0,27	6,8
Повітряний	$R_{вз} = 0,15 (m^2 \text{ } ^\circ C) / Вт$			0

прошарок				
Плити з керамограніту	2800	0,0075	3,49	25,04

Спочатку виконувався теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій згідно з методикою, представленою в ДБН [35].

Градусо-добу опалювального періоду визначено за такою формулою:

$$\text{ГДОП} = (t_3 - Q_{\text{оп}}) Z_{\text{оп}}, \quad (3.1)$$

$$\text{ГДОП} = (20+5,2)203 = 5115,6 \text{ град/доб.}$$

Наведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції:

$$R_{\text{оп}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (3.2)$$

де  $\alpha_{\text{в}}$  - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції приймається рівним 8,7 Вт/(м<sup>2</sup> °С);

$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$  - сумарний опір теплопередачі всіх шарів огорожувальної конструкції (м<sup>2</sup>°С)/Вт;

$\delta_i$ - товщина і-го шару огорожувальної конструкції, м;

$\lambda_i$  - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу і-го шару огорожувальної конструкції, Вт/(м°С), визначається згідно з умовами експлуатації;

$\alpha_3$  - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, що захищає конструкції, що приймається рівним 23 Вт/(м<sup>2</sup>°С).

Наведений опір теплопередачі для навісного фасаду традиційного типу одно:

$$R_{\text{НО}}^{\text{ТР}} = 0,1149 + 0,0148 + 0,5938 + 2,439 + 0,0094 + 0,15 + 0,0021 + 0,0435$$

$$R_{\text{НО}}^{\text{ТР}} = 3,37 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$$

Термічний опір теплопередачі пропонованої конструкції дорівнюватиме:

$$R_{HO}^{TP} = 0,1149 + 0,0148 + 0,5938 + 1,220 + 0,0074 + 0,15 + 0,0021 + 0,0435$$

$$R_{HO}^{TP} = 2,15 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Значення температури у площині можливої конденсації обчислені за формулою:

$$\tau_i = t_3 - \frac{(t_3 - t_H) * n}{R_{оп}} * \left( \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right), \quad (3.3)$$

де n - коефіцієнт, що враховує залежність положення зовнішньої поверхні огорожі по відношенню до навколишнього повітря, дорівнює 1.

Результати розрахунку зводимо в таблиці 3.3 та 3.4 відповідно:

Таблиця 3.3 - Зміна температури в товщі підвісного утеплення для варіанта з Ізоспаном

$R_i, \text{ м}^2\text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	0,11	0,13	0,72	3,16	3,17	3,32	3,32
$\tau_i, ^\circ\text{C}$	18,29	18,07	9,26	-26,96	-27,10	-29,32	-29,35

Таблиця 3.4 - Параметри температурного режиму окремих елементів огорожувальної конструкції з використанням бітумно - полімерної мастики

$R_i, \text{ м}^2\text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	0,11	0,13	0,72	1,94	1,95	2,10	2,10
$\tau_i, ^\circ\text{C}$	17,32	16,98	3,14	-25,27	-25,44	-28,94	-28,99

Аналіз графічних зображень показав, що у обох випадках процес падіння температури практично ідентичний. Різкий перепад спостерігається в шарі, що утеплює, що оберігає основою матеріал огороження - цегляну кладку на цементно - піщаному розчині - від руйнування.

При застосуванні двокомпонентної гідроізоляції разом із мінераловатним утеплювачем зниження термічних показників повітря, що проходить крізь зовнішню стіну, відбувається інтенсивніше (різниця становить від 1 до  $60^\circ\text{C}$ ), що є допустимою похибкою при проектуванні систем інженерного забезпечення будівлі. Цей факт підтверджує можливість

застосування інноваційної техніки монтажу фасадів підвісного типу при реконструкції будівельних об'єктів.

Крім того, різниця товщин конструкцій з ізоляційними парами «мінвата – полімерна мастика» та «базальтове волокно – геотекстиль» становить близько 5 см. Цей факт сприяє використанню сучасних технологій зовнішнього утеплення будівель для зниження навантаження на несучі елементи каркасу.

Далі проведено оцінку теплового захисту удосконаленої системи навісного фасаду.

Для цього знайдено величину масивності огорожувального елемента:

$$D = \sum R_i S_i, \quad (3.4)$$

де  $S_i$  - коефіцієнт теплосвоєння (при періоді 24 год), Вт/(м<sup>2</sup>°C).

Вентиляційний зазор, а також наступні за ним шари огорожувальної конструкції виключаються з розрахунку. Тоді формула (3.4) матиме вигляд:

$$D = \frac{\delta_1}{\lambda_1} S_1 + \frac{\delta_2}{\lambda_2} S_2 + \frac{\delta_3}{\lambda_3} S_3 + \frac{\delta_4}{\lambda_4} S_4$$

$$D = \frac{0,012}{0,81} 9,76 + \frac{0,38}{0,64} 8,48 + \frac{0,05}{0,041} 0,81 + \frac{0,002}{0,27} 6,8 = 6,2$$

$5 < 6,2 < 7$  - конструкція характеризується середньою масивністю, необхідний додатковий розрахунок теплосвоєння огорожі.

Оцінка теплонакопичувальної здатності огорожі:

$$q_{\text{нак}} = c * \Delta t * m^i, \quad (3.5)$$

де  $c = 1,005$  кДж/(кг<sup>0</sup> C) - теплоємність повітря;

$m^i$  - поверхнева щільність конструкції, кг/м<sup>2</sup> :

$$m^i = \sum \rho_i \delta_i \quad (3.6)$$

де  $\rho_i$  - щільність і-го шару огорожувальної конструкції,  $\text{кг/м}^3$ ,

$\Delta t$  - різниця між внутрішньою температурою приміщення та розрахунковою температурою шарів конструкції, що затримують тепло,  $^{\circ}\text{C}$ :

$$\Delta t = t_3 - t_1, \quad (3.7)$$

де  $t_1$  - температура слоев конструкції, задерживающих тепло,  $^{\circ}\text{C}$ ,  
определяется по графику.

$$\Delta t = 20 - 16,98 = 3,02 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

$$m^i = 0,0124600 + 0,384600 = 627,2 \text{ кг/м}^2$$

Теплонакопичувальна здатність навісного фасаду:

$$q_{\text{нак}} = 1,005 \cdot 627,2 \cdot 3,02 = 1903,6 \text{ кДж /м}^2$$

Висока теплоакумлююча здатність зовнішнього утеплення дозволить тривалий час зберігати тепло в приміщенні, суттєво знижуючи споживання енергоресурсів.

Виконаємо додатковий розрахунок на теплосвоєння фасадного утеплення підвісного типу для підтвердження відповідності його характеристик нормативним вимогам.

Таблиця 3.5 - Технічні дані огорожі з теплосвоєння

Найменування матеріалу	Опір теплопередачі R, $(\text{м}^2\text{ } ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$	Теплосвоєння s, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{ } ^{\circ}\text{C})$	Масивність шару, D

Вапняно-піщаний розчин Dufa	0,0148	9,76	0,14
Кладка з керамічної цеглини на цементно- піщаному розчині	0,5937	8,48	5,03
Мінераловатна плита ROCKWOOL «Лайт- Батс»	1,2195	0,81	0,99
Бітумно-полімерна мастика «Дорфлекс»	0,0074	6,8	0,05
Повітряний прошарок	0,15	0	0
Плити з керамограніту	0,0022	25,04	0,05

Оскільки виконується умова:  $D1 + D2 > 1$ , отже розрахунок коефіцієнта теплотасвоєння внутрішньої поверхні зовнішньої стіни буде вироблено за формулою:

$$Y_{nc} = \frac{R_1 * S_1^2 + S_2}{1 + R_1 * S_2}, \quad (3.8)$$

$$Y_{nc} = \frac{0,0148 * 9,76^2 + 8,48}{1 + 0,0148 * 8,48} = \frac{9,8898}{1,1255} = 8,8 \text{ Вт/м}^2\text{°C}$$

Отриманий результат доводить, що теплотасвоєння конструктивного складу, що розробляється, відповідає нормам, що підтверджує можливість його використання у цивільних будівлях.

Також у зв'язку із заміною матеріалу гідроізоляційного шару необхідно переконатись у повітропроникності отриманої конструкції, і визначити ймовірність випадання конденсату на зовнішній поверхні та в товщі огорожі.

Потрібний опір навісного фасаду повітропроникненню визначається

згідно з формулою:

$$R_i^{\text{тр}} = \frac{\Delta p}{G_H}, \quad (3.9)$$

де  $G_H$  - нормативна повітропроникність зовнішньої стіни, приймається рівною  $0,5 \text{ кг/м}^2 \text{ г}$ ,

$\Delta p$  – різниця тисків повітря на зовнішній та внутрішній поверхнях огорожі:

$$\Delta p = 0,55 * H * g(\rho_z - \rho_H) + 0,3 \rho_H u_H^2, \quad (3.10)$$

де  $H$  - висота будівлі від рівня поверхні землі до верху витяжної шахти у будівлі, що дорівнює  $10,2 \text{ м}$ ;

$\rho_z$  – щільність зовнішнього повітря,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\rho_H$  – щільність внутрішнього повітря,  $\text{кг/м}^3$ .

Щільність повітря визначається за такою формулою:

$$\rho = \frac{353}{t + 273}, \quad (3.11)$$

де  $t$  - температура повітря, що приймається рівною  $1$  в при обчисленні щільності внутрішнього повітря або  $t_z$  для розрахунку щільності зовнішнього повітря відповідно.

Фактичний опір повітропроникненню багат шарової огорожувальної конструкції  $R_i$ ,  $\text{м}^2 \text{чПа/кг}$ , визначають як суму опорів повітропроникнення окремих шарів:

$$R_u^{\phi} = \sum R_{ui}, \quad (3.12)$$

де  $R_{ui}$  - сопротивление воздухопроницанию  $i$ -го слоя конструкции.

Тоді фактична повітропроникність буде рівна:

$$G_{\phi} = \frac{\Delta p}{R_u^{\phi}} \quad (3.13)$$

Результати обчислень представлені нижче:

$$\rho_{\text{в}} = \frac{353}{20+273} = 1,205 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{з}} = \frac{353}{-30+273} = 1,453 \text{ кг/м}^3$$

$$\Delta\rho = 0,55 * 10,2 * 9,81(1,453 - 1,205) + 0,3 * 1,453 * 4^2 = 20,6 \text{ Па}$$

$$R_u^{\text{тр}} = \frac{20,6}{0,5} = 41 \text{ м}^2\text{ГПа/кг}$$

Нехтуємо в розрахунку наявністю вентиляваного проміжку і подальшим облицювальним шаром.

Таблиця 3.6 – Параметри зовнішнього утеплення по повітропроникненню

Найменування матеріалу	Товщина $\delta$ , м	Опір повітропроникненню $R_u$ , $\text{м}^2\text{ГПа/кг}$
Вапняно-піщаний розчин Dufa	0,012	142
Кладка з керамічної цеглини на цементно-піщаному розчині	0,38	18
Мінераловатна плита ROCKWOOL «Лайт-Батс»	0,05	2
Бітумно-полімерна мастика «Дорфлекс»	0,002	80
Повітряний прошарок	0,03	-
Плити з керамограніту	0,0075	0,5



Тоді фактичний опір воздухопроницанию буде рівний:  $R_u^\phi = 142 = 18 = 2 = 80 = 242 \text{ м}^2\text{Па/кг}$ , що перевищує необхідну величину.

Фактична маса повітря, що проходить через товщу огорожі:

$$G_\phi = \frac{20,6}{242} = 0,085 \text{ кг/м}^2\text{Г}$$

Виходячи з розрахунків, впливає, що пропонований склад конструкції відповідає всім вимогам щодо повітроізоляції, запобігаючи приміщенням від вихолодження в зимовий період і проникнення зовнішнього повітря в теплий період року.

При проведенні перевірки зовнішнього утеплення на ймовірність випадання конденсату на внутрішній поверхні необхідно обчислити розрахунковий температурний перепад:

$$\Delta t_{\text{HC}} = \frac{(t_3 - t_{\text{H}}) * n}{R_\phi \alpha_{\text{B}}}, \quad (3.14)$$

$$\Delta t_{\text{HC}} = \frac{(20+30)*1}{2,15*8,7} = 2,67^\circ\text{C}$$

Порівняємо отримане значення з необхідним температурним градієнтом :

$$\Delta t_{\text{HC}} = 2,67^\circ\text{C} < \Delta t_n = 4^\circ\text{C}$$

З отриманої нерівності можна зробити висновок, що виділення вологи на внутрішній поверхні зовнішніх стін адміністративної будівлі не утворюватиметься.

Для визначення можливості випадання конденсату в товщі огорожувальної конструкції був використаний графічний метод (метод Фокіна).

Для побудови графіка необхідно розглянути дифузію водяного пара при протіканні у стаціонарному режимі. Оскільки процес проникнення

вологи в серединні шари зовнішньої стіни відбувається повільніше ніж передача тепла, то для розрахунків необхідно використовувати  $t_3 = t_{яз} =$  мінус  $13,5^{\circ}\text{C}$ .

Для отримання більш точних результатів необхідно розділити шари утеплювача та цегляної кладки на 2 та 3 частини відповідно та знайти температуру на поверхні кожного «нового» елемента. Після чого розраховують значення максимально можливого парціального тиску водяної пари  $E$ , Па. Характер зміни даного параметра відображають у вигляді кривої на схемі огороження.

$$E = 1,84 * 10^{11} * \exp\left(\frac{-5300}{273+t_B}\right), \quad (3.15)$$

Дійсні чисельні значення вмісту водяної пари у навісному утепленні визначають за формулою:

$$e_i = e_B - \frac{e_B - e_3}{R_n} (R_{nB} + R_{n1} + \dots + R_n), \quad (3.16)$$

де  $e_B$  - дійсне значення пружності водяної пари внутрішнього повітря, Па

$$e_B = \frac{\varphi_B}{100} E_B, \quad (3.17)$$

де  $E_B$  - максимально можлива пружність водяної пари при температурі внутрішнього повітря,  $t_B$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$e_3$  - дійсне значення пружності водяної пари зовнішнього повітря, Па

$$e_3 = \frac{\varphi_3}{100} E_3, \quad (3.18)$$

де  $E_3$  - максимально можлива пружність водяної пари при температурі зовнішнього повітря,  $t_3$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$R_{n1}, R_{n3}$  - опір паропроникненню 1-го, n-го шарів зовнішньої стіни:

$$R_{n1} = R_{nB} + \sum R_{ni} + R_{n3} \quad (3.19)$$

де  $R_{пз}$  - опір паропроникненню внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції:

$$R_{пз} = 0.06 * \left(1 - \frac{\varphi_{в}}{100}\right), \quad (3.20)$$

$R_{пi}$  - опір паропроникненню  $i$ -го шару огороження:

$$R_{пi} = \frac{\delta_i}{\mu_i}, \quad (3.21)$$

де  $\mu_i$  - де  $\mu_i$  - розрахунковий коефіцієнт паропроникності матеріалу  $i$ -го шару;

$R_{пз}$  - опір паропроникненню зовнішньої поверхні зовнішнього утеплення:

$$R_{пз} = 0.06 * \left(1 - \frac{\varphi_{з}}{100}\right), \quad (3.22)$$

Таблиця 3.7 - Технічні характеристики паропроникнення шарів навісного фасаду

Найменування матеріалу	Товщина $\delta$ , м	Паропроникність $\mu$ , мг/(м-г-пПа)	Опір паропроникненню $R_{п}$ , (м <sup>2</sup> г-Па)/мг
Вапняно-піщаний розчин Dufa	0,012	0,12	0,1
Кладка з керамічної цеглини на цементно-піщаному розчині	0,38	0,14	2,7
Мінераловатна плита ROCKWOOL «Лайт - Батс»	0,05	0,3	0,2
Бітумно-полімерна	0,002	0,008	0,25

мастика «Дорфлекс»			
Повітряний прошарок	0,03	-	0
Плити з керамограніту	0,0075	0,008	0,94

Нижче наведено результати обчислень:

$$R_{\text{нв}} = 0,06 * \left(1 - \frac{60}{100}\right) = 0,024 \text{ м}^2\text{ГПа/мГ}$$

$$R_{\text{нз}} = 0,06 * \left(1 - \frac{84}{100}\right) = 0,096 \text{ м}^2\text{ГПа/мГ}$$

$$R_n = 0,024 + 0,1 + 2,7 + 0,2 + 0,25 + 0,94 + 0,0096 = 4,22 \text{ м}^2\text{ГПа/мГ}$$

Для отримання коректних значень парціальних тисків водяної пари, що проходять крізь товщу огорожувальної конструкції, необхідно провести розрахунок зміни температури у площині можливої конденсації за формулою (3.3) за умови:  $t_3 = t_{\text{яз}} = \text{мінус } 13,5^\circ\text{C}$

Таблиця 3.8 – Температурний режим підвісного фасадного утеплення при  $t_3 = \text{мінус } 13,5^\circ\text{C}$

$R_i, \text{ м}^2\text{C/Вт}$	0,11	0,13	0,72	1,94	1,95	2,10	2,10
$\tau_i, ^\circ\text{C}$	18,21	17,97	8,71	-10,33	-10,45	-12,79	-12,82

Для зручності наступних математичних дій розділимо товщину теплоізолюючого шару на 2 частини, а цегляну кладку на 3.

Таблиця 3.9 - Результати графічного методу Фокіна

	зн	1	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4	5	6
$\tau_i, ^\circ\text{C}$	18,2	17,9	14,9	11,8	8,7	-0,8	-10,3	-10,5	-12,8	-12,8
$E_i, \text{ Па}$	2070	2039	1675	1371	1117	576	283	281	234	233
$e_i, \text{ Па}$	1382	1353	1097	840	584	555	527	455	455	187

Графіки зміни парціального тиску водяної пари та їх дійсні значення в товщі огорожувальної конструкції будуються в єдиний масштаб (рисунок 3.1). За їх взаємним розташуванням виконується аналіз вологого режиму інноваційного огородження

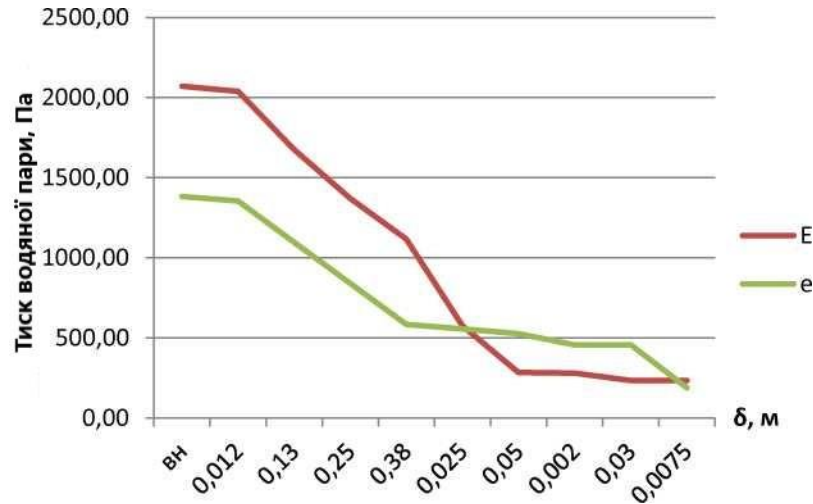


Рисунок 3.1 - Діаграма Фокіна

З аналізу отриманого зображення видно, що лінії дійсною і максимальної пружності водяної пари перетинають один одного, що говорить про можливість випадання конденсату в товщі шару, що утеплює. Необхідно провести додаткову перевірку отриманої конструкції на ймовірність зволоження аналітичним методом.

При визначенні розрахунковим способом можливості перезволоження матеріалу огорожі спочатку слід виявити місце розташування площині, в якій волога випаде швидше, ніж в інших перерізах

Для цього обчислимо комплекс  $f_i$  для кожного шару конструкції:

$$f_i = 5330 \frac{R_n(t_B - t_H^-) \mu_i}{R_0^{YM}(e_B - e_H^-) \lambda_i} \quad (3.23)$$

де  $t_H^-$  - середня температура зовнішнього повітря для періоду з негативними середньомісячними температурами, що приймається рівною мінус 8,98°C;

$R_0^{YM} = R_{0PP}^{iH} 2,15 \text{ м}^2\text{С/Вт}$  - умовний опір теплопередачі однорідної багатошарової огорожувальної конструкції;

$e_H^-$  - середній парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря для місяців із середніми негативними температурами:

$$e_H^- = \frac{e_H^{\cdot}}{n}, \quad (3.24)$$

де  $e_H^{\cdot}$  - парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря кожного місяця із середніми негативними температурами;

$n$  - кількість місяців з негативними температурами зовнішнього повітря за рік.

Таблиця 3.10 - Середньомісячні температури та парціальні тиски

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
$t, ^\circ\text{C}$	-13,5	-12,6	-5,8	5,8	14,3	18,6	20,4	19,0	12,8	4,2	-3,4	-9,6	4,2
$e_H^{\cdot}, \text{Па}$	220	220	360	620	850	1220	1470	1310	950	630	450	300	720

$$e_H^- = \frac{220 + 220 + 360 + 450 + 300}{5} = 310 \text{ Па}$$

Значення пошарової величини комплексу  $f_i$  представлені нижче:

$$f_1 = 5330 \frac{4,22(20 + 8,98)0,12}{2,15(388,88 - 310)0,81} = 41,63$$

$$f_2 = 5330 \frac{4,22(20 + 8,98)0,14}{2,15(388,88 - 310)0,64} = 61,47$$

$$f_3 = 5330 \frac{4,22(20 + 8,98)0,3}{2,15(388,88 - 310)0,041} = 2056,2$$

$$f_4 = 5330 \frac{4,22(20 + 8,98)0,008}{2,15(388,88 - 310)0,27} = 8,33$$

$$f_5 = 5330 \frac{4,22(20 + 8,98)0}{2,15(388,88 - 310)1} = 0$$

$$f_6 = 5330 \frac{4,22(20 + 8,98)0,008}{2,15(388,88 - 310)3,49} = 0,64$$

Для визначення площини можливої конденсації необхідно обчислити чисельні значення температури на межі шарів огорожі формулі (3.3), замінивши при цьому  $t_n = t_n^-$  = мінус 8,98°C.

Обчислимо температури у зоні максимального зволоження кожного шару огорожувальної конструкції.

Усі отримані дані зведемо в таблицю 3.11.

Таблиця 3.11 - Граничні температури шарів

Найменування шару	$f_i$	$t_{m,y}$	$t_n^-$
Внутрішня поверхня стіни	-	-	18,45
Вапняно-піщаний розчин Dufa	41,63	17,78	18,25
Кладка з керамічної цеглини на цементнопесчаном розчині	61,47	9,65	10,25
Мінераловатна плита ROCKWOOL «Лайт-Батс»	2056,20	-7,25	-6,19
Бітумно-полімерна мастика «Дорфлекс»	8,33	-8,48	-6,28
Повітряний прошарок	0	-9,63	-8,31
Плити з керамограніту	0,64	-10,24	-8,34

Виходячи з результатів розрахункових даних, розташуванням площини можливою конденсацією є шар мінераловатного утеплювача.

Крім того, виконується умова :

$$\frac{\mu_{ут}}{\lambda_{ут}} = \frac{0,3}{0,041} = 7,32 > 2$$

Тоді за площину максимального зволоження слід прийняти площину, що лежить на зовнішній межі теплоізолюючого шару. Так як за всіма показниками вона найшвидше піддаватиметься надмірному вологовживання.

Необхідно перевірити чи виконуються умови:

$$R_{п.з.} \geq R_{n1}^{тр}, R_{n2}^{тр}$$

Необхідний опір паропроникненню  $R_{n1}^{тр}$  (з умови неприпустимість накопичення вологи в огорожувальній конструкції за річний період експлуатації), визначається за формулою:

$$R_{n1}^{тр} = \frac{(e_B - E)R_{п.з.}}{E - e_B}, \quad (3.25)$$

де  $E$  – пружність водяної пари у площині можливої конденсації за річний період експлуатації:

$$E = \frac{E_1 * z_1 + E_2 * z_2 + E_3 * z_3}{12}, \quad (3.26)$$

де  $E_1, E_2, E_3$  – парціальний тиск водяної пари при середній температурі зовнішнього повітря відповідно зимового, весняно-осіннього та літнього періоду;

$z_1, z_2, z_3$  – тривалість цих періодів;

$R_{п.з.}$  - опір паропроникненню частини конструкції, розташованої між зовнішньою поверхнею огорожувальної конструкції та площиною можливої конденсації визначається за формулою:

$$R_{п.з.} = \sum \frac{\delta_i}{\mu_i}, \quad (3.27)$$

Необхідний опір паропроникненню  $R_{n2}^{тр}$  (з умови обмеження вологи в огорожувальній конструкції за період з негативними середньомісячними температурами зовнішнього повітря):

$$R_{n2}^{тр} = \frac{0.0024 * z_{от} (e_B - E_0)}{\rho_w * \delta_w * \Delta\omega + n}, \quad (3.28)$$

де  $E_0$  - пружність водяної пари в площині максимального зволоження, що визначається при середній температурі зовнішнього повітря;

$\rho_w * \delta_w$  - щільність і товщина матеріалу зволожуваного шару;

$\Delta\omega$  - гранично допустиме збільшення розрахункового масового



відносини вологи в матеріалі зволоження шару за період вологонагромадження, приймається рівним 3%

$n$  - коефіцієнт, визначуваний по формулі :

$$n = \frac{0.0024 * z_{от}(E_0 - e_H^-)}{R_{п.з.}}, \quad (3.29)$$

де  $e_H^-$  - середня пружність водяної пари зовнішнього повітря для періоду з негативними середньомісячними температурами.

Результати обчислень представлені нижче:

$$R_{п.з.} = \frac{0,05}{0,3} + \frac{0,002}{0,008} + \frac{0,0075}{0,008} = 0,17 + 0,25 + 0,9375 = 1,35 \text{ м}^2\text{Па/мг}$$

- Кількість місяців, що припадають на зимовий, весняний – осінній та літні періоди, та їх середні температури:

- зимовий період:  $z_1 = 4$  місяці,  $t_{cp} = -10,375$  °C

- весняно - осінній період:  $z_2 = 2$  місяці,  $t_{cp} = 0,4$  °C

- літній період:  $z_3 = 6$  місяців,  $t_{cp} = 15,15$  °C

Згідно з формулою (3.3) температура в площині максимального зволоження в кожного з цих періодів буде рівна (за умови  $t_3 = t_{cp}$ ):

$$\tau_3 = 20 - \frac{(20+10,375)}{2,15} * \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,81} + \frac{0,38}{0,64} + \frac{0,05}{0,041} \right) = -7,45^\circ\text{C}$$

$$\tau_{в-0} = 20 - \frac{(20-0,4)}{2,15} * \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,81} + \frac{0,38}{0,64} + \frac{0,05}{0,041} \right) = 2,29^\circ\text{C}$$

$$\tau_{л} = 20 - \frac{(20-15,15)}{2,15} * \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,81} + \frac{0,38}{0,64} + \frac{0,05}{0,041} \right) = 15,62^\circ\text{C}$$

Найдем значение парциальных давлений по формуле (3.15):

$$E_3 = 1,84 * 10^{11} \exp\left(\frac{-5300}{273-7,45}\right) = 353 \text{ Па}$$

$$E_{B-0} = 1,84 * 10^{11} \exp\left(\frac{-5300}{273+2,29}\right) = 718 \text{ Па}$$

$$E_L = 1,84 * 10^{11} \exp\left(\frac{-5300}{273+15,62}\right) = 1756 \text{ Па}$$

$$E = \frac{353*4+718*2+1756*6}{12} = 1115 \text{ Па}$$

$$R_{n1}^{TP} = \frac{(388,88-115)*1,35}{1115-720} = 0,936 \text{ м}^2\text{Па/мГ}$$

Тепер необхідно розрахувати температуру в площині можливій конденсації за умови  $t_H = t_H^-$  (3.3) :

$$\tau_0 = 20 - \frac{(20+10,375)}{2,15} * \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,81} + \frac{0,38}{0,64} + \frac{0,05}{0,041}\right) = -7,45^\circ\text{C}$$

Тоді парціальний тиск водяної пари в площині випадання конденсату :

$$E_0 = 1,84 * 10^{11} \exp\left(\frac{-5300}{273-6,19}\right) = 1388 \text{ Па}$$

$$n = \frac{0,0024*203(388-310)}{1,35} = 389$$

$$R_{n2}^{TP} = \frac{0,0024*203(388,88-1388)}{180*0,05*0,03+389} = 0,001 \text{ м}^2\text{Па/мГ}$$

Порівняємо отримані значення:

$$R_{n1}^{TP} = 0,936 \text{ м}^2\text{Па/мГ} > R_{n2}^{TP} = 0,001 \text{ м}^2\text{Па/мГ}$$

$$R_{п.з.} = 1,35 \text{ м}^2\text{Па/мГ} > R_{n1}^{TP} = 0,936 \text{ м}^2\text{Па/мГ}$$

За отриманими результатами видно, що запропонована конструкція зовнішньої огорожі задовольняє всім вимогам теплового захисту,

теплотозасвоєння та повітропроникнення. Згідно з розрахунками, представленими вище, випадання конденсаційної вологи, як на внутрішній поверхні фасадного утеплення, так і в товщі огорожувальної конструкції відбуватися не буде. Розроблена система навісного фасадного утеплення рекомендується для монтажу у цивільних будівлях.

### 3.2 Пропозиції щодо підвищення ефективності виконання робіт з монтажу

Установка фасадів навісного типу із застосуванням гумової гідроізоляції за загальним принципом схожа на пристрій фасадних систем традиційного заповнення.

Монтажні роботи починаються з очищення поверхонь зовнішніх стін від раніше нанесених на них оздоблювальних матеріалів з наступною розміткою згідно з ПОС. Після чого встановлюють вертикальні та горизонтальні металеві профілі, що утворюють каркас майбутнього огороження. У порожнини, утворені напрямними каркасної системи, укладають утеплювач (мінеральну вату або пінополістирольну екструзію), а наступним шаром здійснюють роботи з гідроізоляції фасаду.

На відміну від рулонних гідроізоляційних матеріалів, що закріплюються за допомогою тарілчастих дюбелів крізь товщу утеплювача, бітумно - полімерну мастику напилюють на поверхню огорожі за допомогою двоканального розпилювача.

Спочатку площу покриття очищають від пилу і злегка зволожують за допомогою розпилювальної установки. Потім підготовлену бітумну масу наносять під тиском на робочу зону завтовшки 2 мм, що відповідає 1 шару. Процес твердіння матеріалу здійснюється в природних умовах, тривалість застигання залежить від температури навколишнього повітря, за якої здійснюються монтажні роботи. Це дозволяє проводити роботи з

встановлення навісного утеплення послідовно – потоковим методом [3].

Завершальним етапом є виконання облицювання. Тип кріплення та технологія монтажу зовнішнього обрамлення залежить від матеріалу, що використовується при влаштуванні фасаду.

Для наочного уявлення скорочення термінів виробництва під час використання запропонованої конструкції було визначено трудовитрати і чисельність робочих під час монтажу, і навіть побудовано графік виконання робіт.

Технічні характеристики будівлі, необхідні для розрахунку:

- - Розміри в плані - 21,5 x 6,5 м;
- - Висота поверху - 3,3 м;
- - кількість поверхів – 3;
- - Висота будівлі - 10,2 м;
- - кількість віконних палітурок - 78 шт.

Трудомісткість виробництва монтажу розраховується по формулі:

$$T_p = \frac{V \times H_{ч}}{8}, \text{ люд.год} \quad (3.30)$$

де  $V$  - об'єм робіт, приймається з таблиці 3.12;

$H_{ч}$  - норма часу для кожного виду діяльності.

Таблиця 3.12 - Відомість обсягів монтажу

№ з/п	Найменування	Од. вим.	Об'єм робіт
1	Влаштування несучого каркаса	м <sup>2</sup>	434
	Розмітка і установка кронштейнів	т	0,27
	Монтаж вертикальних напрямних	10 м	55,2
	Монтаж горизонтальних напрямних	10 м	112,2

2	Теплоізоляційні роботи	м <sup>2</sup>	434
	Напилення гідроізоляційного складу	100 м <sup>2</sup>	4,34
3	Облицювання будівлі	м <sup>2</sup>	434
	Монтаж облицювальних панелей	100 м <sup>2</sup>	4,34
	Облаштування примикань	10 м	74,9

Таблиця 3.13 - Трудовитрати під час проведення монтажних робіт

Найменування	Об'єм робіт	Нормативні		Фактичні		Склад ланки
		люд-год	маш- змін	люд- год	маш- змін	
1. Влаштування несучого каркаса						
Розмітка і установка	0,27	7,6	-	0,26	-	Монтажник 4розр. - 1, Зрозр. - 1
Монтаж вертикальних напрямних	55,2	1,3	-	8,97	-	Монтажник 4розр. - 1, Зрозр. - 1
Монтаж горизонтальних напрямних	112,2	0,43	-	6,03	-	Монтажник 4розр. - 1, Зрозр. - 1
2. Теплоізоляційні роботи						
Закріплення плит теплоізоляції	4,34	0,34	-	0,18	-	Термоізолювальник 4розр. - 1, 3розр. - 2
Напилення гідроізоляційного складу	4,34	2,9	-	1,57	-	Гідроізолювальник 4розр. - 1, 2розр. - 1
3. Облицювання будівлі						
Монтаж облицювальних панелей	4,34	2,2	-	1,19	-	Монтажник 4розр. - 1, Зрозр. - 1

Облаштування примикань	74,9	0,88	-	8,24	-	Монтажник 4разр. - 1, Зрозр. - 1
Разом:				26,45		

Час, що витрачається монтажниками для здійснення всієї послідовності операцій, обчислюється за такою формулою:

$$T = T_p / (n * k), \text{ дні} \quad (3.31)$$

де  $n$  - кількість робітників в ланці, люд

$k$  - змінність, величину приймаємо рівну 2.

За отриманими даними було виконано графічне зображення тривалості робіт із встановлення навісного фасаду із застосуванням технології безшовного напилення.

Крім того, згідно з інформацією [42], на графік були нанесені тимчасові відрізки, що відповідають тривалості монтажу зовнішнього утеплення традиційного типу.

Аналіз отриманих даних показав, що при чисельно рівному складі робочої ланки роботи з улаштування навісного фасаду запропонованим методом скорочуються в середньому на 1,5 - 2 дні порівняно з традиційним способом - закріплення рулонних гідроізоляторів тарілчастими дюбелями [23]. Це досить актуально за сучасних прискорених темпів будівництва.

Також при виконанні натурних замірів для визначення трудозатрат по напиленню битумно - полимерной мастики опытным путем была получена величина -1,8 чел - час на 100 м<sup>2</sup> ограждающей конструкции. Учет скорректированной единицы трудоемкости позволит в полной мере отразить степень сложности работ и правильно осуществит процесс организации монтажа на строительной площадке.

### 3.3 Оцінка ефективності запропонованих заходів

Для визначення доцільності вдосконалення фасадів навісного типу із застосуванням рідкої гуми було виконано локальні ресурсні кошторисні розрахунки з використанням прикладного програмного забезпечення Estimate 1.9.18.

За результатами обчислень було визначено, що вартість робіт із монтажу конструкцій зовнішнього утеплення інноваційним способом перевищує вартість робіт за традиційним методом на 23%. 71% від підсумкової суми - витрати на матеріали, інші кошти витрачаються між ФОП та витратами на експлуатацію машин та механізмів у наступному співвідношенні - 24,7% та 4,3% відповідно.

Проте, як показали результати детального аналізу вкладень, незважаючи на подорожчання готового продукту, виплати діяльності робітників знизилися на 7,7% внаслідок механізації процесу. Це ще раз підтверджує факт скорочення термінів будівництва, що є актуальною тенденцією у сучасній будівельній індустрії [46].

Нижче наведено діаграми розподілу елементів витрат при влаштуванні навісних вентильованих фасадів з використанням Ізоспану та бітумно-полімерної мастики (рисунок 3.2 та 3.3).

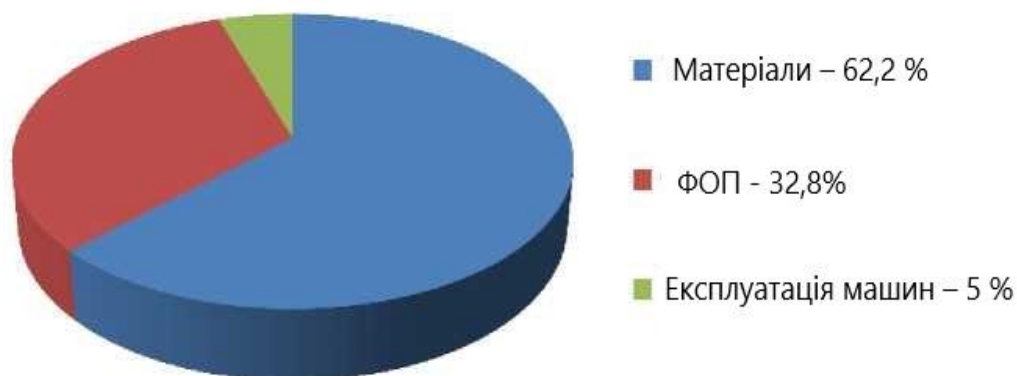


Рисунок 3.2 - Структура вартості робіт з монтажу фасадних конструкцій із застосуванням Ізоспану

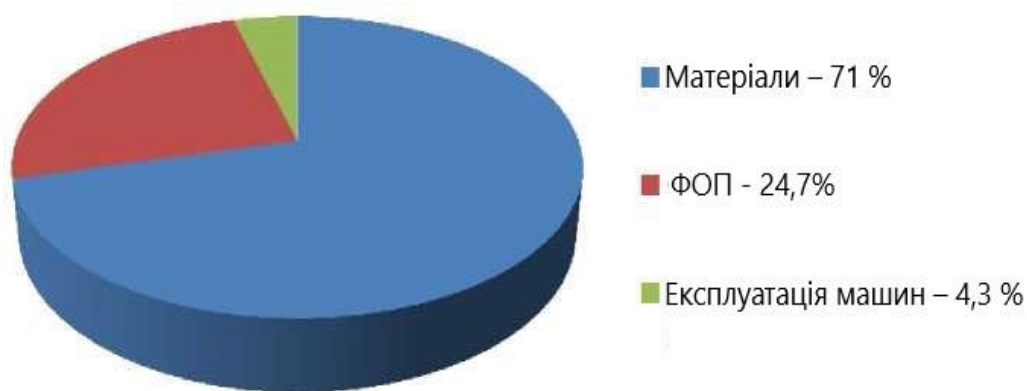


Рисунок 3.3 - Структура вартості робіт з улаштування систем утеплення зовнішніх стін з гідроізоляцією, що напильюється

Згідно з даними натурних випробувань, наданих виробником двокомпонентної суміші ТОВ "Інноваційні технології" у відкритому доступі, фактичний термін служби матеріалу становить 50 - 60 років залежно від умов експлуатації об'єкта [26]. У той час як для гідроізоляційної мембрани цей період скорочується до 5 - 7 років при дотриманні технології монтажу, а при її порушенні та зовсім до 2 – 3 років [7].

Мережевий графік експлуатаційного зносу Ізоспану QA proff, виконаний, виходячи з результатів обстеження типового адміністративного будинку, розташованого в Приволзькому федеральному окрузі [48], (рис. 3.4), показав, що через 2,5 - 3 років експлуатації слід проводити поточний ремонт фасаду, а по досягненню 6 років і більше – капітальний ремонт.

Для порівняння технічних характеристик ремонтпридатності гідроізоляції на графічному зображенні були також зазначені дані щодо зносостійкості бітумно - полімерної мастики [5]. Незважаючи на відсутність чисельних показників по зносостійкості на весь термін експлуатації рідкої гуми, вже зараз можна з упевненістю сказати, що протягом 10 років щоденної експлуатації знос матеріалу складе в середньому близько 10 - 12%, що дозволить суттєво знизити витрати на подальшу експлуатацію у жорстких умовах економії будівельної промисловості.



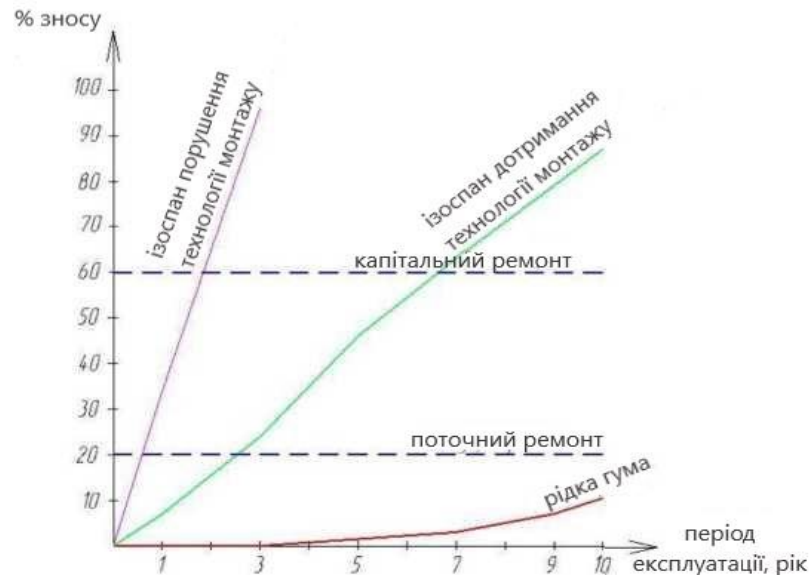


Рисунок 3.4 - Експлуатаційне зношування гідроізоляційних матеріалів

Для визначення річної економічної ефективності запропонованих заходів скористаємося формулою [6]:

$$E_{\text{рік}} = Z_1 - Z_2, \quad (3.32)$$

де  $Z_1$  - річні експлуатаційні витрати під час обслуговування навісної фасадної огорожі із застосуванням рулонної гідроізоляції;

$Z_2$  - витрати на обслуговування фасадного утеплення з використанням бітумно-полімерної мастики протягом року :

$$Z_1 = C_{\text{вр1}} + 0.1 * K_1, \quad (3.33)$$

$$Z_2 = C_{\text{вр2}} + 0.15 * K_2, \quad (3.34)$$

де  $C_{\text{вр1}}$  - вартість робіт з поточного та капітального ремонтів фасадів, виконаних за традиційною методикою, мінімальний термін служби - 5 років;

$C_{\text{вр2}}$  - величина витрат на планово - запобіжні заходи щодо підтримки інноваційної огорожувальної конструкції в експлуатаційному стані у 10-

річний період;

$K_1, K_2$  - капітальні вкладення при монтажі фасадних конструкцій, що огорожують, приймаються з локальних ресурсних кошторисних розрахунків..

Для розрахунку величини  $C_{вр1}$  і  $C_{вр2}$  приймаються рівними  $1,5K_1$  та  $1,5K_2$  відповідно (роботи з демонтажу та подальшого монтажу окремих елементів конструкцій) за весь період експлуатації.

Розрахунки проводилися на 100м<sup>2</sup> огороження.

Для навісної огорожі з Ізоспан QA proff:

$$C_{вр}^1 = \frac{1,5K_1}{5} = \frac{1,5*2237692,25}{5} = 671308 \text{ грн\рік.}$$

$$З_1 = 671308 + 0,15*2237692,25 = 1006961,5 \text{ грн\рік.}$$

Для конструкцій з рідкою гумою:

$$C_{вр}^2 = \frac{1,5K_1}{5} = \frac{1,5*2901312,89}{5} = 435197 \text{ грн\рік.}$$

$$З_1 = 435197 + 0,15*2901312,89 = 870394 \text{ грн\рік.}$$

$$\text{Тоді } E_{рік} = 1006961,5 - 870394 = 136567,5 \text{ грн\рік.}$$

З даних видно, що запропонована методика дозволяє скоротити витрати обслуговування навісного фасадного огороження на 13,6%. Що важливо за умов дії політики прискороного та економного будівництва.

#### 3.4 Висновки по третьому розділу:

1. Використання двокомпонентної латексної емульсії «Дорфлекс» як гідроізоляційний шар при влаштуванні конструкцій навісного типу дозволяє

знизити загальну вагу зовнішньої огорожі без втрати потрібних теплотехнічних і вологих показників.

2. Метод холодного безшовного напилення рідкої гуми сприяє скороченню термінів монтажу, зберігаючи їх високу якість.

3. Встановлена фактично величина трудовитрат з нанесення полімерної гідроізоляції склала 1,8 чол - годину на  $100 \text{ м}^2$  огорожувальної конструкції.

4. Встановлення фасадного утеплення інноваційним способом дозволяє зменшити експлуатаційні витрати на  $100 \text{ м}^2$  навісного огородження протягом усього терміну служби на 136 567,5 грн. / рік, що становить 13,6% порівняно з традиційною технологією.

## ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз існуючих конструктивних схем щодо влаштування навісних фасадних систем показав, що на сьогоднішній день відомо більше 20 різних варіантів. Їх основними особливостями є: конфігурація несучого каркаса, тип облицювальних матеріалів та методи його установки. Узагальнені показники теплопередачі конструкцій чисельно рівні і залежить від умов експлуатації будівельних об'єктів.

2. Оцінка техніко-технологічних рішень показала, що однією з основних причин зниження енергоефективності навісного огороження – недосконалість елементів кріплення парогідроізоляційного шару. Це спричиняє ймовірність природного перезволоження утеплювача, що веде до зниження його теплоізолюючих властивостей та передчасного руйнування.

3. За результатами огляду матеріалів, що застосовуються у фасадних системах навісного типу, було виявлено, що основну частку зовнішнього утеплення становлять конструкції з використанням мінераловатних плит (80%), незважаючи на їхню можливість природного перезволоження. Як гідроізоляція широко використовують рулонні матеріали (геотекстиль або мембрани), однак необхідно враховувати наявність великої кількості метиз для їх закріплення в товщі огорожі, що підвищує трудомісткість робіт. Найбільш поширеними облицювальними матеріалами є: керамограніт, фіброцемент, композитні та полімерні панелі.

4. Внесено пропозицію щодо заміни гідроізоляційного шару з рулонного матеріалу Ізоспан QA proff на напилювану двокомпонентну латексну емульсію «Дорфлекс». Згідно з проведеними розрахунками використання бітумно-полімерної мастики дозволяє знизити загальну вагу зовнішньої огорожі без втрати потрібних теплотехнічних і вологих показників.

5. Розроблено заходи щодо підвищення ефективності виконання

монтажних робіт - метод холодного безшовного напилення пароізоляційного шару. Пропонований метод сприяє скороченню термінів монтажу, при цьому зберігаючи їхню високу якість. Встановлена власне величина трудовитрат за нанесення полімерної гідроізоляції становить 1,8 чол - годину на 100 м<sup>2</sup> огороджувальної конструкції.

6. Виходячи з вищесказаного, можна зробити висновок, що вдосконалена конструкція навісного фасадного утеплення відповідає всім вимогам до елементів енергоефективних будівель і має право вважатися перспективним напрямом розвитку енергозберігаючих технологій.

## СПИСОК ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г.Фаренюк. – Київ:Гама-Принт, 2009. – 216 с.
2. Фаренюк Г.Г. Нормативне забезпечення при застосуванні конструкцій фасадної теплоізоляції житлових та громадських будинків / Г.Г. Фаренюк // Будівництво України. – 2009. – № 1 – 2. – С. 12 – 16.
3. Тимофєєв М.В. Математичне моделювання потрібних опорів теплопередачі елементів зовнішньої оболонки будинків / М.В. Тимофєєв, С.О. Сахновська, Т.В. Жмихова // Проблеми архітектури і містобудування. Архітектурне середовище, архітектура будівель і споруд. Випуск 2010 – 2 (82) Вісник Донбаської національної академії будівництва та архітектури. – С. 32 – 37.
4. ДСТУ Б В.2.6-35:2008 «Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустриальними елементами з вентиляваним повітряним прошарком. Загальні технічні умови».
5. Скребнєва С.М. Дисертаційна робота. Ефективні енергозберігаючі огорожуючі конструкції житлових будинків та споруд / С.М. Скребнєва // Київ – 2013. – 167 с.
6. Фаренюк Г.Г. Методи експериментального визначення показників теплової надійності конструкцій фасадної теплоізоляції / Г.Г. Фаренюк // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка: науковотехнічний збірник. – Вип. 36. – 2010. – С. 76 – 83.
7. Тимофєєв М.В. Розрахунки теплової ізоляції будівель: навчальний посібник [Текст] / М.В. Тимофєєв, Г.Г. Фаренюк. – Донецьк, Макіївка: Норд-Пресс, ДонНАБА, 2009. – 73 с.

9. ДСТУ Б В.2.6-145:2010 “Конструкції будинків і споруд. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги.”

10. ДСТУ Б В.2.7.-312:2016 “Арматура неметалева композитна базальтова періодичного профілю”.

11. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2006. — [Чинні від 2007-04-01] / Мінбуд України — Київ: Укрархбудінформ, 2006. — 65 с. — (Державні будівельні норми України).

12. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2016. — [Чинні від 2007-04-01] / Мінбуд України — Київ: Укрархбудінформ, 2016. — 35 с. — (Державні будівельні норми України).

13. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2006. [Чинні з 2006-10-01] / Держбуд України. — Київ: Укрархбудінформ, 2006. — 76 с. — (Державні будівельні норми України).

14. Громадські будинки та споруди. Основні положення : ДБН В.2.2.-9-99.[Чинні від 2000-01-01] / Мінбудархітектури України. — Київ: Укрархбудінформ, 1999. — 47 с. — (Державні будівельні норми України).

15. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Чинний з 01 січня 2014 року.

16. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія». — Київ: Держбуд України, 2012.

17. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. Проектування. : ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. [Чинні від 2008-07-01]/Мінрегіонбуд України. — Київ : Укрархбудінформ, 2001. — 43 с. — (Національний стандарт України).

18. Клімат України [Наукове видання] ; за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко / Укр. наук.- досл. гідрометеорологіч. ін-т. — Київ : Вид-во Раєвського, 2003. — 343 с.

19. ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій», чинний з 1 жовтня 2019 р.
20. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів Норми проектування / Київ: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 59 с.
21. ДБН В.2.1-10:2018. «Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення». – К.: Держбуд України, 2018.
23. ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Чинний від 2017-06-01 – 38с.
24. ДБН В.2.6-98:2009 «Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення»/ Мінрегіонбуд України. – Київ, 2011.
25. ДБН А.3.1-5-2016 «Організація будівельного виробництва». – К.:2016.- 49 с.
26. ДБН А.3.2-2:2009 ССПБ. «Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення».
27. ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд»/ Мінрегіонбуд України. – Київ, 2018.
28. ДСТУ Б В.2.5-26:2005. «Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Люки оглядових колодязів і дощоприймачі зливостічних колодязів. Технічні умови».
29. Гетун Г.В., Румянцев Б.М., Жуков А.Д. Системи ізоляції будівельних конструкцій. Навчальний посібник. – Дніпро: Журфонд – 2016 р. – 676 с.



30. Конструкції будинків і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-160:2015 – К.: Мінрегіонбуд України, 2015. – 55 с.

31. Лівінський О.М. Будівельні матеріали та вироби: підручник / О.М.Лівінський, О.М. Пшінько, М.В. Савицький, І.І. Куліченко, О.І. Курок // Укр. акад. наук. Дніпропетровськ: Дніпропетр. нац. ун-т залізн.трансп. ім. В. Лазаряна, 2014. – 656 с

32.Вентильований фасад: матеріали, рішення, ціна. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.pruszynski.com.ua/ventiliruemi-y-fasad>

32.Баталін Б.С., Євсєєв Л.Д. експлуатаційні властивості пінополістиролу викликають побоювання / Будівельні матеріали.- 2009 №10.- С. 55-58

33. History of Double Skin Facades [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://www.bestfacade.com/textde/01\\_history\\_gesamt.htm](http://www.bestfacade.com/textde/01_history_gesamt.htm)

34. Методи утеплення будинку [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://teplodim.info/uk/useful-articles/tehnologii-utepleniya-doma-kotorye-dejstvitelno-effektivny>.

35.Теплова ізоляція та енергоефективність будівле: ДБН В.2.6-31:2021.[Чинні від 01.09.2022] / Держбуд України. — Київ: Укрархбудінформ, 2021. — 23 с. — (Державні будівельні норми України).

36. Історія сучасної технології утеплення фасаду [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://latymer.ua/language/uk/statti/istoriya-suchasnoi-tehnologii-uteplennya-fasadu/>

37. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги: ДСТУ Б В.2.6-34:2008. – [Чинний від 01-06-2008]. – Київ :Мінрегіонбуд України, 2009. – 12 с. – (Національні стандарти України).

38. Кузнєцова О. О. УДК 699.866 "Аналіз сучасних конструктивно-технологічних рішень систем теплоізоляції зовнішніх стін будинків// ISSN 1813-6796 ВІСНИК КНУТД – 2013.

39. Технологія монтажу вентиляованих фасадів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://stroyrec.com.ua/pristr%D1%96i-ventilovanih-fasad%D1%96v-iaka-tehnolog%D1%96ia-montajy-zastosovy%D1%94tsia/>

40. Опис технології монтажу вентиляованих фасадів від підготовки до фінішу [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [21.https://vbud.in.ua/opis-tehnologiyi-montazhu-ventilovanih-fasadiv-vid-pidgotovki-do-finishu/](https://vbud.in.ua/opis-tehnologiyi-montazhu-ventilovanih-fasadiv-vid-pidgotovki-do-finishu/)

41. Абелєшов В. І. УДК 64.011.8 "Дослідження деяких аспектів підвищення ефективності конструкцій фасадів будівель"// Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит = Energy saving. Power engineering. Energy audit. общегосударств.науч.-произв. и информ. журн.. – Харків– 2013

42. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Науково-технічний збірник. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2013. – № 1 (14). – 160 с.розділ Технологія будівельного виробництва А. В. Мазурак, О. Т. Мазурак, В. М.Калітовський с. 75-81

43.Розв'язання нелінійних нестационарних задач теплопровідності з використанням САД-систем / А.Я. Карвацький, А.Ю. Педченко // Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Фізико-математичні науки: зб. наук. пр. —Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільськ. нац. ун-т, 2016. — Вип. 13. — С.67-77. — Бібліогр.: 13 назв. — укр.

44.Алексєєв В.А. Охорона праці будівництві та промисловості будівельних матеріалів (організація охорони праці). –Київ:, 2002. – 112с.

45.Технологія облаштування фасадів будинків навісними фасадними системами з вентиляцією / Р. Я. Яким, О. А. Ужегова // Містобудування та територіальне планування. - 2011. - Вип. 40(2). - С. 581-588. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP\\_2011\\_40%282%29\\_\\_87](http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2011_40%282%29__87)

46. Вентильований фасад- ефективний теплозахист будинку [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.stroypomosh.com.ua/uk/ventylovanyy-fasad-efektyvnyy-eplozakhyst-budyunku/>

47. EN ISO 10211, Thermal bridges in building construction — Heat flows and surface temperatures — Detailed calculations, (2007) 54

48. Tushina VM (2016) To the problem of bearing capacity and operational reliability of suspended ventilated facade. Procedia Engineering 153: 799–804. Crossref

49. Theodosiou TG, Tsikaloudaki AG, Kontoleon KJ, et al. (2015) Thermal bridging analysis on cladding systems for building facades. Energy and Buildings 109:377–384

50.Сазонова О.Ю., Пилипенко О.С., Гребенюк І.В. Теоретичні основи монтажу конструкцій навісних фасадів // Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України». - Запоріжжя : ЗНУ, 2023. - С.219-220.