

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проект)

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему Визначення оптимальної конструкції, теплофізичних параметрів і механічних характеристик енергоефективних фасадів будівель

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

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Міське будівництво та
господарство

(назва освітньої програми)

Ель Мсаддак Саад

(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.т.н, Банах А. В.

(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
2023

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 

« 11 » 06 20 23 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Ель Мсаддак Саад

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проєкту) Визначення оптимальної конструкції, теплофізичних параметрів і механічних характеристик енергоефективних фасадів будівель

керівник роботи доц., к.т.н, Банах А. В.

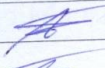


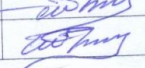
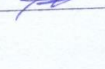

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

- 1 Строк подання студентом роботи 01.12.2023
- 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 будівельних огорожувальних конструкцій у тому числі фасадних. Аналіз експлуатаційних властивостей фасадних термпанелей, що включають: дослідження водопоглинання клінкерних плиток; морозостійкості при об'ємному заморожуванні; світлостійкості; звукопоглинаючих властивостей.

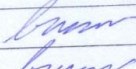
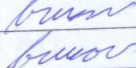
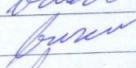
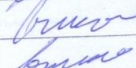
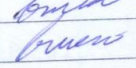
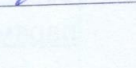
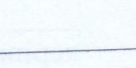
4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація із результатами аналітичних обґрунтувань наукової роботи, результатами експериментальних досліджень, результатами розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень

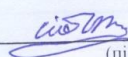
5 Консультанти розділів роботи

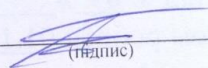
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Банах А. В.		
2	Банах А. В.		
3	Банах А. В.		

6 Дата видачі завдання 01.09.2023


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд	01.10	
2	Розділ 1	15.10	
3	Розділ 2	01.11	
4	Розділ 3	15.11	
5	Розробка графічної частини	20.11	
6	Оформлення роботи	25.11	
7	Попередній захист	01.12	

Студент  (підпис) Ель Мсаддак Саад (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)  (підпис) Банах А. В. (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  (підпис) Гребенюк І.В. (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Ель Мсаддак Саад. Визначення оптимальної конструкції, теплофізичних параметрів і механічних характеристик енергоефективних фасадів будівель.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник А.В. Банах. Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні ЗНУ, кафедра міського будівництва і архітектури, 2023.

У роботі проведено комплексні дослідження експлуатаційних та термічних властивостей фасадних термопанелей, що включають: дослідження водопоглинання клінкерних плиток; морозостійкості при об'ємному заморожуванні; світлостійкості; звукопоглинаючих властивостей; дослідження термостабільності пінополіуретану до ультрафіолетового випромінювання; визначення фізико-механічних і термічних показників поліуретану з графітом, що терморозширюється.

Ключові слова: ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ТА ТЕРМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ , ФАСАД, ТЕРМОПАНЕЛІ, КЛІНКЕРНІ ПЛИТКИ, ПОЛІУРЕТАН, НЕСУЧІ КОНСТРУКЦІЇ, ТЕРМОСТАБІЛЬНОСТІ.

ABSTRACT

El Msaddak Saad. Determination of the optimal structure, thermophysical parameters and mechanical characteristics of energy-efficient facades of buildings.

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree of higher education in specialty 192 - Construction and civil engineering, supervisor A.V. Banach. Engineering Educational and Scientific Institute named after U.M. Potebny ZNU, Department of Urban Construction and Architecture, 2023.

In the work, comprehensive studies of operational and thermal properties of facade thermal panels were carried out, including: studies of water absorption of

clinker tiles; frost resistance during bulk freezing; light fastness; sound-absorbing properties; study of thermal stability of polyurethane foam to ultraviolet radiation; determination of physical, mechanical and thermal parameters of polyurethane with thermally expanding graphite.

Keywords: OPERATIONAL AND THERMAL PROPERTIES, FACADE, THERMAL PANELS, CLINKER TILES, POLYURETHANE, BEARING STRUCTURES, THERMAL STABILITY.

ЗМІСТ

	Вступ	7
Розділ 1	АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	11
1.1	Види огорожувальних будівельних конструкцій	11
1.2	Фасадні огорожувальні конструкції	118
1.3	Сучасний стан досліджень у галузі створення пінополіуретанів зниженої горючості	31
1.4	Висновки за розділом 1	41
Розділ 2	ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ, ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА МОНТАЖУ ФАСАДНИХ ТЕРМОПАНЕЛЕЙ	42
2.1	Розробка технологічного процесу виготовлення термопанелей	42
2.2	Розробка схеми монтажу термопанелей до несучих конструкцій	47
2.3	Дослідження фізико-механических, експлуатаційних властивостей фасадних термопанелей	53
2.3.1	Дослідження водопоглинання клінкерних плиток	53
2.3.2	Дослідження морозостійкості при об'ємному заморожуванні фасадних термопанелей	55
2.3.3	Дослідження світлостійкості фасадних термопанелей	57
2.3.4	Дослідження коефіцієнта звукопоглинання фасадних термопанелей	60
2.3.5	Дослідження впливу окисленого графіту, що терморозширюється, на фізико-механічні та термічні властивості пінополіуретанів, що застосовуються для виробництва фасадних термопанелей	63
2.4	Висновки за розділом 2	69
Розділ 3	АНАЛІЗ РОБОТИ КОНСТРУКТИВНОГО РІШЕННЯ ОФІСНОЇ БУДІВЛІ З ОГОРОДЖУВАЛЬНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ З ФАСАДНИХ ТЕРМОПАНЕЛЕЙ	71
3.1	Розрахунок термічного опору фасадних термопанелей	71
3.2	Чисельний аналіз роботи конструкції офісної будівлі з конструкціями з фасадних термопанелей	76
3.3	Розрахунок вартості виготовлення фасадних термопанелей	90
3.4	Висновки за розділом 3	93
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	94
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	96

ВСТУП

Актуальність теми. З посиленням вимог щодо теплового захисту будівель виникла потреба в новій системі утеплення, відповідно до нових норм енергоефективності будівель та споруд. Як утеплювач можуть використовуватися базальтові мати, «тимплекс» панелі, пінопласти і т.д. Застосування таких різномірних матеріалів одних для облицювання, інших для ізоляції дорожчає будівництво.

Застосування технології фасадних термопанелей – найпростіший спосіб вирішення проблеми. Слід зауважити, що європейські країни використовують термопанелі для утеплення будівель вже понад 25 років.

На сьогоднішній день і на вітчизняному ринку матеріалів, призначених для високоякісного оздоблення фасадів, одне з провідних місць займають термопанелі. Від інших пропозицій цей вид фасадних матеріалів відрізняється чудовими термоізоляційними якостями, зручністю кріплення та відмінним дизайном.

Головна перевага термопанелей це те, що завдяки ним будинок буде прохолодним у спеку та теплим зимою. По теплових якостях термопанелі відповідають товстій цегляній кладці, але виглядають значно більш естетично та витончено.

Основні переваги термопанелей: ефективна теплоізоляція; широка кольорова гама; облицювання під цеглу; екологічна безпека; надійний захист від атмосферних опадів; не потребують додаткових фундаментів; точність та чистота монтажу, незалежно від погоди та пори року, у мінімальні терміни; тривалий термін служби 50-100 років; доступна ціна.

Останній пункт особливо важливий в умовах фінансової кризи, що склалася в нашій країні, і в світі в цілому. Термопанелі справді мають цінову перевагу в порівнянні з іншими (традиційними) схемами облицювання.

Окремо слід зазначити, що облицювання стін термопанелями можна робити як на стадії будівництва будинку, так і за кілька років після його

будівництва. Вік будівлі, товщина стінок, міцність фундаменту не мають жодного значення. При обробці термопанелями повністю виключається промерзання стін та проникнення в них вологи. Вони цілком придатні для каркасних будинків.

В даний час вимоги до теплошумоізоляційних матеріалів, що застосовуються в промисловому та цивільному будівництві, істотно посилюються [1 - 3]. Зокрема, будівельні матеріали повинні відповідати правилам «Правила пожежної безпеки в Україні » 4].

Сьогодні великий сегмент ринку теплошумоізоляційних матеріалів базується на пінополіуретанах (ППУ), популярність яких пояснюється можливістю реалізації високопродуктивних методів отримання спінених матеріалів, у тому числі безпосередньо на місці застосування [5, 6]. Як відомо [5 - 9], для цього використовують рідкі інгредієнти різної в'язкості, при змішуванні яких у певному співвідношенні відбувається каталізована хімічна реакція уретано-і сечовиноутворення з одночасним спінюванням за рахунок виділення низькомолекулярних газоподібних продуктів. Водночас слід зазначити, що основним недоліком ППУ є висока пожежна небезпека. Це зумовило необхідність створення важкогорючих ППУ [1, 10].

Було проведено детальний огляд наукової та патентної інформації щодо сучасного стану досліджень у галузі створення пінополіуретанів зниженої горючості. На основі аналізу літературних даних, що стосуються створення важкогорючих пінополіуретанів, авторами статті виявлено, що основний вектор розвитку цього напрямку полягає у використанні фосфорсодіжних антипіренів спільно з неорганічними добавками: борною кислотою та її похідними, гідроксидами, оксидами та солями (карбонатами, фосфатами) металів, графітом, мікро - сферами і т. д.

Сучасна промисловість висуває підвищені вимоги до створення нових матеріалів із вогнезахисними властивостями. До нового класу матеріалів, що володіє унікальними теплофізичними, антикорозійними та вогнезахисними властивостями відносяться окислені графіти, що терморозширюються [1, 11].

При цьому в літературі практично не представлено дослідження впливу графіту на фізико-механічні та термічні властивості матеріалів.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є отримання поліуретанових фасадних термопанелей з клінкерними та полімерпіщаними плитками з покращеними експлуатаційними та термічними властивостями.

Об'єкт дослідження. Пінополіуретанові (ППУ) фасадні термопанелі.

Предмет дослідження. Експлуатаційні та термічні властивості пінополіуретанових фасадних термопанелей.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених завдань використовувалися узагальнення, аналіз теоретичних та практичних досліджень на тему роботи та комплексні дослідження експлуатаційних властивостей фасадних термопанелей.

Наукова новизна одержаних результатів. Проведено комплексні дослідження експлуатаційних та термічних властивостей фасадних термопанелей, що включають: дослідження водопоглинання клінкерних плиток; морозостійкості при об'ємному заморожуванні; світлостійкості; звукопоглинаючих властивостей; дослідження термостабільності пінополіуретану до ультрафіолетового випромінювання; визначення фізико-механічних і термічних показників поліуретану з графітом, що терморозширюється.

Практичне значення одержаних результатів. У роботі розглянуто технологічний процес виготовлення термопанелей з урахуванням отриманих експериментальних даних. Технологію монтажу термопанелей до несучих конструкцій, що забезпечує надійне кріплення та довговічність у процесі експлуатації.

Особистий вклад дослідника. Постановка мети і завдання дослідження. Збір і 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 «Енергоефективні фасади будівель з використанням термопанелей»[63].

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, основних висновків, списку використаних джерел містить 102 сторінок, 28 рисунків, 14 таблиць, 63 список використаних джерел.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Види огорожувальних будівельних конструкцій

Споруда - це все що побудована людьми задоволення матеріальних і культурних потреб людського суспільства. Будівля – наземна споруда, що включає різні ізольовані приміщення, призначена для діяльності людини. До інженерних споруд відносять: тунелі, дороги, щогли.

Сили, що діють на будівлю: опади; стан навколишнього середовища; сейсмічна активність; сонячна радіація; вітрове навантаження; тиск ґрунту; ґрунтові води; транспорт; статичні (меблі, обладнання); динамічні (від працюючого устаткування).

У будівництві застосовують різні класифікації будівель:

- а) за призначенням: цивільні; промислові; сільськогосподарські.
- б) за вимогами до надійності будівель: будинки, до яких пред'являються максимальні вимоги (реактори, музеї, житлові будинки понад 10 поверхів); підвищені вимоги (лікарні, школи, житлові будинки 6-9 поверхів); громадські будинки невеликої місткості (житлові будинки до 5 поверхів); житлові будинки до 2 поверхів та підсобні будівлі.
- в) за поверховістю: одноповерхові; малоповерхові (до 3 поверхів); багатоповерхові (4-9 поверхів); підвищеної поверховості (10-20 поверхів); висотні (понад 20 поверхів); змішаної поверховості.
- г) за наявністю систем опалення: опалювані; не опалювані.
- д) за довговічністю: понад 100 років; 50-100 років; 20-50 років; менше 20 років.

Вимоги до промислових будівель: міцність - здатність будівлі надійно витримувати навантаження, а також зусилля, що виникають в елементах самої будівлі; стійкість - здатність чинити опір перекиданню чи зрушенню; капітальність - визначається його довговічністю та вогнестійкістю.

Довговічність - здатність будівлі тривалий час зберігати міцність та стійкість. Залежить від матеріалів, якості будівництва та умов експлуатації. Вогнестійкість - залежить від ступеня займистості та межі вогнестійкості основних конструкцій; економічність - визначається сукупністю вартості його зведення та експлуатації; індустриальність - визначається сукупністю вартості його зведення та експлуатації; архітектурна виразність.

Будівля складається із конструктивних елементів. За сприйняттям зовнішніх і внутрішніх впливів конструктивні елементи ділять на: несучі; огороджувальні.

Несучі конструкції сприймають постійні та тимчасове навантаження діючі на будинок, забезпечують його міцність і стійкість і утворюють каркас будівлі, що несе.

Розрізняють:

- вертикальні несучі конструкції (стіни, колони, стовпи);
- горизонтальні несучі конструкції (ригелі, балки, прогони, ферми).

Горизонтальні несучі елементи спираються на вертикальні і через каркас, що несе, передають навантаження на фундамент.

Огороджувальні конструкції - ізолюють будинок від зовнішнього простору, ділять внутрішній об'єм на окремі приміщення, захищають будинок від атмосферних впливів (зовнішні стіни, перегородки, вікна, двері, ворота, покриття).

Фундамент - це підземна конструкція, що сприймає на себе все навантаження під будівлею і сил, що діють на нього, і передає ці навантаження на ґрунт. Шар ґрунту під фундаментом називається - основою.

Стіни розрізняють: внутрішні; зовнішні; несучі; самонесучі; не несуть.

Покрівля - захищає будівлю від дощу, вітру сонця, і складається з водонепроникної оболонки та несучих елементів.

Також до конструктивних елементів будівлі належать: сходи; ліфтові шахти; балкони; лоджії; вертикальні та горизонтальні зв'язки.

Розрізняють конструктивні схеми промислових будівель: каркасна

схема - всі вертикальні елементи у вигляді колон, стійок, або стовпів; безкаркасна – коли вертикальними несучими елементами є стіни; неповний каркас - перекриття усередині будівлі спираються на колони, а за зовнішнім периметром на стіни [12].

За видами огорожувальних конструкцій поділяють:

- зовнішні - захищають від впливу погодних умов: вітер, дощ, низькі та високі температури, сонячне випромінювання та інше;

- внутрішні - спрямовані на поділ одного простору на кілька, шляхом встановлення перемичок та стін.

Зовнішні огорожувальні конструкції повинні мати високі ізоляційні характеристики. Вони не повинні вступати в хімічні реакції та мати високу стійкість до механічних навантажень. Якщо ці конструкції не мають необхідних теплоізоляційних властивостей для того чи іншого регіону застосовується додаткове утеплення. До зовнішніх видів огорожувальних конструкцій відносяться: стіни, що контактують із вулицею; заклені отвори (вікна, вітражі, двері); утеплювачі; фасадне оздоблення; фундамент; покрівля.

Завдання внутрішніх конструкцій: розподіл простору на зони; звукоізоляція.

Стіни із цегли можуть акумулювати тепло. До внутрішніх конструкцій належать: - стіни; збірні щитові конструкції; перекриття підлоги та стелі; міжкімнатні двері.

За методом виготовлення огорожувальні конструкції поділяються на вироблені на території виробництва, із застосуванням спеціального обладнання; на будівельному майданчику.

До виготовлених в умовах виробництва конструкцій, що захищають, відносяться різні плити, сендвіч панелі та інші елементи, з яких надалі монтуються несучі стіни і перекриття. Випуск кожного із цих матеріалів регламентовано державним стандартом. До виготовлених конструкцій, що захищають на місці відносяться споруди з цегли, блоків, дерев'яного бруса,

монолітні стіни з бетону та арматури, та інші матеріали.

Від товщини зовнішніх і внутрішніх стін залежить міцність будівництва, теплоізоляційні властивості, захист від різних кліматичних умов [13].

Технічні вимоги регламентують необхідну товщину стінок для різних видів будівель. У розрахунку враховується безліч факторів: середня температура регіону, в якому планується будівництво, висота споруди, площа, матеріал з якого будуть зведені стіни тощо [14 – 16].

Утеплювачі відносяться до конструкцій, що захищають. Утеплення застосовується в тому випадку, якщо товщина зовнішніх стін недостатня і необхідно створити додаткові бар'єри захисту від атмосферних агресій. Крім низької теплопровідності, всі види огорожувальних конструкцій-утеплювачів мають звукоізоляційні властивості, деякі виступають як гідробар'єр. Додаткові захисні шари можуть бути розташовані із зовнішньої або внутрішньої сторони стіни. Крім цього, ізолюючий матеріал може закладатися всередину стіни. Види ізоляції зовнішніх стін: пінополістирол; екструдований пінополіуретан; піноплекс; ветробар'єр; мінеральна вата; еко вата.

Багато матеріалів, застосовуваних для утеплення зовнішніх конструкцій, що захищають, схильні до руйнівного впливу сонячних променів, механічних пошкоджень та інших атмосферних агресій. Для того щоб уберегти шар утеплювача від цих впливів і продовжити термін його служби, утеплена площа зовнішніх стін повинна бути закрита фасадною обробкою. Фасад - декоративна частина зовнішньої стіни, що відноситься до зовнішніх конструкцій, що захищають.

Матеріали, використовуваних для фасадних робіт : плитка; сухі будівельні суміші; фарба; сайдинг; блокхауз; облицювальна цеглина; вініловий сайдинг; плити ЦСП; штучний і натуральний камінь.

Фасадне оздоблення може кріпитися безпосередньо на стіну або шар утеплювача, або на спеціально зведеній для неї конструкції. Остання

називається вентиляваним фасадом. У цьому випадку між стіною та оздобленням є повітряний прошарок, який, у свою чергу, є додатковим захисним бар'єром. Вентильований фасад підвищує товщину зовнішньої стінки, що сприяє зниженню теплообміну і, відповідно, зниження тепловтрат [17].

Основні фізичні властивості будівельних матеріалів визначаються їхньою об'ємною вагою, Н/м^3 , питомою теплоємністю, коефіцієнтами теплопровідності та повітропроникнення, теплосвоєння та паропроникнення.

Коефіцієнт теплосвоєння матеріалу чисельно дорівнює кількості теплоти, що засвоюється стінкою площею 1 м^2 протягом 1 години при температурному перепаді в один градус, і залежить від тривалості періоду роботи опалення та фізичних властивостей матеріалу.

Коефіцієнт паропроникнення матеріалу характеризується кількістю водяної пари в грамах, що проходять через плоску однорідну стінку площею 1 м^2 і товщиною 1 м протягом 1 год при різниці пружностей водяної пари у протилежних поверхнях стінки 130 Па.

До нових видів огорожувальних конструкцій та матеріалів з покращеними фізичними властивостями відносяться:

а) пустотіла цегла являє собою обпалений глиняний блок з комірчастою структурою та паралельними каналами. Такі блоки використовують як як несучі елементи, так і як елементи, що не несуть навантаження;

б) упорна цегла призначена для кладки несучих або не несучих стін, що облицьовуються цеглою або пустотілою облицьовальною цеглою. Розташування каналів у цеглині може бути вертикальним або горизонтальним;

в) ребристу облицьовальну плитку застосовують для облицьовання внутрішньої поверхні зовнішніх стін з метою створення повітряних проміжків, що перешкоджають проходженню вологи, та отримання поверхні,

придатної для нанесення штукатурки. Такі плитки є елементами, що не несуть навантаження. Їх випускають цільними та розрізними товщиною відповідно 50, 75, 100 мм та 38, 50 мм;

г) вироби з кольорового архітектурного бетону застосовують при облицюванні житлових будівель;

д) неглазуровану облицювальну цеглу виготовляють з гладкою або шорсткою текстурованою лицьовою поверхнею. Його застосовують як облицювальний матеріал, як для зовнішніх стін, так і для внутрішніх стін і перегородок;

е) склоблоки отримують шляхом з'єднання (сплавлення) двох скляних опресованих напівблоків, в результаті чого в блоці створюється частковий вакуум, що надає йому хороші ізоляційні властивості і частково дозволяє запобігати утворенню конденсату на стінах.

Вироблювані склоблоки мають два призначення: функціональне і декоративне.

Блоки функціонального призначення виготовляють три типи:

- для створення направленої світла шляхом його заломлення. Такі блоки завжди слід розташовувати вище за рівень очей (на висоті близько 1,8 м від рівня підлоги);

- для створення рівномірно розсіяного світла по всьому приміщенню. Їх можна встановлювати як вище, так і нижче за рівень очей;

- блоки общего назначения.

Блоки всіх цих типів можна виготовляти з білим або зеленим екраном усередині, виконаним зі скловолокна. Забарвлене скловолокно пом'якшує освітлення та сприяє уповільненню нагрівання панелі, якщо на неї падають прямі сонячні промені. Товщина блоків функціонального призначення становить 101,6 мм; їх розміри 203,2x203,2 та 304,8x304,8 мм.

В даний час випускається ціла гама будівельних та декоративних склоблоків різних зразків та типів. Двостінкові склоблоки пропускають природне світло і є гарним тепло- та звукоізоляційним матеріалом. Розміри

склоблоків цього типу 152,4 x 152,4; 203,2 x 203,2; 101,6 x 304,8 та 304,8 x 304,8 мм;

ж) пресовані плити виготовляють із рослинного, мінерального або синтетичного волокна, яке перемішують із в'язким матеріалом. Їх широко використовують як ізоляційний матеріал, опалубку або оздоблювальні панелі. Пресують також щільні водостійкі листи та вогнестійкі плити. Плити з волокна тростини із заводською поверхневою обробкою широко застосовують як жорстку ізоляцію для стін і перекриттів, а також для звукоізоляції внутрішніх дверей. Плити з азбестового волокна або з мінеральної вовни силікатної відносять до категорії вогнетривких. Використовувати в умовах можливого впливу вологи не рекомендується. Плити зі скловолокна, що пресується в суміші з в'язкою між листами пакувального паперу з крафт-целюлози, використовують як ізоляційні. Разом з тим їх можна встановлювати в місцях, схильних до динамічних навантажень. Плити з піноскла виготовляють із пористого або аерованого скла з покриттям формованими листами пакувального паперу з крафт-целюлози. Плити відрізняються міцністю і не схильні до впливу вологи.

Тверді плити пресують з дерев'яної тріски, обробленої розривним способом, залишків (відходів) целюлозного волокна та лігніну, що сплавляються при нагріванні. Верхня поверхня плит гладка, нижня має малюнок у вигляді сітки. Випускають також плити з обома гладкими поверхнями, з кислотійким покриттям або з різноманітним декоративним оздобленням лицьової поверхні.

Складові плити складаються з декількох шарів пакувального паперу з крафт-целюлози, просоченої фенольною або меламіною смолою та одного (верхнього) шару напівпрозорого кольорового паперу або паперу з нанесеним на нього малюнком, обробленим меламіною смолою;

з) Шаруваті пластики є міцним облицювальним матеріалом, що витримує температуру до 135 °С. Деякі види шаруватих пластиків добре піддаються згинанням у холодному стані, утворюючи невеликі криволінійні

ділянки, інші необхідно нагрівати. Фенольні та меламінові пластмаси є термореактивними.

к) Багат шарові плити складаються з центральної плити, обробленої твердими гладкими листами азбестоцементу. Вони відрізняються високими ізоляційними властивостями, їх застосовують як для внутрішньої, так і для зовнішньої обробки, а також використовують у невеликих будинках для зведення несучих стін між колонами каркасу [18].

1.2 Фасадні огорожувальні конструкції

Нині в Україні існує проблема здешевлення будівництва. Вона вирішується двома способами:

- 1) за рахунок конструктивних рішень;
- 2) використання доступних та недорогих будівельних матеріалів.

Традиційно для облицювання стін використовувалися керамічні покриття, природні матеріали. Залізобетонні, бетонні конструкції з цегли активно використовуються в даний час. Відповідно до вимог ДБН В.2.6-98:2009 [19-30], бетонні елементи застосовуються:

а) переважно в конструкціях, працюючих на стискування при малих ексцентриситетах подовжньої сили, значень, що не перевищують, вказаних в п. 2.3;

б) в окремих випадках у конструкціях, що працюють на стиснення з великими ексцентриситетами, а також у конструкціях, що згинаються, коли їх руйнування не становить безпосередньої небезпеки для життя людей і безпеки обладнання (елементи, що лежать на суцільній підставі, та ін.). У залізобетоні і бетон, і сталь міцно пов'язані між собою і, беручи участь спільно в роботі конструкції, забезпечують її міцність під впливом згинальних сил. У зв'язку з вимогами ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» приміщень потрібні додаткові утеплювачі [15]. Як утеплювач можуть використовуватися базальтові мати, «тимплекс»

панелі, пінопласти і т.д. Застосування таких різномірних матеріалів одних для облицювання, інших для ізоляції дорожчаче будівництво.

Цегла також є універсальним облицювальним матеріалом, оскільки має підвищені споживчі властивості: довговічність, морозостійкість, привабливий зовнішній вигляд, можливість створення складних архітектурних форм. У той же час існує низка суттєвих недоліків: складність укладання, дорожнеча, висока теплопровідність. Для вирішення цієї проблеми можливо за рахунок застосування композитних конструкцій, зокрема термопанелей.

Також, у відповідності вимогами з ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [15]:

- Будівництво будівель має здійснюватися відповідно до вимог до теплового захисту будівель для забезпечення встановленого для проживання та діяльності людей мікроклімату в будівлі, необхідної надійності та довговічності конструкцій, кліматичних умов роботи технічного обладнання за мінімальної витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію будівель за опалювальний період (далі - На опалення).

Довговічність огорожувальних конструкцій слід забезпечувати застосуванням матеріалів, що мають належну стійкість (морозостійкість, вологостійкість, біостійкість, стійкість проти корозії, високої температури, циклічних температурних коливань та інших руйнівних впливів навколишнього середовища), передбачаючи у разі потреби спеціальний захист елементів конструкцій, що виконуються .

В нормах встановлюють вимоги до:

- наведеному опору теплопередачі конструкцій, що захищають будівель;
- обмеження температури та недопущення конденсації вологи на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції, за винятком вікон з вертикальним склінням;
- питомому показнику витрати теплової енергії на опалювання

будівлі;

- теплостійкості огорожувальних конструкцій у теплий період року та приміщень будівель у холодний період року;

- повітропроникності огорожувальних конструкцій та приміщень будівель;

- захист від перезволоження огорожувальних конструкцій; - теплосвоєння поверхні підлог;

- класифікації, визначення та підвищення енергетичної ефективності проєктованих та існуючих будівель;

- контролю за нормованими показниками, включаючи енергетичний паспорт будівлі.

З метою скорочення втрат тепла у зимовий період та надходжень тепла у літній період під час проєктування будівель та споруд слід передбачати:

- а) об'ємно-планувальні рішення з урахуванням забезпечення найменшої площі огорожувальних конструкцій;

- б) сонцезахист світлових отворів відповідно до нормативної величини коефіцієнта тепло пропускання сонцезахисних пристроїв;

- в) площа світлових прорізів відповідно до нормованого значення коефіцієнта природного освітлення;

- г) раціональне застосування ефективних теплоізоляційних матеріалів; ущільнення притворів і фальців на заповненнях прорізів і сполучень елементів (швів) на зовнішніх стінах і покриттях.

Гідроізоляцію стін від зволоження ґрунтовою вологою слід передбачати (з урахуванням матеріалу та конструкції стін):

- горизонтальну - у стінах (зовнішніх, внутрішніх та перегородках) вище відкриття будівлі або споруди, а також нижче за рівень підлоги цокольного або підвального поверху;

- вертикальну - підземну частину стін з урахуванням гідрогеологічних умов та призначення приміщень.

При проєктуванні будівель та споруд слід передбачати захист

внутрішньої та зовнішньої поверхонь стін від впливу вологи (виробничої побутової) та атмосферних опадів (улаштуванням облицювання або штукатурки, забарвленням водостійкими складами та ін.) з урахуванням матеріалу стін, умов їх експлуатації та вимог нормативних документів щодо проектування окремих видів будівель, споруд та будівельних конструкцій.

У багатошарових зовнішніх стінах виробничих будівель з вологим або мокрим режимом приміщень допускається передбачати пристрій вентиляованих повітряних прошарків, а при безпосередньому періодичному зволоженні стін приміщень - пристрій вентиляованого прошарку із захистом внутрішньої поверхні від впливу вологи.

У зовнішніх стінах будівель та споруд із сухим або нормальним режимом приміщень допускається передбачати невентильовані (замкнуті) повітряні прошарки та канали заввишки не більше висоти поверху та не більше 6 м.

Підлоги на ґрунті в приміщеннях з нормованою температурою внутрішнього повітря, розташовані вище від мастки будівлі або нижче її не більше ніж на 0,5 м, повинні бути утеплені в зоні примикання підлоги до зовнішніх стін шириною 0,8 м шляхом укладання по ґрунту шару неорганічного вологостійкого утеплювача товщиною, яка визначається з умови забезпечення термічного опору цього шару утеплювача не менше термічного опору зовнішньої стіни.

В даний час на ринку будівельних матеріалів реалізується низка сучасних матеріалів, у тому числі тришарові фасадні термопанелі. Клінкерна термопанель являє собою плоский багатошаровий виріб, в якому основними шарами виступають утеплювач (пінополістирол або пінополіуретан) і килим з клінкерної плитки, що імітує цегляну кладку. Для надійності стикування досягнення ефекту монолітності покриття по периметру панелі передбачена система «шип-паз» (рисунок 1.1.).

Будучи різновидом керамічної плитки, клінкерна панель виготовляється з глини шляхом випалу спеціальних печак. Однак для неї

придатні лише тугоплавкі, сланцеві глини, а термічна обробка здійснюється за підвищених температур — від 900 до 1300 °С. В результаті досягається повне спікання вихідної сировини однорідний міцний матеріал. Завдяки таким особливостям технологічного процесу клінкерна плитка набуває підвищеної механічної міцності і щільності, мінімального водопоглинання, морозостійкості до 100 циклів (для термопанелі цей показник може перевищувати 300 циклів).

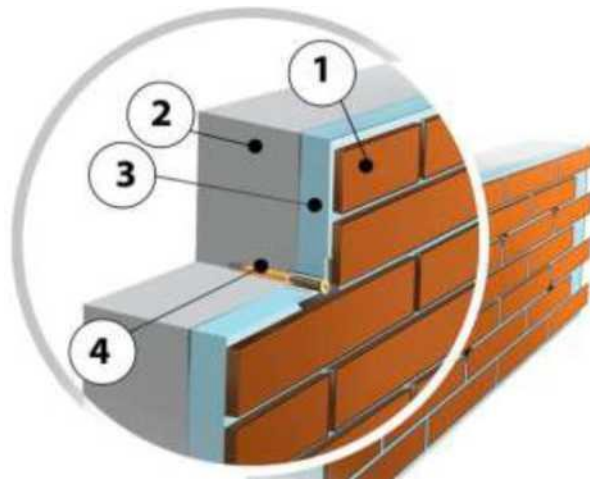


Рисунок 1.1. - Шари термопанелей [13]: 1. клінкерна плитка; 2. зовнішня стіна; 3. шар утеплювача-пінополіуретану; 4. монтажні втулки

Ці якості роблять клінкерну керамічну плитку стійкою до впливу води, вогню, агресивних середовищ, перепадів температур, будь-якого забруднення. Тим самим забезпечується тривалий термін експлуатації всієї конструкції (50-100 років) із збереженням якості матеріалу та початкової насиченості кольору. У перспективі це означає зниження витрат на ремонт та обслуговування, а також надійний захист утеплювача та стін будинку.

Утеплювач із спіненого полімеру дозволяє заощадити за один опалювальний сезон до 60% фінансових витрат. За ефективністю теплоізоляції панель з пінополіуретану товщиною 65 мм можна порівняти з 150 – 180 сантиметрами цегляної стіни. За рахунок звуження стін вивільняється значний простір збільшення корисної площі внутрішніх приміщень.

Термопанелі, виготовлені на основі ППУ є монолітом. Вони повністю підготовлені до встановлення фасаду.

Пінополіуретан (ППУ) - це теплоізоляційний матеріал, що виключно підходить до нашого суворого клімату: не боїться вологи; не боїться перепадів температур; не гниє та не розкладається; не підтримує горіння; екологічно чистий; термін експлуатації понад 50 років; температура експлуатації $-200+150^{\circ}\text{C}$; є одночасно тепло-, паро-, гідро-, вітро-і шумоізоляцією.

Особливу жорсткість і міцність блоку надає пінополіуретан найвищої щільності плюс обробка клінкером. Використання клінкерної плитки як обробного шару термопанелі, з одного боку, значно збільшує її міцність, а з іншого — створює відмінний вигляд зовнішньої обробки будівлі.

Клінкер візуально створює ефект кладки з каменю чи цегли. Пінополіуретан, що досягає завтовшки 40-100 мм, створює дуже хорошу теплоізоляцію.

Пінополіуретан і клінкер закріплюються на вологостійкій фанері, що виконує роль опори і в результаті виходять готові до монтажу панелі, за допомогою яких великі лінійні відхилення зведених стін можуть бути вирівняні безперешкодно.

Перевагами фасадних термопанелей є:

1. Одне з екологічно чистих рішень для теплоізоляції;
2. Не існує жодних обмежень щодо їх використання у фасадних роботах. Кріпити їх можна на будь-яке покриття і декількома способами на бетон, керамзитобетон, класичну цеглу, оштукатурені або неоштукатурені фасади, стіни блокових будинків, газобетон, дерево або навіть саман (необпалена цегла-сирець, виготовлений з глини і будь-яких волокнистих матеріалів). Це дає термопанелям явні переваги, коли йдеться про утеплення старих будівель. Для термопанелей не страшна навіть порушена геометрія фасаду. У такому випадку використовується решетування, регулюючи яку, вирівнюється поверхня;

3. Повна незалежність проведення монтажних робіт від пори року та погодних умов, тому ці роботи можна проводити навіть у зимовий час, якщо не встигли зробити це заздалегідь;

4. За рахунок того, що термопанель несе у собі естетичну функцію та функцію заощадження тепла, її можна сміливо назвати багатофункціональним матеріалом;

5. Вибір кольору та фактури термопанелей просто величезний, тому будь-який сміливий проект дизайнера-архітектора буде реальним;

6. Термопанель дозволить добре заощадити на оплаті опалення. Ефективність підтверджується цілком реальними цифрами, що у середньому показують економію від 40%;

7. Термопанелі дешевші, ніж цегляна кладка вдвічі, тому нескладні розрахунки покажуть відсоток вашої економії при організації термоізоляції;

8. Фасадні термопанелі позбавляють необхідності раз на два роки (а може й частіше) ремонтувати стіни фасаду у разі утеплення пінопластом, оскільки залежно від розташування будинку можна зіткнутися з деякими неприємностями, як колювання ґрунту тощо. Та й у разі непрофесійно виконаних робіт чи неякісних матеріалів ізоляційний шар може розтріскуватися на стиках. Це вимагатиме ретельного ремонту з фарбуванням, чого не відбувається з термопанелями;

9. Матеріал довговічний. Згідно з проведеними численними випробуваннями термін служби термопанелей досить високий. Мінімум – 50 років. Також на його тривалий термін служби впливає і те, що у складі зовнішнього покриття немає вапна та солей. Це виключає утворення так званих висолів;

10. Матеріал стійкий до гниття, утворення всіх видів цвілевих грибків та підтримання життєдіяльності мікроорганізмів;

11. Немає необхідності довго та ретельно підбирати відтінок як у випадку з партіями цегли при виконанні цегляної кладки;

12. Легкість матеріалу виключає повністю необхідність додаткового

зміцнення фундаменту. Це буває дуже актуальним, коли йдеться про реконструкцію старих споруд, тому що немає можливості проводити роботи з існуючим фундаментом. Це - самонесуча система, що виключає наявність навантаження зверху. Вага термопанелі в 10 разів легша за класичну цегляну кладку і становить лише 15 кг на 1 м².

Недоліками фасадних термопанелей є:

1) Необхідність підготовки поверхні, а саме її вирівнювання, що в деяких випадках може займати багато часу, оскільки може виявитися трудомістким процесом;

2) Незважаючи на те, що цей матеріал відносять до категорії "2 в 1", проте, за відгуками споживачів, застосування термопанелей не відноситься до бюджетного варіанту. Особливо висока ціна кутових елементів;

3) Недоліком також буде використання неякісного матеріалу [13]. Фасадні термопанелі складаються із трьох шарів (рисунок 1.1):

1) Клінкер - матеріал з високою опірністю зовнішнім діям [24].

До клінкерної плитки висуваються такі вимоги:

- високі декоративні якості;
- не має вимагати додаткових покриттів;
- довговічність;
- повинна забезпечувати надійний захист фундаменту, а застосування термопанелей додатково та утеплювати його;
- дозволяє очищати поверхню із застосуванням будь-яких засобів у разі потреби;
- висока міцність та ударна в'язкість [21];

2) Пінополіуретан. Серед його основних якостей можна відзначити високу морозостійкість та термоізоляцію. Застосування пінополіуретану як утеплювача ефективніше, ніж використання інших існуючих матеріалів - утеплювачів в 3-4 рази. Він не схильний до гниття, зміни геометричної форми і розмноження небезпечних мікроорганізмів між шарами. Цей вид будівельного матеріалу є екологічно чистим. Термопанелі можуть мати

різний склад та виготовлятися на основі різних технологій. Замість поліуретану може використовуватися армований скловолокном фіброцемент, що має підвищену міцність. У кожному варіанті термопанелі забезпечують пожежну безпеку, не надаючи ніякого негативного впливу на людей або навколишнє середовище. Крім цього, вони мають низькі характеристики водопоглинання, а тому схильні до руйнівного впливу злив і снігопадів;

3) Третій слой забезпечує жорсткість конструкції. Він складається з мармурної крошки, або спресованої дерев'яної щепи (встрічається найбільш часто). Щепи виробляються з хвойних порід деревини, таких як ель, сосна або листяниця. Для всього першого вони забезпечують додаткове утеплення поряд з антисептичним впливом. Для того щоб термопанелі з керамічною плиткою були більш міцними і довговічними, жорсткий слой виробляється за спеціальною технологією. Щепи укладаються шарами, після чого кожен шар склеюється спеціальним клеєвим розчином, а потім всі шари з'єднуються між собою. Саме така технологія виробництва захищає жорсткий слой від шкідливого впливу води, гниіння і розпухання [23].

На ринку будівельних матеріалів представлено безліч видів термопанелей:

1) Керамічні термопанелі – як декоративний шар застосовується керамічна плитка. За рівнем стійкості до впливу докільця кераміка перевершує навіть деякі види природного каменю. Він має майже бездоганний вигляд і багато варіантів природного забарвлення. Сировиною для нього є сланцева глина, яку видобувають у Північно-Західній Європі. Кераміка – це 100% натуральний матеріал, який отримується без використання хімічних добавок способом високотемпературного випалу.

На відміну від деяких видів природного каменю, який за міцністю можна порівняти з керамікою, він не «фонить». Його марка міцності – М 800, а показник водопоглинання досить низький – всього 2-3% за масою. Кераміка морозостійка здатна зберігати свої характеристики протягом більше 300

циклів. Крім своїх теплоізоляційних та естетичних функцій, клінкерні термопанелі ще діють і як шумоізолятор, і як додатковий гідрозахист.

Монтаж клінкерних фасадних панелей можна здійснювати будь-якої пори року;

2) Термопанелі з керамогранітною плиткою. Керамограніт - це ще один вид керамічної плитки, виготовленої з якісної сировини шляхом застосування нових технологій, які піддають його дії високої температури випалу та тиску. В результаті виходить матеріал, спресований настільки, що йому не страшні жодні дії навколишнього середовища. За цими показниками він перевершує натуральний камінь.

Такі термопанелі набули великого поширення серед тих, хто віддає перевагу оформленню фасаду будинку з чітко вираженою фактурною поверхнею. Термопанелі з керамогранітною плиткою мають великі розміри, що легко імітує не цегляну кладку, а кам'яну. Це зазвичай використовують ті, хто віддає перевагу будинку в скандинавському або середземноморському стилі. Термопанелі використовуються для оформлення магазинів, ресторанів, готелів та кафе. Невелика маса термопанелей значно полегшує монтаж.

3) Термопанелі з глазурованою плиткою – вид термопанелей, що користується великою популярністю, особливо для оздоблення малоповерхових будинків. Цей спосіб був дуже популярним ще в 60-х р.р. минулого століття. Глазурована плитка має гладку поверхню та неоднорідність кольору, що надає фасаду благородного вигляду, імітуючи цегляну кладку. Відмінний вигляд, простота монтажу, чудові характеристики та мінімум недоліків забезпечили термопанелям зростаючу популярність [32].

У таблиці 1.2. наведено порівняльний аналіз термопанелей, що застосовуються в Україні.

Таблиця 1.2. - Властивості терпанелей

Термопанелі	«Feldhaus Klinker Україна»[33]	«Klinker-Stone»[34]	«Клінкер-Буд» [35]	«FP KLINKER» [36]
1. Розміри термопанелі, мм	884x656x80 (60, 40, 20)	884x645x80 (80,60,40)	1250x600x80	1000x560x60
2. Щільність, кг/м ³	45-60	45-60	38	45-60
3. Температурний режим застосування, ° С	Від - 60 до +100	Від - 60 до +90	Від - 60 до +90	Від - 60 до +120
4. До впливу мікроорганізмів та агресивних середовищ	Стійкі	Стійкі	Стійкі	Стійкі
5. Довговічність при застосуванні як оздоблення фасадів (стандартні умови), років	Більше 30	Більше 30	Більше 50	Більше 50
6. Морозостійкість, циклів	Більше 300	не менше 150 циклів	Більше 300	Більше 300
7. Міцність на стиск при 10% деформації, МПа	Не менше 0,20	Не менше 0,20	0,50	Не менше 0,20
8. Водопоглинання клікера за 24 години, за обсягом, %	Не більше 2	не більше 2	0,2	Не більше 2
9. Група горючості	негорючі	негорючі	Г2	Г1
10. Руйнівне навантаження при згинанні, МПа	Не менше 0,30	не менше 0,30	не менше 0,30	Не менше 0,30
11. Теплопровідність ППУ, Вт/м°С	0,025-0,03	0,025	0,028	0,022

Існує кілька способів монтажу термопанелей до несучих конструкцій:

1) каркасний метод монтажу :

- при каркасному методі створюють спеціальний каркас, на який в подальшому буде проводитися кріплення плит. Він може бути як дерев'яний,

і з металевих профілів. Зазвичай використовують оцинковані профілю, так як вони мають тривалий термін експлуатації і стійкі як до біологічного, так і до механічного впливу;

- каркас монтується на поверхню стіни безпосередньо або за допомогою кронштейнів. При цьому каркасом вирівнюють площину стіни та кутів. Рейки монтують по ширині отворів кріплення термоплит;

- після створення каркаса роблять монтаж кутових елементів та основних панелей. Кріплення здійснюється зліва направо та знизу вгору. У середньому для кріплення однієї плити потрібно 6-8 кріпильних елементів;

2) безкаркасна система кріплення:

- монтаж проводиться безпосередньо на стіну. Після вирівнювання та очищення поверхонь наносять необхідну розмітку, відкладають нульовий рівень або межу нижнього ряду панелей. Вона має бути чітко горизонтальна по всьому рівню будинку. Після цього проводять монтаж кутового елемента першого ряду. Для цього панель встановлюють на місце і крізь посадкові отвори роблять засвердління в стіну будинку, встановлюють і фіксують цвяхами анкера. Наступні панелі кріпляться за ним зліва направо і знизу вгору;

- при незначних нерівностях поверхні допускається створювати невеликий проміжок між панеллю і стіною будівлі, який заповнюють монтажною піною. Хоча панелі і мають невисоку масу (найбільша не перевищує 20 кг), не варто послаблювати конструкцію, панелі повинні надійно фіксуватися до стіни. Наступні панелі кріпляться так само;

- при монтажі термопанелей своїми руками наступного ряду знадобляться використовувати спеціальні клини, аналогічні використовуються при укладанні керамічної плитки. Вони потрібні для того, щоб виставляти панелі між собою із певним зазором. Цей зазор бажано дотримуватись однаковим на всіх панелях, він повинен відповідати зазору, встановленому між плитками термопанелі.

Для обрамлення зовнішніх і внутрішніх кутів будівлі, віконних і

дверных проемов используют уже готовые специальные панели:

- 1) металевими або пластиковими укосами;
- 2) цементно-піщаними розчинами;
- 3) клінкерною керамікою;
- 4) фасадною шпаклівкою;
- 5) балконною або фасадною плиткою.

Найбільш поширеним варіантом вважається оздоблення пластиковими укосами, так як це найбільш легкий і швидкий спосіб, який має на увазі легкий монтаж та експлуатацію, мінімальні грошові витрати. Можна обійтися без спеціальних укосів. Для цього стики панелей ріжуть під кутом 45° і додатково запінують.

Водостоки фіксуються до стіни, що несе (через термопанель) за допомогою шурупів довжиною 50 мм + товщина фасадної панелі.

У тих місцях, де термопанелі стикаються з карнизами, можна використовувати обрізну машину з алмазним диском. Оздоблення місця зіткнення карнизів з фасадними панелями здійснюється за допомогою декоративних елементів (плінтус, нашар).

Після монтажу всіх панелей слідує етап затирання швів. Цей етап є найбільш трудомістким. Для заповнення швів застосовують спеціальні фасадні затірки. Їхня витрата в середньому становить близько 3-х кг на 1 м².

Затирання швів необхідно проводити дуже акуратно, щоб не забруднити поверхню плиток. Затирання, що потрапила на поверхню плитки, необхідно видалити до її повного висихання з подальшим ретельним помиванням. Стики необхідно затирати повністю, без порожнеч і перепусток. Бажано дотримуватися однієї загальної глибини затирального шару. Не використовуйте для очищення абразивних плиток, оскільки це може пошкодити зовнішній шар. Варто також звернути увагу, що не всякі затірки можуть наноситися товстим (широким) шаром.

Затірку необхідно підбирати не лише за кольором, а й за рекомендаціями виробника.

Порядок роботи із затірками для фасадів приблизно схожий на порядок роботи при затиранні швів керамічних плит. Але при цьому існує одна особливість: якщо при затиранні керамічної плитки допускається попадання затирання на поверхню плитки, то при фасадних роботах цей контакт необхідно мінімізувати. Фактура поверхні плитки для внутрішніх та зовнішніх робіт різна.

Затирання, після нанесення шпателем, необхідно надати необхідний вид і глибину, пройти місця горизонтальних і вертикальних стиків і, не чекаючи висихання, видалити надлишки з поверхні плитки мокрою ганчіркою. Після висихання можуть проявитися розлучення, які необхідно також видалити, для цього можна використовувати спеціальні розчини для чищення або напором води під великим тиском.

Преимущества в монтаже термопанелей:

- монтаж кlinkерної плитки провадиться в рекордні терміни. Легкість матеріалу дозволяє встановлювати його на стіни із слабкою несучою здатністю;

- кlinkер не створює додаткового навантаження на фундамент, що є величезною перевагою даного матеріалу перед аналогами, які або менш міцні, або суттєво ускладнюють конструкцію будинку;

- професійна монтажна бригада зможе провести роботи з встановлення даного матеріалу в найстисліші терміни. За наявності мінімальних будівельних навичок та набору інструментів можливе виконання монтажних робіт самостійно. Для цього достатньо вивчити загальнодоступні інструкції щодо роботи з цим матеріалом.

1.3 Сучасний стан досліджень у галузі створення пінополіуретанів зниженої горючості

Сьогодні великий сегмент ринку теплошумоізоляційних матеріалів базується на пінополіуретанах (ППУ), популярність яких пояснюється

можливістю реалізації високопродуктивних методів отримання спінених матеріалів, у тому числі безпосередньо на місці застосування. Як відомо, для цього використовують рідкі інгредієнти різної в'язкості, при змішуванні яких у певному співвідношенні відбувається хімічна реакція уретано- і сечовиноутворення, що каталізується, з одночасним спінюванням за рахунок виділення низькомолекулярних газоподібних продуктів. Водночас слід зазначити, що основним недоліком ППУ є висока пожежна небезпека. Це зумовило необхідність створення важкогорючих ППУ (ТППУ).

У зв'язку з вищевикладеною метою цього огляду є аналіз наукової та патентної інформації, що стосується сучасного стану досліджень у галузі створення пінополіуретанів зниженої горючості.

Одне з перших авторських свідоцтв на рецептуру ТППУ було опубліковано 1961 року. Відмінною особливістю цього технічного рішення було використання антипірену 2-хлоретил-фосфату.

В одній з найбільш відомих монографій наголошується, що ефективним способом надання вогнестійкості поліуретанам є хімічна модифікація, яку здійснюють шляхом введення в поліоли, поліефіри, ді- та тризоціанати угруповань, що містять атоми галогенів або фосфору.

На рисунку 1.2. представлено діаграму патентної активності (шт.) у галузі створення ТППУ за останні 45 років.

З діаграми патентної активності видно, що протягом останніх 10 років має місце суттєве збільшення кількості виданих патентів у сфері створення ТППУ. При цьому більшість об'єктів інтелектуальної власності належить Китаю та США.

Загалом аналіз науково-технічної інформації свідчить, що ефект забезпечення трудногорючості ППУ досягається використанням у рецептурах трьох груп добавок, які розглянуті нижче.

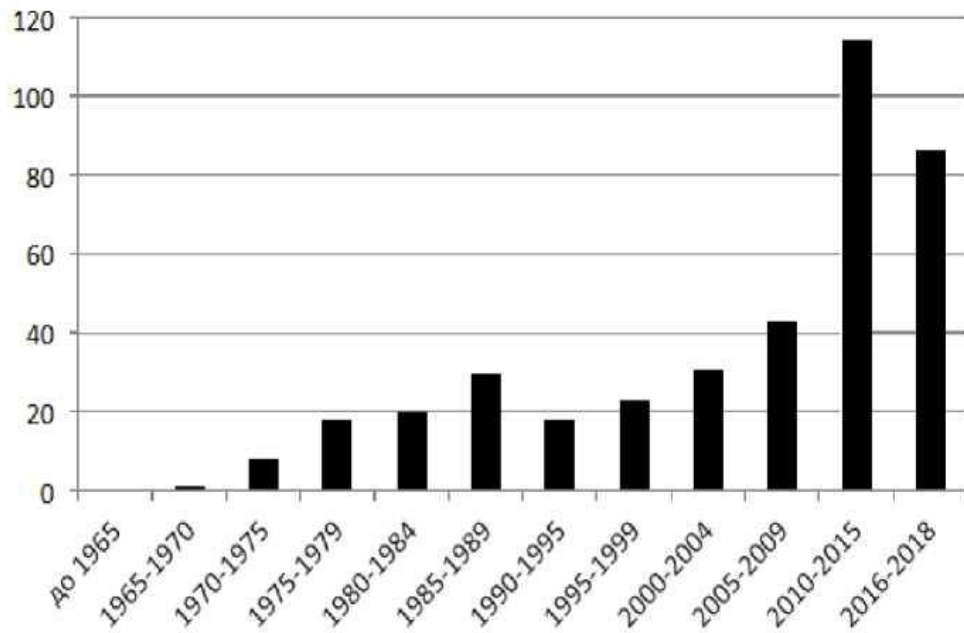


Рисунок 1.2. - Патентна активність по важкогорючих пінополіуретанів (індекси МПК C08G18/16; C08G18/18; C08G18/24; C08G18/32; C08G18/38; C08G18/48; C08G18/66; C08G18/76 за базою даних Espacenet)

ППУ зниженої горючості, що містять інертні антипірени, інтумісцентні добавки або мають поверхневий захист.

Однією з ефективних інтумесцентних добавок, зокрема для ТППУ, є графіт, що терморозширюється (окислений), який має унікальну властивість терморозширення (спукування). При цьому обсяг збільшується в сотні разів із утворенням спіненого графіту, що сприяє зниженню горючості матеріалу.

Достатньо широке застосування як інертної (не впливає на механізм процесу горіння) антипіруючої добавки знаходять порожнисті корундові мікросфери, що складаються з частинок Al_2O_3 .

У статті описано горючість ряду композиційних матеріалів на основі поліуретанів, наповнених алюмосилікатними мікросферами наступного складу: SiO_2 - 63 %, Fe_2O_3 - 4 %, MnO - 0,05 %, АШ - 30 %, MgO - 15 %, CaO - 1 %, $K_2O + Na_2O$ - 5 %, результати випробувань дозволили віднести їх до важкогорючих матеріалів категорії Г-1.

Автори статті [45] наводять результати досліджень, спрямованих на

розробку ТППУ за рахунок поверхневого захисту, який здійснюють шляхом формування покриття на основі альгінату/глинистого аерогелю. Залежно від товщини захисного шару досягаються значення кисневого індексу (КІ) від 32 до 60 об. %, тоді як базовий зразок ППУ характеризується значенням КІ 17 про. %. Зразки мають хорошу термічну стабільність, температура початку розкладання вище 240 °С.

Дослідники [46] використовували екологічно безпечний антипірен, що є шарами галуазитової глини і нанотрубки, стабілізовані за допомогою розгалуженого поліетиленіміну або поліакрилової кислоти. Ця модифікація дозволила отримати ППУ, який при винесенні з відкритого полум'я самозагасав. При цьому димоутворення зменшилося на 60%.

Модифікація ППУ галуазитом описана також у роботі [47]. Введення цього шаруватого силікату до 20 мас. % дозволило отримати жорсткі пінополіуретан-поліізоціануратні піни з кращими термоізоляційними властивостями, меншою крихкістю та водопоглинанням порівняно з немодифікованими. Також було зменшено займистість ППУ.

Таким чином, вищеописані добавки використовуються для збільшення теплоємності матеріалу або створення бар'єру між джерелом полум'я і ППУ. У першому випадку необхідне високе наповнення, яке спричиняє погіршення технологічних характеристик через підвищення в'язкості та зниження фізико-механічних властивостей. У другому випадку необхідність формування додаткового захисного шару поверхні ППУ певним чином обмежує виробництво ТППУ за допомогою такого методу. Деякі інертні та інтумесцентні добавки, що збільшують коксоутворення, використовують спільно з галоген-і фосфоровмісними антипіренами.

Трудногорючі ППУ, які отримують за участю активних антипіренів.

У ряді публікацій описано використання червоного фосфору, який застосовується як в якості індивідуального антипірину, так і в поєднанні з ефірами фосфорної кислоти (трихлоретилфосфат, трис (2-хлорізопропіл) фосфат, трифенілфосфат або трис (2-хлоретил) фосфат), гідроксидом

алюмінію або магнію, боратом цинку та поліфосфатом амонію, а також оксидом сурми. Крім того, представлені варіанти застосування спільно з бромсодержащими антипіренами, борною кислотою та гідроксидами металів.

Запатентовані композиції для ТППУ [48], що базуються на комбінаціях червоного фосфору з поліфосфатом амонію, фенілфосфітом, диметилметилфосфонатом та порожнистими скляними сферами, графітом та гідроксидом магнію. Усі матеріали, що містять червоний фосфор, характеризуються високими показниками стійкості до дії полум'я. Однак є обмеження санітарно-гігієнічного характеру, пов'язані з дифузією фосфору поверхні виробу.

В іншому патенті [49] трис (хлоризопропіл) фосфат є основним антипіруючим агентом, який використовується в твердих пінополіуретанах. Наявність атомів хлору та токсичність продуктів термодеструкції є недоліком такого варіанта модифікації ППУ.

Використання поліфосфату амонію (ПФА) у поєднанні з гідроксидом алюмінію (ГА) та циклічним фосфонатом дозволяє досягти значення КІ більше 30 про %. Такий же ефект має місце при застосуванні потрібної комбінації ПФА, ГА та борату цинку. Поєднання ПФА з червоним фосфором дозволяє отримати ТППУ, що відповідає вимогам DIN 374 /GB 822 [50].

У монографії [51] зазначається, що з модифікації ППУ безгалогенними фосфатами і фосфонатами досягаються вищі значення кисневого індексу (до 25-26,5 об. %) проти хлоралкілфосфатами. Разом з тим, недоліком таких ТППУ є низька міцність при стисканні, що виникає, ймовірно, через пластифікацію поліуретану.

Хороший синергічний ефект був отриманий також при сумісному використанні диметилметилфосфанату (ДММФ) у кількості 16 мас. % і графіту, що розширюється. Згідно з даними [52] максимальне значення кисневого індексу в цьому випадку становило 33 про. %. Антипірен ДМФФ розкладається з виділенням PO_2^* , який інгібує утворення ініціюючих процесів горіння алкільних радикалів. У свою чергу, вогнестійкий графіт

швидко розширюється і утворює пухкий шар, що знижує теплопередачу, тим самим зменшуючи швидкість руйнування ППУ.

Колектив авторів [52] досліджував вплив гіпофосфіту алюмінію та розширеного графіту при їх використанні в кількості 80 мас. ч. у розрахунку на 100 мас. ч. ППУ, що характеризується вихідним значенням КІ, що дорівнює 19,8 про. %. В результаті модифікації із застосуванням РГ та гіпофосфіту алюмінію отримані ППУ з КІ 36,1 та 25,3 про. % відповідно. Встановлено, що максимальне значення КІ (37,8 об. %) досягається при спільному введенні цих компонентів при масовому співвідношенні 15:5. Міцність при стиску для отриманого важкогорючого ППУ становила 0,35 МПа.

В роботі [53] досліджено ефективність гідроксиду алюмінію та бруситу (природний $Mg(OH)_2$), використаних як антипірени для ППУ. Досяганий ефект підвищення вогнестійкості порівняно невеликий, оскільки значення КІ не перевищують 22,6 і 21,8 про. %. Разом з тим у варіантах поєднання кожного з цих антипіренів (35 мас. ч) з 10 мас. ч. диметилметилфосфанату забезпечується збільшення КІ до 29 і 27 об. % відповідно. При вмісті 60 мас. ч. неорганічних наповнювачів спільно з диметилметилфосфанатом, показана можливість отримання матеріалів, що мають значення КІ 32,4 і 28,4 про. %.

Згідно з даними [54] спільне використання антипіруючої системи ДЕФА (діетил- N,N' -біс(2-гідроксіетилфосфорамід)) та РГ (розширений графіт) забезпечило збільшення значення КІ жорстких ППУ до 28,8-30,4 об. %.

Для вихідного ППУ це становило 19,5 про. %. Одночасно досягається нижче тепловиділення та димоутворення. Методами термогравіметричного аналізу та реєстрації газоподібних продуктів термодеструкції за допомогою інфрачервоної спектрометрії, СЕМ та енергетичної дисперсійної рентгенівської спектроскопії автори встановили, що ДЕФА розкладається з виділенням вільних радикалів (PO^*) та утворенням газоподібної фази H_2O та CO_2 . Крім того, у присутності ДЕФА фіксується коксовий залишок із

великим вмістом фосфору. У поєднанні з РГ утворюється ефективний вогне-, теплозахисний шар. На підставі одержаних результатів запропоновано механізм термодеструкції жорсткого ППУ.

За даними літератури [55] ефективною є синергічна суміш РГ і [біс (2-гідроксіетил) аміно] - метилфосфонової кислоти, взятих у співвідношенні 8 до 18 % мас. ч. За цих умов можна досягти отримання ППУ, що має значення КІ 33 про. %. При індивідуальному використанні цих антипіренів значення КІ не перевищували 25 об. %. На підставі результатів синхронного термічного аналізу авторами статті запропоновано механізм термодеструкції метилфосфонової кислоти. Пінополіуретани, модифіковані вищезгаданою синергічною сумішшю, характеризуються міцністю при стисканні 0,28 МПа і щільністю 50 кг/м³.

Інший варіант отримання ППУ зниженої горючості запропонований у роботі [56] шляхом використання диметилфосфонату та трис (2-хлорпропіл) фосфату. Результат модифікації виявляється у отриманні ППУ з КІ, рівним 26 про. %. У присутності 5 мас. % феритів у вигляді $ZnFe_2O_4$, $CuFe_2O_4$ або $NiFe_2O_4$ досягається додатковий ефект, що виражається у зниженні димоутворення. За інших рівних умов найбільш ефективним виявився $ZnFe_2O_4$. За даними авторів статті, у його присутності вміст фосфору в конденсованій фазі найбільший.

У статті [57] наводяться результати досліджень щодо використання в рецептурі ППУ суміші мінералів гунтиту (змішаний карбонат Mg та Ca) з гідромагнезитом у сумарній кількості 50 мас. %. Для такого варіанта модифікації значення КІ становить 24,1 об. % (для порівняння вихідний показник для немодифікованого ППУ дорівнює 21,2 об. %). За результатами тестування відповідно до стандарту UL 94 отримані ТППУ належать до класу V1. При додатковому введенні у вказану суміш мінералів частинок борату цинку при співвідношенні 1:1 значення кисневого індексу збільшується до 26,8 об. %. Прояв синергічного ефекту такого роду автори дослідження пояснюють тим, що, з одного боку, використання цинку борату зміцнює

структуру коксового залишку. З іншого боку, інтенсивність горіння ППУ знижується за рахунок виділення води при термодеструкції гідромагnezиту, а також утворення борної кислоти.

Аналіз патентних баз даних дозволив виявити технічні рішення щодо модифікації ППУ за допомогою антипіренів. Зокрема, у патентах [57 - 63] модифікація здійснюється за рахунок використання меламіну у комбінації з фосфорохлоридом у кількості від 4 до 10 мас. ч. або з N'-бис(2-тио-5,5-диметил-1,3,2-діоксафосфоринан) етаном, поліфосфатом амонію, або похідних меламіну спільно з циклічним фосфатом (неопентилфенілфосфатом), що дозволяє отримати важкогорючі ППУ. Згідно з патентами [64 - 65] знижена горючість ППУ забезпечується спільним використанням поліфосфату меламіну, пірофосфату меламіну, діоксиду кремнію, дипентаеритриту, а також за рахунок модифікації меламіну амінотриметиленфосфоновою кислотою у водному розчині з отриманням меламинамінотриметиленфосфату.

Автори роботи [66] встановили, що для ППУ, отриманого в При наявності поліфосфату амонію, розширеного графіту та діоксиду титану характерна краща вогнестійкість порівняно з пінополіуретаном, модифікованим лише РГ. Іншими словами, частинки TiO_2 виконують певну функцію, яка полягає у підвищенні термічної стабільності матриці ППУ. При модифікації розширеного графіту діоксидом титану та спільному використанні з поліфосфатом амонію значення кисневого індексу для одержуваних матеріалів становить 27 об. %.

Модифікатор, що забезпечує зниження горючості ППУ, синтезували у роботі [67]. Він був отриманий взаємодією фенілдіхлорфосфату з полієфірполіолом та амінопропілтріетоксисиланом. На рисунку 1.3 такий одержаний продукт позначений символом Y. Далі в результаті його взаємодії при температурі $60^\circ C$ протягом 3 годин з поліфосфатом амонію утворюється антипірен, що є модифікованим поліфосфатом амонію (МПФА).

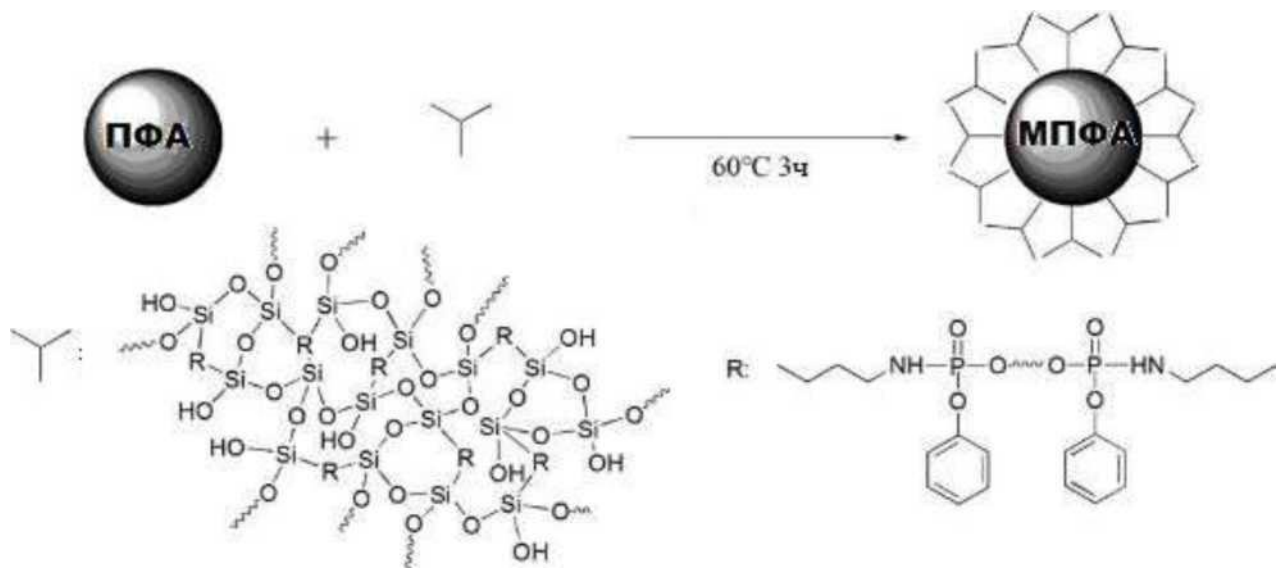


Рисунок 1.3. Схема отримання модифікованого поліфосфату амонія

Автори статті, що цитується, наводять механізм дії вогнезахисту ППУ, що містить МПФА (див.рисунок 1.4).

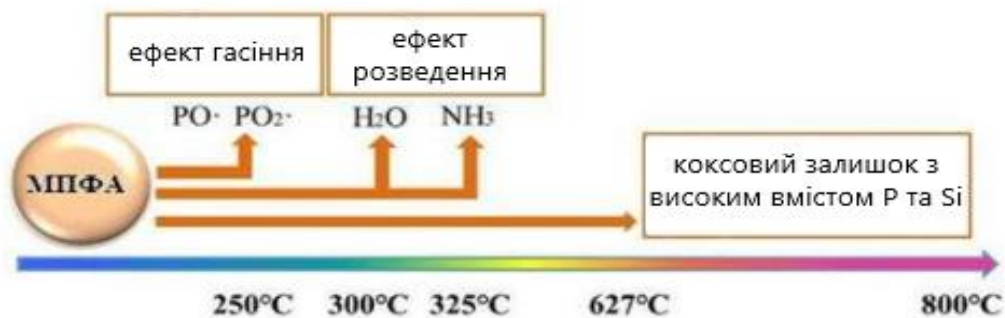


Рисунок 1.4. Механізм дії вогнезахисту ППУ, що містить МПФА

Згідно з даними [68], використання червоного фосфору спільно з гуанідинфосфатом (ГФ) і розширеним графітом при ваговому співвідношенні РГ/ГФ, що дорівнює 2:1 дає значення КІ 32,7 про. %. Разом з тим, при співвідношенні гуанідинфосфат/розширений графіт 2:1 досягається дещо більше значення КІ, що становить 33,7 об. %. Автори статті пояснюють це утворенням неорганічного склоподібного шару, що ізолює газову фазу від конденсованої.

Вогнезахисні властивості N-(p,p'-дифеніл)- фосфат-(3-етоксисилан)-пропіламіну, що використовується для модифікації жорстких ППУ, описують автори статті [69], якими встановлено, що при вмісті антипірену 10 мас. год досягається значення КІ 26,4 про. %, димоутворення знижується на 49,9 %, проте зменшується міцність при стисканні.

Таким чином, проведений аналіз показує, що для створення важкогорючих ППУ найбільш ефективними антипіренами є поліфосфат амонію, меламін та його похідні, розширений графіт, червоний фосфор, а також комбінації цих речовин із різними неорганічними сполуками у вигляді гідроксидів та солей металів. Одночасно слід зазначити, що ці антипірени вводяться в рецептуру ППУ в порівняно великих кількостях. Це негативно позначається на властивостях міцності матеріалу. А через те, що антипірени вищерозглянутого типу хімічно не пов'язані з полімерною матрицею ППУ, у процесі експлуатації виникає проблема їх міграції, дифузії тощо на поверхню матеріалу. Найчастіше це лімітує практичне використання ТППУ через санітарно-токсикологічні обмеження. Враховуючи ці обставини, авторами окремо розглянуті варіанти отримання важкогорючих ППУ з використанням реакційноздатних антипіренів, тобто тих, хто бере безпосередню участь у реакції уретаноутворення.

Трудногорючі ППУ, одержувані з використанням антипіренів, що беруть участь у реакції уретаноутворення.

Як впливає з монографії [51], фосфоровмісні антипірени, здатні брати участь у реакції уретаноутворення, на цей час набули широкого поширення.

Таким чином, аналіз літературних даних, що стосуються створення важкогорючих пінополіуретанів, дозволив виявити основний вектор розвитку цього напрямку, який полягає у використанні фосфорсодіжних антипіренів спільно з неорганічними добавками: борною кислотою та її похідними, гідроксидами, оксидами та солями (карбонатами, фосфатами) металів, мікро- сферами і т. д. Порівняльний аналіз свідчить на користь переваги використання при розробці рецептур ТППУ реакційноздатних антипіренів,

що мають гідроксильні групи і здатні за рахунок цього брати участь у реакції уретаноутворення та формуванні структури матеріалу.

1.4 Висновки за розділом 1

1. До виготовлених в умовах виробництва огорожувальних конструкцій відносяться різні плити, сендвіч панелі та інші елементи, з яких надалі монтуються несучі стіни і перекриття. Випуск кожного із цих матеріалів регламентовано державним стандартом. До виготовлених огорожувальних конструкцій на місці відносяться споруди з цегли, блоків, дерев'яного бруса, монолітні стіни з бетону та арматури, та інші матеріали. Зовнішні огорожувальні конструкції повинні мати високі ізоляційні характеристики. Вони не повинні вступати в хімічні реакції та мати високу стійкість до механічних навантажень. Якщо ці конструкції не мають необхідних теплоізоляційних властивостей для того чи іншого регіону застосовується додаткове утеплення.

2. Основними вимогами, що пред'являються до фасадних термопанелей, як до конструкцій, що захищають, є: морозостійкість, низьке водопоглинання, кольоростійкість, стійкість до дії ультрафіолету, виключення повзучості, довговічність покриття і т.д. Для забезпечення цих вимог потрібна висока якість виробництва термопанелей та дотримання технологічного процесу монтажу та обслуговування виробів.

3. Сучасна промисловість висуває підвищені вимоги до створення нових матеріалів із вогнезахисними властивостями. До нового класу матеріалів, що володіє унікальними теплофізичними, антикорозійними та вогнезахисними властивостями відносяться окислені графіти, що терморозширюються. При цьому в літературі практично не представлені дослідження впливу графіту на фізико-механічні та термічні властивості матеріалів

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ,
ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ, ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ ТА МОНТАЖУ ФАСАДНИХ ТЕРМОПАНЕЛЕЙ

2.1 Розробка технологічного процесу виготовлення термопанелей

Фасадна теплоізоляційна система складається з рядових, кутових, додаткових елементів (рисунок 2.1 – 2.3). Розроблено по 3 елементи для кожного виду термопанелей.

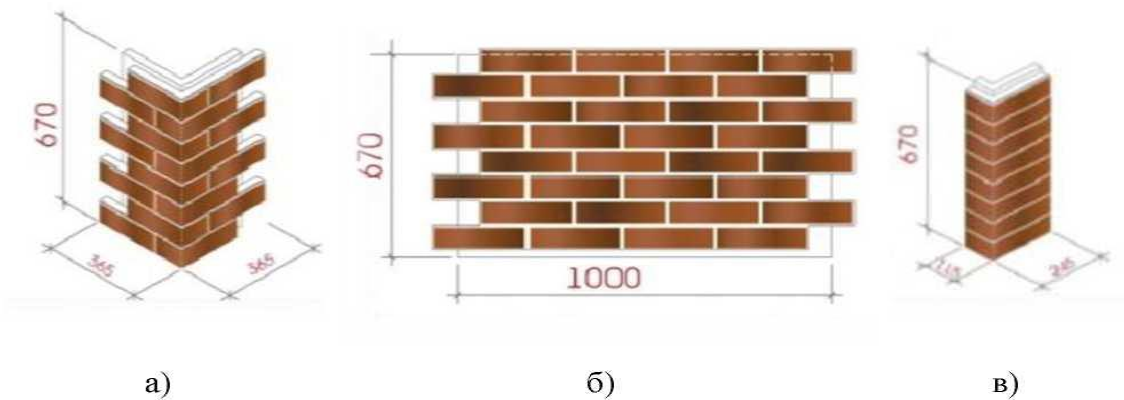


Рисунок 2.1. - термопанелі з клінкерною плиткою виробництва ADW Klinker колекції Beige Rustic Besandet (товщина клінкеру 10 мм): а) кутові; б) рядові; в) додаткові

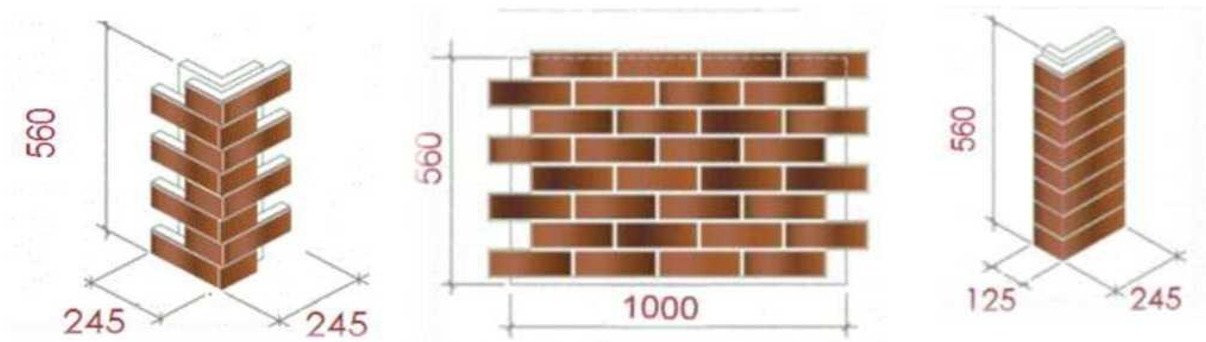


Рисунок 2.2. - Елементи фасадної термопанелі з клінкерною плиткою виробництва Houson колекції DS62901 (товщина клінкеру 7 мм): а) кутові; б) рядові; в) додаткові

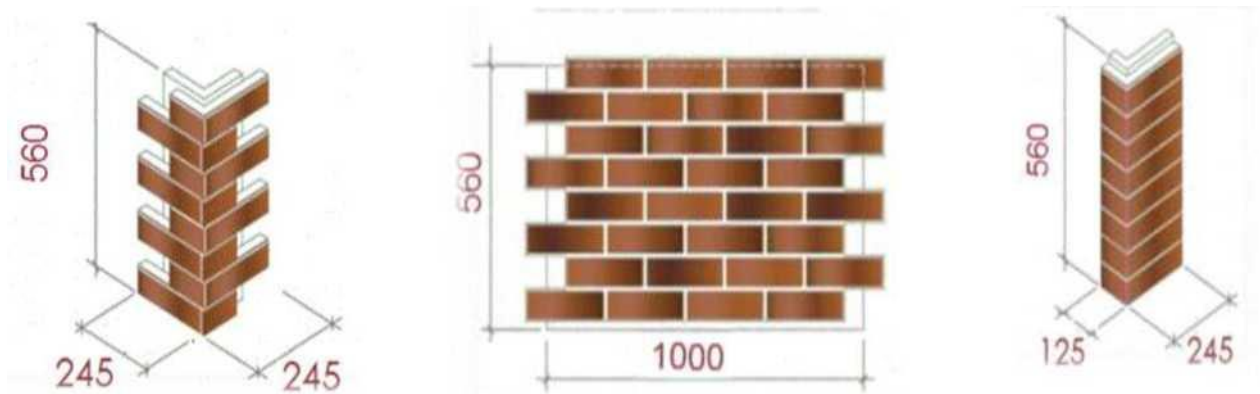


Рисунок 2.3 - елементи фасадної термопанелі з полімерпіщаною плиткою виробництва ТОВ "КЛІНКЕР ЮКРЕЙН" (товщина плитки 11 мм): а) кутові; б) рядові; в) додаткові

Розроблено технологічний процес виготовлення термопанелей (рис. 2.4).

Технологія виробництва термопанелей з клінкерною плиткою полягає в наступному:

1) у спеціальні алюмінієві форми - матриці, оброблені антиадгезійним складом, викладається необхідна клінкерна плитка, з точним дотриманням встановлених відстаней (досягається спеціальними пазами);

2) потім укладається тонкий шар кварцового піску або мармурової крихти дрібної фракції. Подібний захід необхідний, щоб захистити пінополіуретан на швах від впливу ультрафіолетових променів - він відрізняється слабкою стійкістю до такого випромінювання.

3) У деяких моделях додатково встановлюються заставні елементи, металеві або полімерні – для полегшення монтажу панелей на площині фасаду.

4) Далі у форму заливається свіжоприготований компонентний склад майбутнього утеплювача.

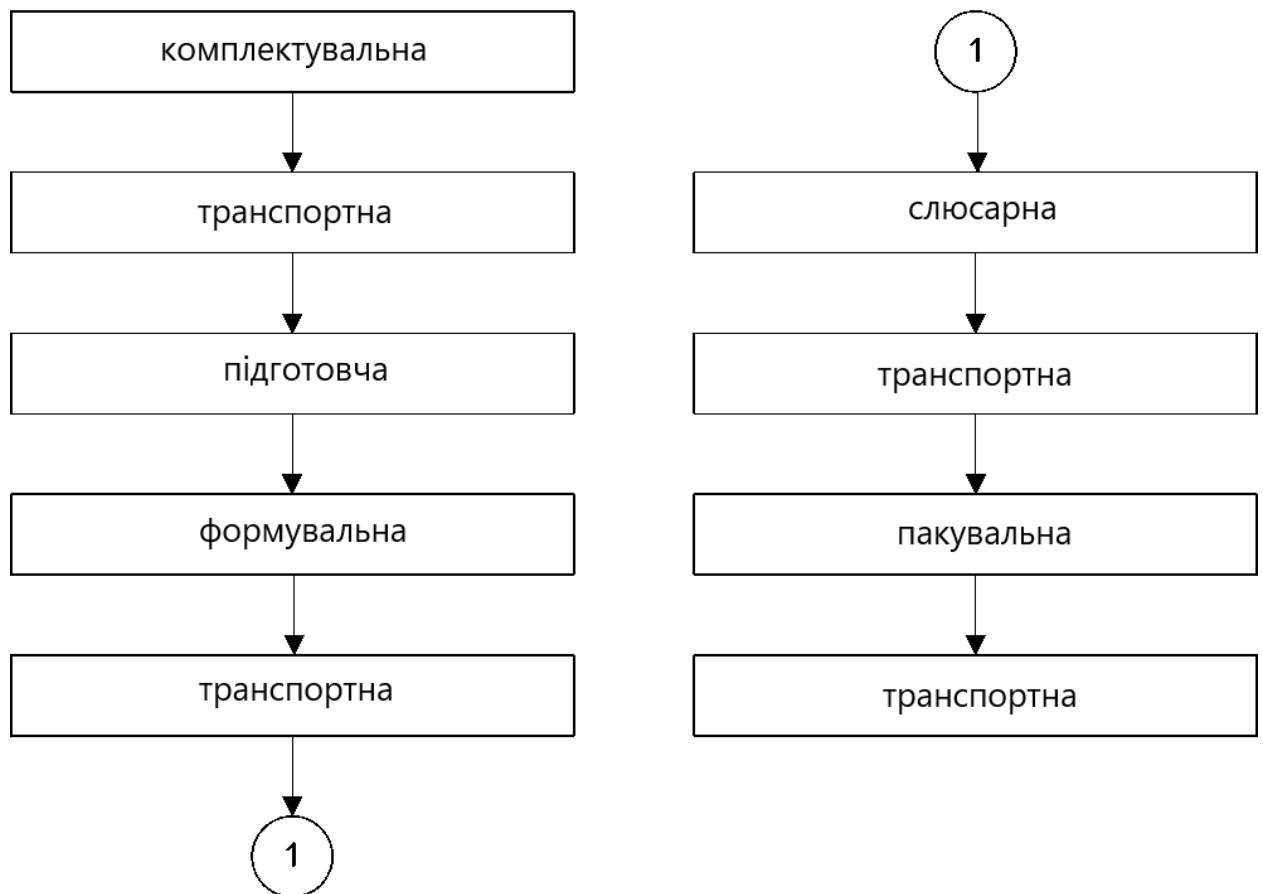


Рисунок 2.4 - Блок-схема технологічного процесу виготовлення термопанелей

Під впливом складних хімічних реакцій відбувається його активне спінювання з наступним застиганням до необхідного щільного стану. Цей процес має відбуватися при герметично закритій прес-формі в умовах високого тиску. Цикл спінювання та затвердіння супроводжується підвищенням температури суміші – це займає до 1 хвилини. Далі отримана панель охолоджується до встановленої технологічної картою температури, витягується з матриці та надходить на ділянку доопрацювання до необхідних стандартів розмірів.

Технологічний процес виготовлення термопанелей складається з наступних операцій:

1) Комплектувальна. Отримання матеріалів зі складу відповідно до змінного завдання;

2) Підготовча. Підготовка заливальної машини до роботи. Закачують попередньо нагрітий компонент у витратні ємності. Встановлюють співвідношення компонентів 100 мас.ч. поліолу 55 мас.ч. ізоціанату та 15 мас.ч графітової добавки. Встановлюють час заливання компонентів 3 сек. Наносять на поверхню заливальної форми розділову мастило. Укладають у форму плитку. На поверхню плитки насипають відміряний пісок. За допомогою шпателя вирівнюють плиту по міжплиткових швах. Встановлюють дебют. На пуансон прикріплюють ЛЗМ;

3) Формувальна. Заливають необхідну кількість системи ППУ. Закривають заливальну форму, закручують затискачі. Витримують виріб у формі щонайменше 20 хвилин;

4) Знімання виробу з форми. Після закінчення часу витримки відкривають заливальну форму. Знімають роз'ємні частини форми. Деталь знімають із форми;

5) Слюсарна. За допомогою канцелярського ножа обрізають облою, не допускаючи зарізу. Облам прибирають у сміттєвий контейнер;

6) Контрольна. Контролюють лицьову поверхню виробу на відсутність недоливів, тріщин, забруднень (слідів від розподільчого складу, ППУ). При виявленні забруднень усувають їх за допомогою ганчірки, змоченої в розчиннику. При виявленні тріщин на плитці діють згідно з «Управління невідповідною продукцією».

У процесі виробництва можливі такі дефекти:

- погана адгезія ППУ до плитки (плитка не утримується у піні);
- протоки ППУ компонентів на лицьову сторону плитки;
- усадка піни. Поява вигину термопанелі («дуга», загини країв панелі, заглиблення на торцевих поверхнях);
- неоднорідний колір суміші та/або піни в термопанелі;
- перевитрата компонентів (витрата компонентів вище заданого ТУ виробника);
- крихкість та сипкість ППУ;

- надмірна еластичність отриманої піни. Поява м'яких ділянок піни (м'якуш);
- при вилученні термопанелі ламаються краї пазогребневого замка (лапи);
- термопанель не вилучається із форми, залипає;
- неповне заповнення прес-форми піною;
- лопається плитка;
- поява плівки або кірки на поверхні поліізоціанату (компонент Б);
- розшарування компонента А та/або наявність у ньому згустків.

7) Упаковка. Придатні деталі укладають на піддон стопкою трохи більше 20 прим. Пакують за допомогою поліетиленової плівки, перетягують стопку пакувальною стрічкою;

8) Завершення роботи. Очищають заливальну форму від залишків ППУ та розподільчого складу за допомогою шпателя. Очищають форму заливки від піску за допомогою промислового пілососа. Забирають своє робоче місце відповідно до регламенту з прибирання.

Для реалізації технологічного процесу необхідно вибрати основне та допоміжне обладнання.

Для виробництва фасадних пінополіуретаних панелей потрібно:

- 1) Установка для заливання пінополіуретану. На одну звичайну ППУ панель йде в середньому 2-2,5 кг. компонентів ППУ;
- 2) Заливальний міксер для змішування компонентів;
- 3) Система очищення міксера після заливання;
- 4) Прес форми;
- 5) ППУ компоненти (компонент А та компонент Б);
- 6) Антиадгезійне мастило;
-) Клінкерні плитки.

Заливальне обладнання для лиття пінополіуретану у форму - це установки для заливки ППУ. Все обладнання для заливки ППУ оснащується високонадійними насосами-дозаторами, системою керування та подачі

пінополіуретану в прес-форму.

Заливальна головка для пінополіуретану є механічним дозуючим пристроєм примусового змішування. Компоненти для одержання пінополіуретану надходять від установки вже підігрітими. У голівці, або як її ще називають «міксері», відбувається якісне змішування компонентів ППУ. Після чого матеріали подаються в прес форму для отримання виробу з пінополіуретану.

Істотну роль у виготовленні ППУ відіграють прес-форми, в які здійснюється заливка. Від них залежить якість виробів та одержуваної поверхні, точність геометричних розмірів, кількість заливок в одну форму до моменту фізичного зношування та технологічність. В основному використовують металеві не підігріваються форми. Прес-форми для пінополіуретану оснащуються замками та петлями або струбцинами, що дозволяє герметично закріпити частини форми між собою, уникнути витікання ППУ та впоратися з тиском, що виникає при спінюванні.

Оскільки ППУ має високу адгезію навіть до гладких поверхонь, важливу роль відіграють антиадгезійні мастила. Змащування прес-форм проводиться пензлем або розпилювачем.

2.2. Розробка схеми монтажу термопанелей до несучих конструкцій

Опис основних методик монтажу представлений у розділі 1. Аналіз методик монтажу виявив ряд істотних недоліків:

- 1) При встановленні виражені деформації на кшталт «вигинання»;
- 2) У процесі експлуатації відбувається фарбування швів;
- 3) Попередня підготовка поверхні (вирівнювання);
- 4) «Підгонка» панелі «за місцем».

Для виключення недоліків існуючих монтажних схем, запропонована покращена схема, що відрізняється від відомих, наявністю додаткової операції, пов'язаної з послідовним закріпленням верхньої межі ряду

поліуретанової термопанелей піною. Додаткове клейове з'єднання повинно виключити «вигинання» панелей, а також підвищити герметичність з'єднань між елементами (рядовими, кутовими, додатковими). Таким чином, процес монтажу складається з наступних операцій :

1. Перевірка геометрії будинку. Перевіряється геометрія будинку. Вертикалі кутів, їхня паралельність один одному. Перевіряється горизонт цоколя. За результатами перевірки робиться висновок, можна кріпити панелі безпосередньо на будинок чи обшивати будинок по каркасу. Дерев'яні будинки з кругляка та бруса обшивати лише по каркасу. робляться позначки низу фасадних елементів першого ряду.

2. Встановлення цокольного профілю. Встановлюється цокольний профіль або відлив, що замінює його. Алюмінієвий цокольний профіль служить стартовою рейкою та відливом для дощової води, можна використовувати відлив. Рекомендується закріплювати цокольний профіль на 20 см нижче рівня підлоги приміщення, що утеплюється, щоб уникнути «містків холоду» і промерзання підлоги. Кріплення виконується кроком 40-50 см за допомогою спеціальних дюбелів для кріплення цокольного профілю. Сусідні рейки профілю встановлюються із зазором 2-3 мм, на кутах стикаються косим зрізом. З'єднання виконуються за допомогою спеціальних поліетиленових цокольних з'єднувачів. При монтажі цокольного профілю необхідно залишати зазор між ним і вимощенням, щоб уникнути деформації всієї конструкції системи під впливом ґрунту в зимовий період. Розмір зазору для Татарстану не менше 100 мм, якщо при будівництві не робилося утеплене вимощення (при утепленому - 10 мм). Монтаж системи може виконуватися без цокольного профілю з пристроєм горизонтально відливу. Варіант без цокольного профілю прийнятний у випадку, коли стартова позначка установки панелей прийнята нижче рівня поверхні землі, що залежить від позначки підлоги приміщення, що утеплюється.

3. Контрольна відбивка. Робиться контрольне відбиття на стінах будинку, на висоті першого ряду термопанелей, при монтажі першого ряду

перевіряється правильність встановлення панелі відбиття.

4. Вертикальні маяки. Встановлюються вертикальні маяки лініями з'єднань термопанелей, щодо них кріпляться напрямні для панелей.

5. Встановлення напрямних. Встановлюється система напрямних для кріплення термопанелей, якщо термопанелі кріпитимуться не на стіну. Щодо вертикальних маяків встановлюються напрямні з відступом на 20-30 мм від осі та відступаючи на 625 мм від осі (рисунок 2.5).

6. Встановлення фасадних елементів. Монтаж термопанелей завжди починають від лівого кута стіни будівлі. Для зручності можна зарізати панель під 45° або під 90° . Щоб не клеїти на кутах плитку під час підготовки панелі відрізається край з місцями під плитку. Перед установкою під кожну панель нижнього ряду по цокольному профілю наносять поліуретанову піну. Далі монтаж ведеться в наступному порядку: панель встановлюють на кут будівлі з випуском на необхідну відстань, попередньо обрізавши край панелі під кутом 45° або 90° і закріплюють дюбелями фасадними. Далі ведеться монтаж панелей, що межують. Стики між торцями термопанелей пропінюються поліуретановою піною або проклеюються поліуретановим клеєм. Пропінюється нижня сторона термопанелей поліуретановою піною.



Рисунок 2.5. - Система направляючих для кріплення термопанелей

7. Пропінювання нижньої сторони термопанелей. Після встановлення першого ряду термопанелей, при монтажі по напрямних, додатково пропінюється поліуретановою піною нижня сторона термопанелей через проміжок між стіною і термопанеллю.

8. Монтаж другого та наступних рядів. У тому ж послідовності ведеться монтаж елементів верхнього ряду. Стики між торцями термопанелей пропінюються поліуретановою піною або проклеюються поліуретановим клеєм. Монтуються інші термопанелі по стіні, у місцях дверних отворів та вікон. Термопанель обрізається, і порожнина запінюється поліуретановою піною. Після досягнення покрівлі термопанель підрізається зверху і перед монтажем на стіну наноситься шар поліуретанової піни і притискається панеллю, після чого панель кріпиться фасадними дюбелями. Кріплення панелей дюбелями необхідно виконувати у процесі монтажу одразу після встановлення кожного окремого елемента.

9. Теплове відсічення. Для покращення теплоізоляційних властивостей, при монтажі термопанелей, можна робити теплове відсічення поліуретановою піною через два-три ряди термопанелей, запінений проміжок між стіною та термопанеллю.

10. Пропінювання останнього ряду. Пропінюється верхня сторона останнього ряду термопанелей поліуретановою піною, щоб уникнути циркуляції повітря за панелями.

11. Оздоблення укосів. Встановлюються обрамлення отворів. Це можуть бути обрізані шматки термопанелей, що залишилися при облаштуванні прорізів або спеціальні сендвіч-панелі для укосів. Якщо прорізи досить широкі найпростіше обробити їх термопанелями, для цього так само як на кутах зарізати їх під 45° або під 90° . При облицюванні фасадів часто виникає необхідність різати панелі за місцем примикання до отворів, кутів та архітектурних деталей. Для цієї мети на будівельній ділянці застосовується кутова шліфувальна машина, в якій передбачено різальне алмазне коло діаметром 230 мм. Кутова шліфувальна машина з алмазним

колом меншого діаметра застосовується для обробки елементів. Кріплення різаних фасадних елементів слід проводити з дотриманням рівномірного розподілу навантаження на дюбелі, для чого у відповідних місцях фрагментів панелей, за потреби, слід просвердлити додаткові отвори під дюбель без застосування перфоратора.

12. Приклеювання плиток до термопанелі. Керамічна плитка приклеюється на місця стиків термопанелей спеціальним поліуретановим клеєм. Для того щоб у момент приклеювання (близько 20 хвилин) плитка не з'їжджала під неї загвинчують два шурупи, які потім викручують.

13. Монтаж вогнезахисних розсічень. При будівництві будівель висотою більше 2-х поверхів може виникнути потреба в установці міжповерхових вогнезахисних розсічень, що здійснюється в наступному порядку: - відбиття на стінах позначки по горизонталі; встановлення вогнезахисного розсічення на маяки та буріння через розсічення, у спеціально передбачених у ньому місцях, отворів під кріплення; кріплення вогнезахисної розсічки до поверхні, що несе, за допомогою поліетиленових дюбелів з металевим розпирним елементом; затирання місць кріплення.

14. Затирання швів. Для затирання швів між облицювальними плитками передбачено застосування різних затираючих складів, проте треба заздалегідь узгодити колір та тип затирання, який необхідно використовувати. Колір затираючого складу можна підбирати відповідно до кольору облицювальних плиток. Для затирання швів між термопанелями застосовуються спеціальні пістолети. Роботи треба проводити акуратно, оскільки після висихання затирання її неможливо змити з плитки.

15. Оздоблення кутів та вікон. Для обробки кутів та вікон будинку можна використовувати декоративні пінополіуретанові або інші елементи, що фарбуються у будь-який колір.

Блок схема монтажу фасадних термопанелей представлена на рисунку 2.6. Схема установки дюбелів на рисунку 2.7.

При монтажі передбачає застосування інструментів: перфоратор;

кутошліфувальна машина з алмазним диском; ножівка по дереву; шруповерт; ніж; шпатель; інструмент для розшивки та затирання; дріль; молоток із гумовим бойком; пістолет для балонів з поліуретановою піною; кельня шириною 5-6 см; виска; лінійка та косинець сталеві; ножиці по металу; пістолет для затирання.

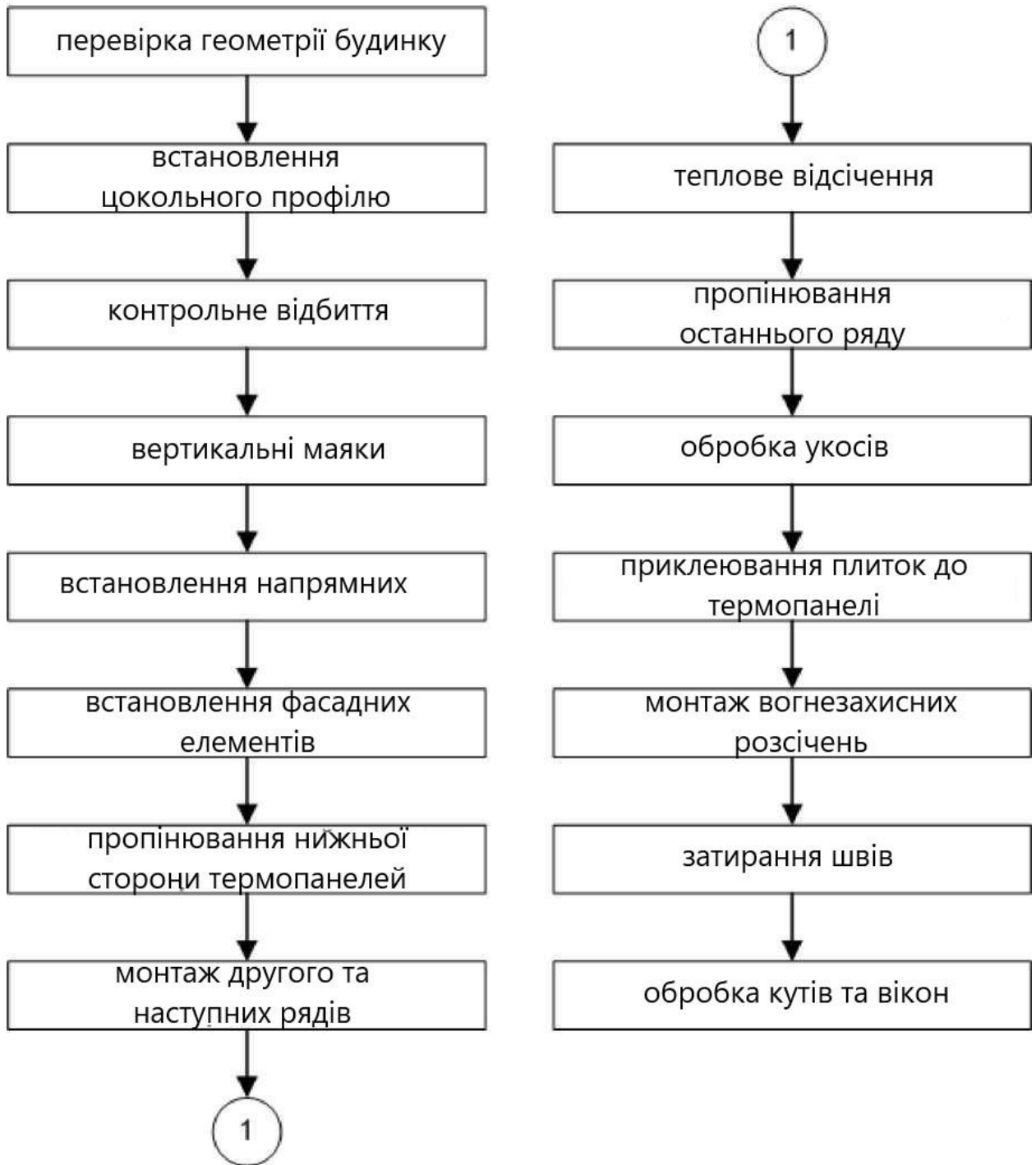


Рисунок 2.6 -Блок схема монтажу фасадних термопанелей

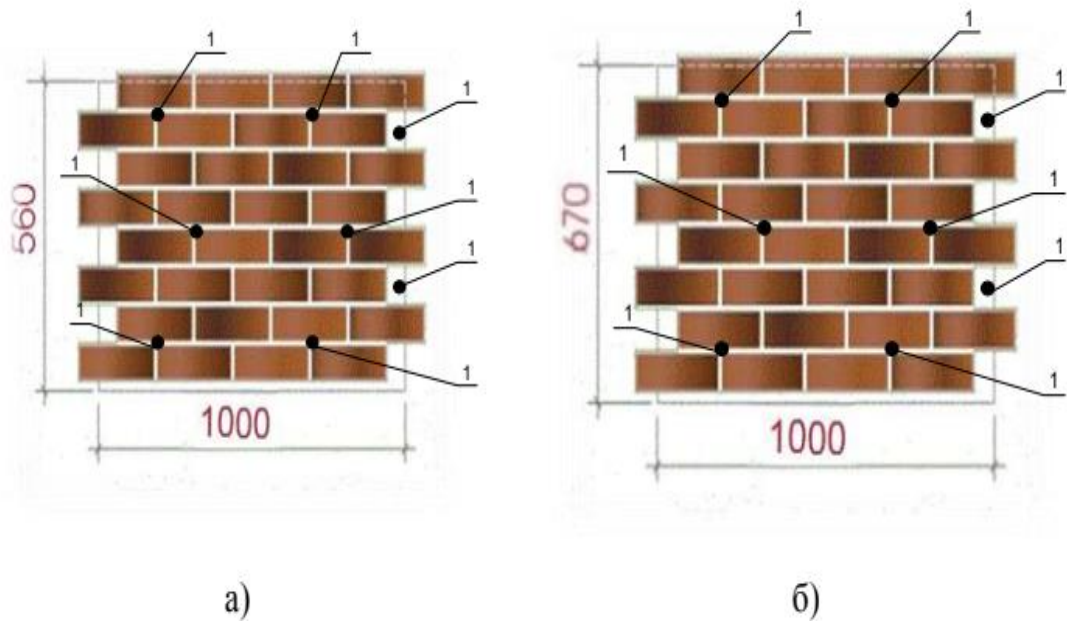


Рисунок 2.7. - Схема встановлення дюбелів (1 – дюбель):

а) рядова панель з Клінкерна плитка виробництва Houson колекції DS62901 (товщина. клінкеру 7 мм) та з полімерпіщаною плиткою виробництва ТОВ

"КЛІНКЕР ЮКРЕЙН" (Товщина плитки 11 мм);

б) з клінкерною плиткою виробництва ADW Klinker колекції Beige Rustic Besandet (товщина клінкеру 10 мм)

2.3 Дослідження фізико-механических, експлуатаційних властивостей фасадних термопанелей

2.3.1 Дослідження водопоглинання клінкерних плиток

Провели дослідження водопоглинання при атмосферному тиску у воді температурою $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ за ДСТУ Б В.2.7-42-97[38] клінкерних плит Houson [81] та ADW Klinker [82] відповідно до методики, представленої в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Водопоглинання клінкерної плитки

Найменування зразка	Довжина, мм	ширина, мм	висота, мм	m, г	m ₁ , г	W, %	Відповідність Стандарту DIN EN 121
ADW Klinker							
Beige Rustic Besandet	240,1	71,5	10,5	389,80	391,14	0,344	відповідає
Lanzarote Glatt	238,8	71,5	10,4	375,54	381,3	1,534	відповідає
Weiss struktur	239,8	72,5	9,5	346,58	349,42	0,819	відповідає
Braun genarbt	241	72,9	11,1	412,52	417,18	1,130	відповідає
Lanzarote genarbt	239,4	70,9	10,4	386,02	391,18	1,337	відповідає
Antik Mangan	239,8	72,1	9,8	384,68	388,36	0,957	відповідає
Houson							
LM26218	239,5	60,3	9,2	269,30	270,58	0,47530635	відповідає
LM26218	238,7	59,6	9,1	263,06	264,02	0,36493576	відповідає
DS62904	240,1	59,8	7,1	194,52	197,7	1,63479334	відповідає
DS62904	240,2	59,7	7,6	195,38	198,42	1,55594227	відповідає
LM26253	241	60,2	9,3	265,52	267,64	0,79843326	відповідає
LM26253	241,7	60,2	9,4	266,34	268,32	0,74341068	відповідає
LM26208	240	60,2	9,1	268,34	272,34	1,4906462	відповідає
LM26208	239,4	59,8	9,4	264,96	267,6	0,99637681	відповідає
DS62901	239	59,5	6,8	191,58	192,7	0,58461217	відповідає
DS62901	239,2	59,9	7,2	190,12	191,1	0,51546392	відповідає
LM26261	240,1	60,2	7,6	202,72	204,52	0,88792423	відповідає
LM26261	237,5	59,2	7,1	186,90	188,62	0,92027822	відповідає

де: m – маса зразка, висушеного до постійної маси, г; m₁ - маса зразка, насиченого водою, г; W – водопоглинання.

Отримані результати свідчать, що всі зразки клінкерних плиток виробництва Houson та ADW Klinker відповідають стандарту DIN EN 121 «Технічні характеристики клінкерної плитки» та мають водопоглинання»:

- - індивідуальне значення в середньому $< 3\%$;
- - максимальне індивідуальне значення $< 3,3\%$.

2.3.2 Дослідження морозостійкості при об'ємному заморожуванні фасадних термопанелей

Провели дослідження морозостійкості при об'ємному заморожуванні за ДСТУ Б В.2.7-42-97[38] фасадних термопанелей відповідно до методики. Випробування проводили на 3 типах фасадних термопанелей:

- 1) Фасадна пінополіуретанова термопанель з клінкерною плиткою виробництва Houson колекції DS62901;
- 2) Фасадна пінополіуретанова термопанель з клінкерною плиткою виробництва ADW Klinker колекції Beige Rustic Besandet;
- 3) Фасадна пінополіуретанова термопанель з полімерпіщаною плиткою виробництва ТОВ "КЛІНКЕР ЮКРЕЙН".

Шар пінополіуретанової термоізоляції фасадних термопанелей був однаковий всім типів. Термопанелі були виготовлені за тією ж технологією. Для контролю за морозостійкістю за ступенем пошкоджень відібрали 5 зразків кожного типу термопанелей. На випробуваних зразках були відсутні тріщини, відколи ребра, кути та інші дефекти, що допускаються НТД на виробі конкретних видів. Число циклів заморожування - розморожування зразків склало 50.

Після проведення необхідного числа циклів заморожування - відтавання зробили візуальний огляд зразків за ступенем пошкоджень і фіксацій дефектів, що з'явилися (за їх наявності). Результати досліджень представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. - Результати візуального огляду зразків за ступенем пошкоджень і фіксацій дефектів, що з'явилися, в результаті 50 циклів заморожування - відтавання

№ зразка	Результати візуального огляду зразків
Фасадна пінополіуретанова термопанель з клінкерною плиткою виробництва Houson колекції DS62901	
1	Візуальні дефекти і зміна кольору не виявлені
2	Візуальні дефекти і зміна кольору не виявлені
3	Візуальні дефекти і зміна кольору не виявлені
4	Візуальні дефекти і зміна кольору не виявлені
5	Візуальні дефекти і зміна кольору не виявлені
Фасадна пінополіуретанова термопанель з клінкерною плиткою виробництва ADW Klinker колекції Beige Rustic Besandet	
6	Візуальні дефекти і зміна кольору не виявлені
7	Візуальні дефекти і зміна кольору не виявлені
8	Візуальні дефекти і зміна кольору не виявлені
9	Візуальні дефекти і зміна кольору не виявлені
10	Візуальні дефекти і зміна кольору не виявлені
Фасадна пінополіуретанова термопанель з полімерпесчаною плиткою виробництва ТОВ "КЛІНКЕР УКРЕЙН"	
11	Візуальні дефекти і зміна кольору не виявлені
12	Візуальні дефекти і зміна кольору не виявлені
13	Візуальні дефекти і зміна кольору не виявлені
14	Візуальні дефекти і зміна кольору не виявлені
15	Візуальні дефекти і зміна кольору не виявлені

Отримані результати свідчать, що всі зразки термопанелей після 50 циклів заморожування - розморожування не мають візуальних дефектів та зміни кольору.

2.3.3 Дослідження світлостійкості фасадних термопанелей

Визначали світлостійкості 3 типів фасадних термопанелей термопанелей :

- 1) Фасадна пінополіуретанова термопанель з клінкерною плиткою виробництва Houson колекції DS62901;
- 2) Фасадна пінополіуретанова термопанель з клінкерною плиткою виробництва ADW Klinker колекції Beige Rustic Besandet;
- 3) Фасадна пінополіуретанова термопанель з полімерпіщаною плиткою виробництва ТОВ "КЛІНКЕР ЮКРЕЙН".

Шар пінополіуретанової термоізоляції фасадних термопанелей був однаковий всім типів. Термопанелі були виготовлені за тією ж технологією. Для визначення світлостійкості відібрали по 3 зразки кожного типу термопанелей.

Зразки фасадних термопанелей витримували протягом 607 годин 30 хвилин під лампою типу ДРТ 1000 з потужністю лампи 1000 Вт і довжиною хвилі 240-320 нм в установці для перевірки стійкості до ультрафіолетового випромінювання. (рисунок 2.8 - 2.10).

Після дії УФ випромінювання з довжиною хвилі 240-320 нм протягом 607 годин 30 хвилин на зразках фасадних термопанелей не виявлено зміну кольору. Спостерігається значна зміна кольору пінополіуретанового шару (рисунок 2.11). ППУ стає крихким та ламким, що є ознакою його термодеструкції та погіршення фізико-механічних властивостей, у тому числі теплопровідності та жорсткості.

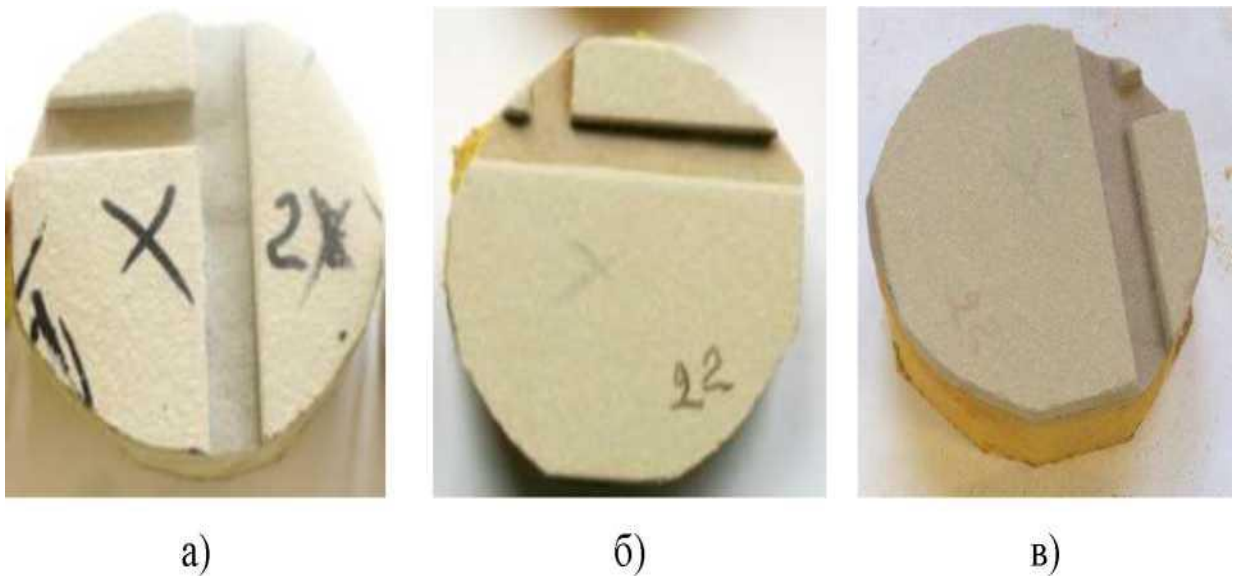


Рисунок 2.8 - Зовнішній вигляд фасадної пінополіуретанової термопанелі з клінкерною плиткою виробництва ADW Klinker колекції Beige Rustic Besandet (x3): а) до дії УФ-випромінювання; б) після дії УФ випромінювання (303 години 45 хвилин); в) після дії УФ випромінювання (607 годин 30 хвилин)

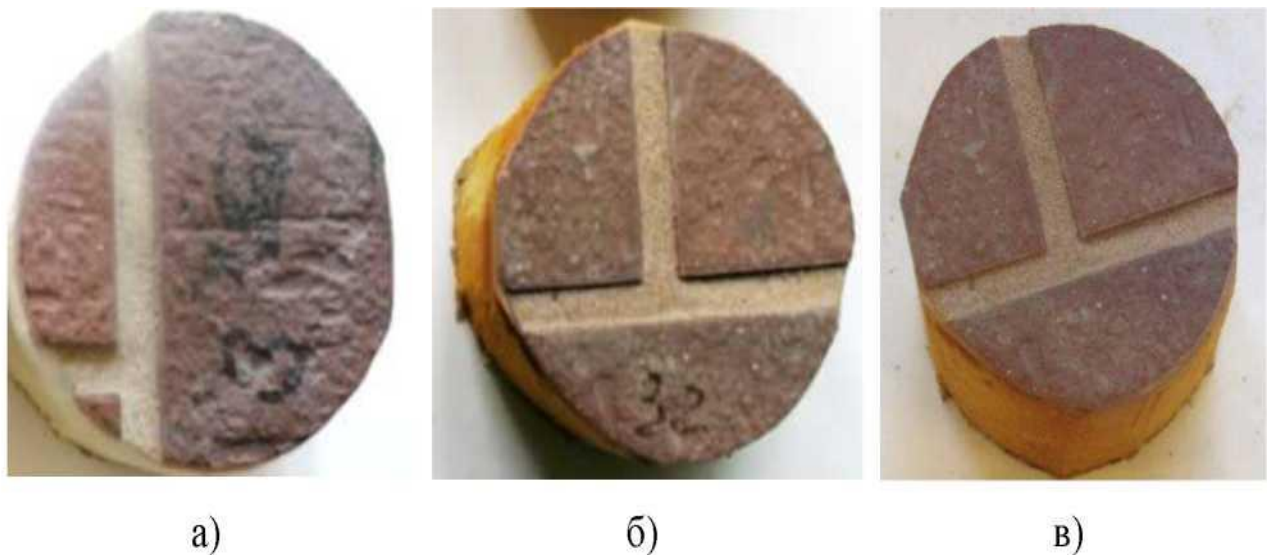


Рисунок 2.9 - Зовнішній вигляд фасадної пінополіуретанової термопанелі з клінкерною плиткою виробництва Houson колекції DS62901 (x3): а) до дії УФ-випромінювання; б) після дії УФ випромінювання (303 години 45 хвилин); в) після дії УФ випромінювання (607 годин 30 хвилин)

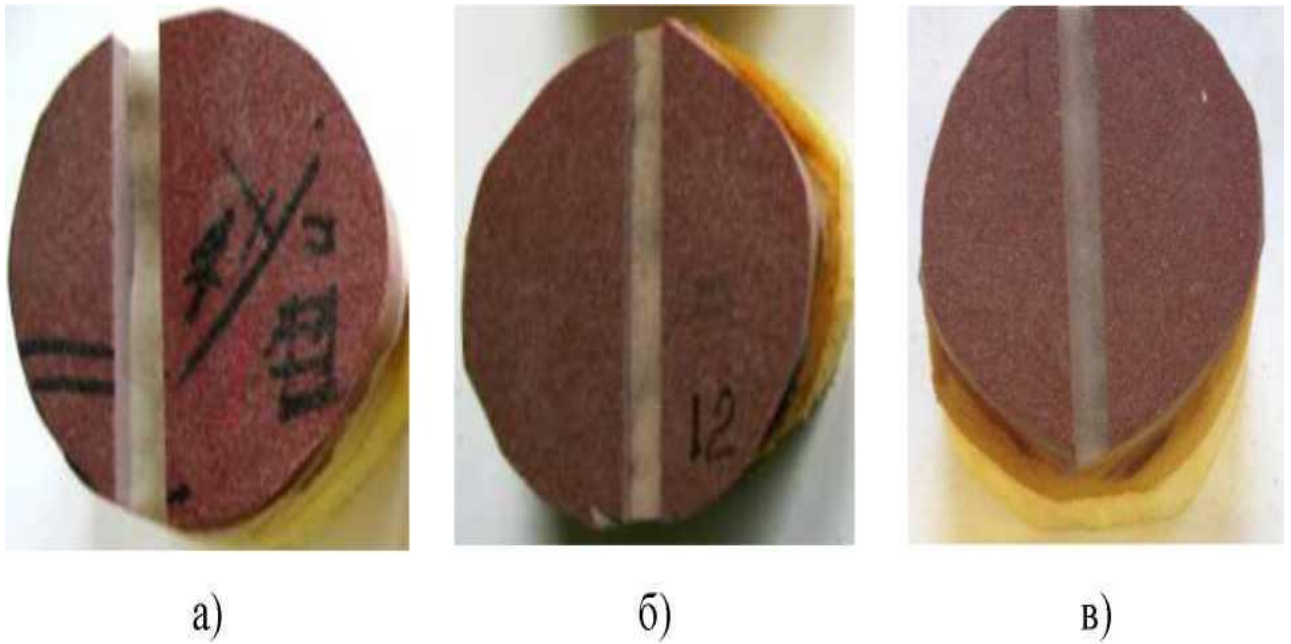


Рисунок 2.10 - Зовнішній вигляд фасадної пінополіуретанової термопанелі з полімерпіщаною плиткою виробництва ТОВ "КЛІНКЕР ЮКРЕЙН".(x3): а) до дії УФ-випромінювання; б) після дії УФ випромінювання (303 години 45 хвилин); в) після дії УФ випромінювання (607 годин 30 хвилин)

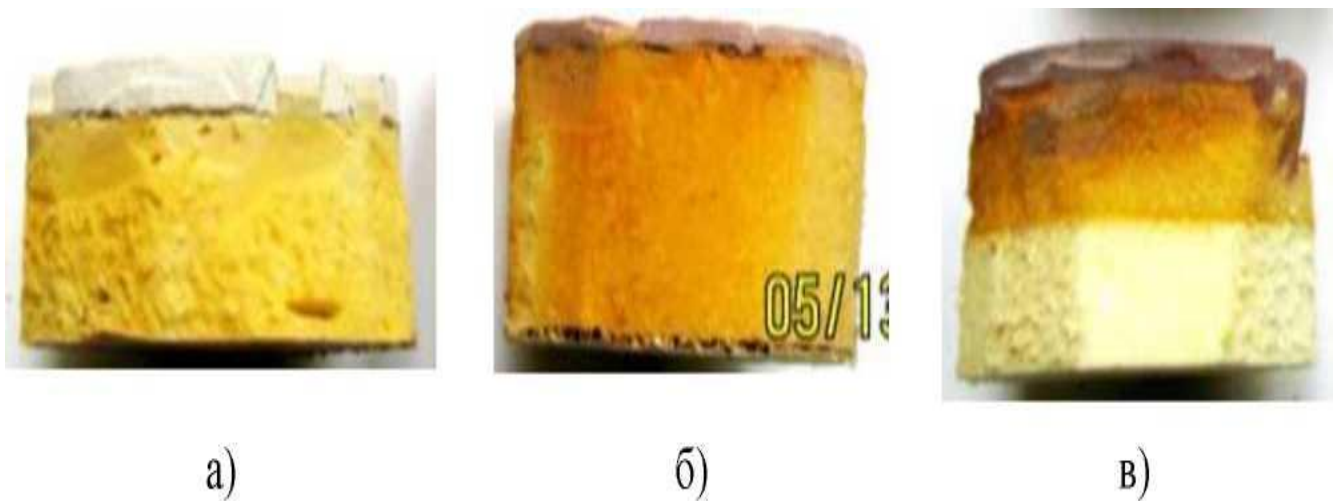


Рисунок 2.11 - Зовнішній вигляд ППУ шару фасадної термопанелі після дії УФ-випромінювання (607 годин 30 хвилин) (x3): а) з клінкерною плиткою виробництва ADW Klinker колекції Beige Rustic Besandet; б) з клінкерною плиткою виробництва Houson колекції DS62901; в) з полімерпіщаною плиткою виробництва ТОВ "КЛІНКЕР ЮКРЕЙН"

У цьому потрібна обов'язкова ізоляція ППУ від дії УФ випромінювання з допомогою закладення швів і торців різними матеріалами (затирання тощо.).

2.3.4 Дослідження коефіцієнта звукопоглинання фасадних термопанелей

Визначали коефіцієнт звукопоглинання за ДСТУ Б В.2.7-183:2009 «Будівельні матеріали. Матеріали та вироби будівельні звукопоглинальні і звукоізоляційні. Класифікація й загальні технічні вимоги» [39] фасадних термопанелей :

- 1) Фасадна пінополіуретанова термопанель з клінкерною плиткою виробництва Houson колекції DS62901;
- 2) Фасадна пінополіуретанова термопанель з клінкерною плиткою виробництва ADW Klinker колекції Beige Rustic Besandet;
- 3) Фасадна пінополіуретанова термопанель з полімерпіщаною плиткою виробництва ТОВ "КЛІНКЕР ЮКРЕЙН".

Шар пінополіуретанової термоізоляції фасадних термопанелей був однаковий всім типів. Термопанелі були виготовлені за тією ж технологією.

Для визначення коефіцієнта звукопоглинання відібрали по 3 зразки кожного типу термопанелей. Проводили визначення коефіцієнта звукопоглинання термопанелей (рисунок 2.12 - 2.15):

- 1) не підданих впливу УФ;
- 2) підданих впливу УФ випромінювання після 20 годин 5 хвилин дії лампою ДРТ 1000, еквівалентне 1 року в помірному кліматичному районі;
- 3) підданих впливу УФ випромінювання після 303 годин 45 хвилин дії лампою ДРТ 1000, еквівалентне 15 років у помірному кліматичному районі;
- 4) підданих впливу УФ випромінювання після 607 годин 30 хвилин впливу лампою ДРТ 1000, еквівалентне 30 років у помірному кліматичному районі.

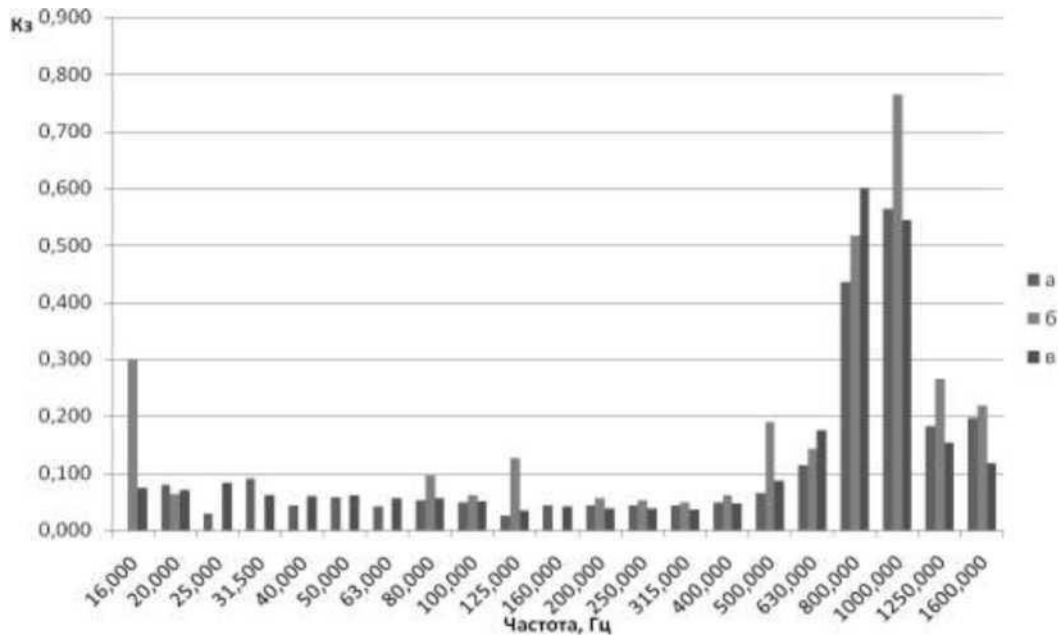


Рисунок 2.12 - Коефіцієнт звукопоглинання фасадної термопанелі з клінкерною плиткою виробництва ADW Klinker колекції Beige Rustic Besandet: а) до дії УФ-випромінювання; б) після дії УФ випромінювання (303 години 45 хвилин); в) після дії УФ випромінювання (607 годин 30 хвилин)

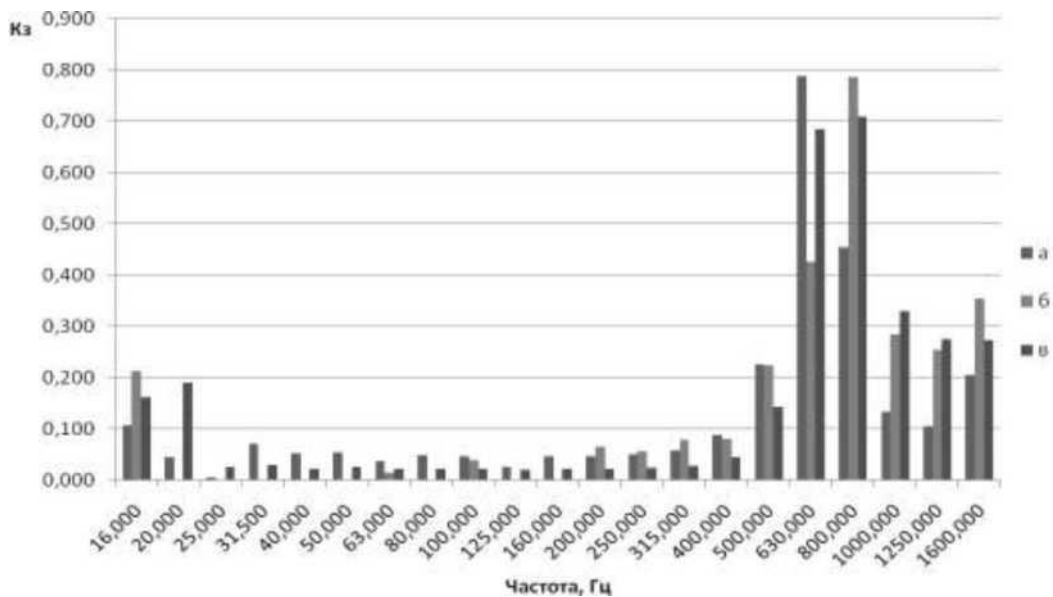


Рисунок 2.13 - Коефіцієнт звукопоглинання фасадної термопанелі з клінкерною плиткою виробництва Houson колекції DS62901: а) до дії УФ-випромінювання; б) після дії УФ випромінювання (303 години 45 хвилин); в) після дії УФ випромінювання (607 годин 30 хвилин)

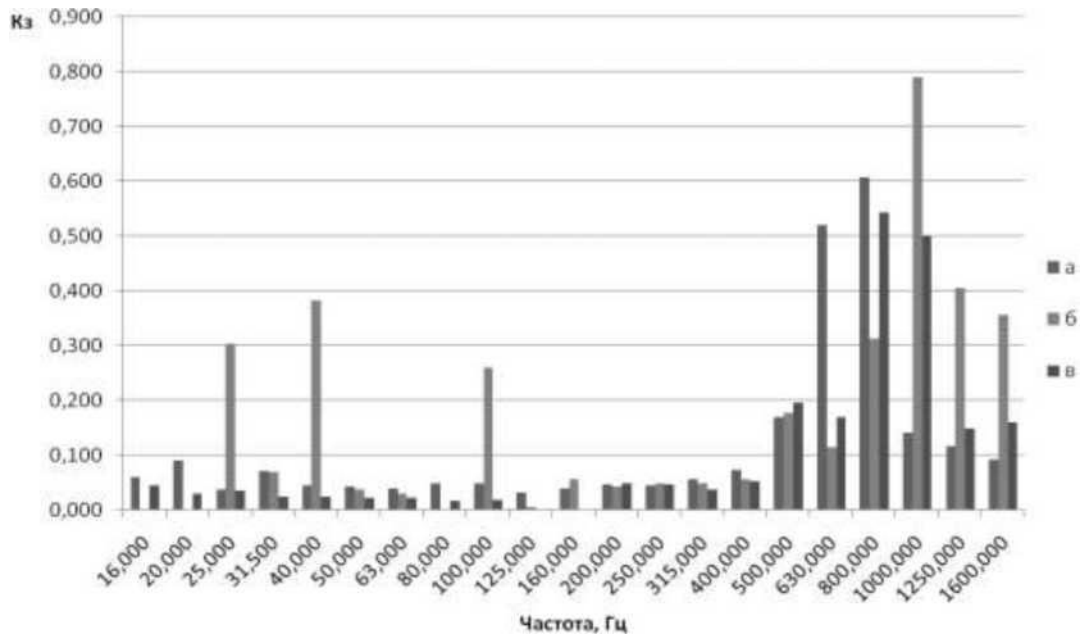


Рисунок 2.14 - Коефіцієнт звукопоглинання фасадної термопанелі з полімерпіщаною плиткою виробництва ТОВ "КЛІНКЕР ЮКРЕЙН": а) до впливу УФ випромінювання; б) після дії УФ випромінювання (303 години 45 хвилин); в) після дії УФ випромінювання (607 годин 30 хвилин)

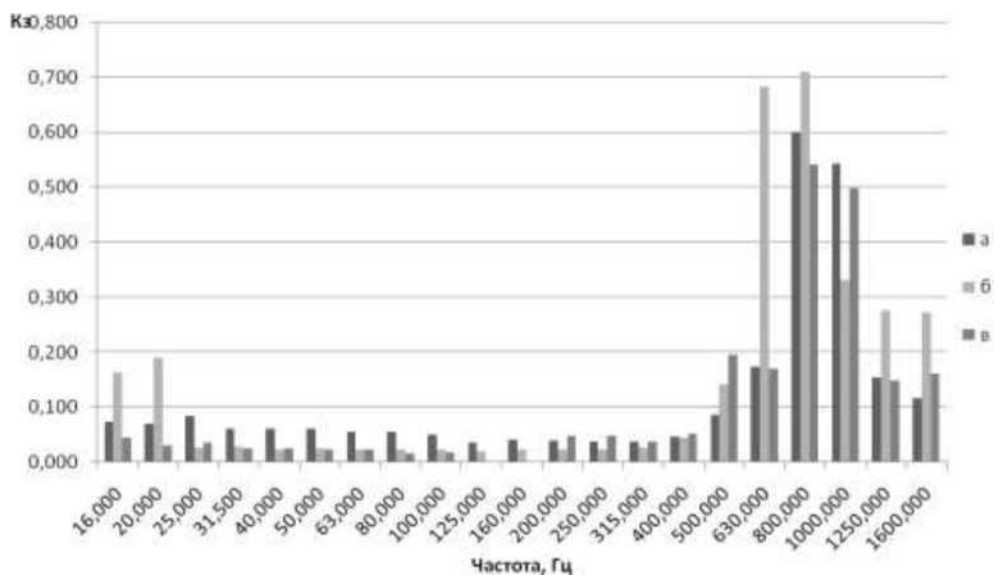


Рисунок 2.15 - Коефіцієнт звукопоглинання фасадних термопанелей після дії УФ випромінювання (607 годин 30 хвилин): а) після дії УФ випромінювання (607 годин 30 хвилин); б) клінкерною плиткою виробництва Houson колекції DS62901; в) з полімерпіщаною плиткою виробництва ТОВ "КЛІНКЕР ЮКРЕЙН".

У процесі впливу УФ випромінювання немає значних змін коефіцієнта звукопоглинання. Очевидно, даний ефект обумовлений незмінністю структури поліуретанового шару, що значно впливає на звукопоглинаючі властивості. Звукопоглинання значною мірою залежить від пористості матеріалу, що залишається не зрадою.

Визначали теплопровідність шару ППУ завтовшки 20 щільністю 60 кг/м³ - $\lambda = 0,035 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)}$.

2.3.5 Дослідження впливу окисленого графіту, що терморозширюється, на фізико-механічні та термічні властивості пінополіуретанів, що застосовуються для виробництва фасадних термопанелей.

Дослідження проводили на 6 зразках жорсткої системи ППУ, які застосовуються для виготовлення фасадних термопанелей.

Проводили оцінку випробуваних зразків ППУ за такими показниками:

- визначення нормального коефіцієнта звукопоглинання за ДСТУ Б В.2.7-183:2009 [39];
- дослідження макроструктури зразків;
- визначення коефіцієнта теплопровідності за ДСТУ Б В.2.7-105-2000 [37];
- оцінка термічних показників за ДСТУ EN ISO 527-1:2017 [40].

Результати дослідження впливу графіту на фізико-механічні та термічні властивості ППУ представлені в таблицях 2.3 – 2.5 та на рисунку 2.16.

Відомо, що у шарувату структуру графіту впроваджено молекули сірчаної кислоти. Під впливом тепла впроваджені у графіт молекули розкладаються з виділенням газу, відбувається спінювання, товщина шару збільшується у 100 разів. Ці властивості і визначили використання окисленого графіту, що терморозширюється, в рецептурі для захисту ППУ. У лабораторних умовах провели попередні випробування визначення легкості

загоряння зразків від відкритого джерела полум'я. Встановлено, що всі зразки займаються, при цьому зразки 1-3 підтримують горіння, а зразки 4 - 6 - не підтримують поширення полум'я внаслідок активного спінювання зразка.

Таким чином, для зниження горючості ППУ встановлено ефективний мінімальний вміст у рецептурі композиції графіту, вміст якого має бути у ППУ не менше 5 % мас.год. на 100 мас.год. поліолу.

У таблиці 2.3 наведено результати дослідження впливу графіту на нормальний коефіцієнт звукопоглинання.

На основі проведених досліджень встановлено, що найвищим нормальним коефіцієнтом звукопоглинання мають зразки ППУ, що містять у співвідношенні на 100 мас.ч. поліола 15 мас.ч графітової добавки (зразок 6).

Аналіз зовнішнього вигляду зразків (рисунок 2.16) виявив збільшення кількості частинок графіту на одиницю площі у разі зростання кількісного змісту в ППУ. Зовнішні дефекти (розшарування, тріщини) немає. Зовнішній вигляд зразків характерний для типової структури пінополіуретану.

Поведінка матеріалу під час горіння, зокрема поширення вогню регулюється теплопровідністю. Результати досліджень коефіцієнта теплопровідності представлені у таблиці 2.4

Таблиця 2.3. - Нормальний коефіцієнт звукопоглинання ППУ від 100 до 6300 Гц *

Частота	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4	Зразок 5	Зразок 6
100	0,003	0,001	0,002	0,009	0,008	0,058
200	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,064
250	0,008	0,004	0,007	0,012	0,009	0,075
315	0,014	0,007	0,014	0,016	0,012	0,099
400	0,021	0,015	0,025	0,023	0,020	0,135
500	0,026	0,020	0,028	0,027	0,024	0,187
630	0,031	0,024	0,029	0,034	0,028	0,257

800	0,032	0,032	0,025	0,035	0,028	0,219
1000	0,051	0,038	0,041	0,046	0,039	0,355
1250	0,075	0,048	0,054	0,054	0,045	0,373
1600	0,109	0,065	0,082	0,068	0,052	0,410
2000	0,140	0,140	0,111	0,095	0,057	0,591
2500	0,168	0,108	0,084	0,127	0,064	0,733
3150	0,059	0,057	0,041	0,055	0,048	0,834
4000	0,068	0,066	0,046	0,062	0,055	0,643
5000	0,083	0,085	0,058	0,076	0,068	0,482
6300	0,111	0,121	0,082	0,106	0,095	0,397

* - представлені значення середніх арифметичних випробувань трьох зразків

Таблиця 2.4. - Коефіцієнт теплопровідності ППУ

Параметр	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4	Зразок 5	Зразок 6
λ (Вт/(м*К))	0,031	0,032	0,036	0,035	0,038	0,036

Низька теплопровідність зразка 1 ППУ ($\lambda = 0,031$ Вт/(м*К)) є причиною того, що при займанні його поверхня швидко нагрівається до високої температури. Це призводить до швидкого поширення полум'я по поверхні, крім того, значна площа поверхні спіненої структури сприяє збільшенню швидкості горіння.

У цій роботі для уповільнення поверхневого горіння в рецептуру введено графіт, який показав незначний вплив на коефіцієнт теплопровідності ППУ. Так, за 15 % мас.ч графіту на 100 мас.ч поліолу у ППУ (зразок 6) $\lambda = 0,036$ Вт/(м*К).

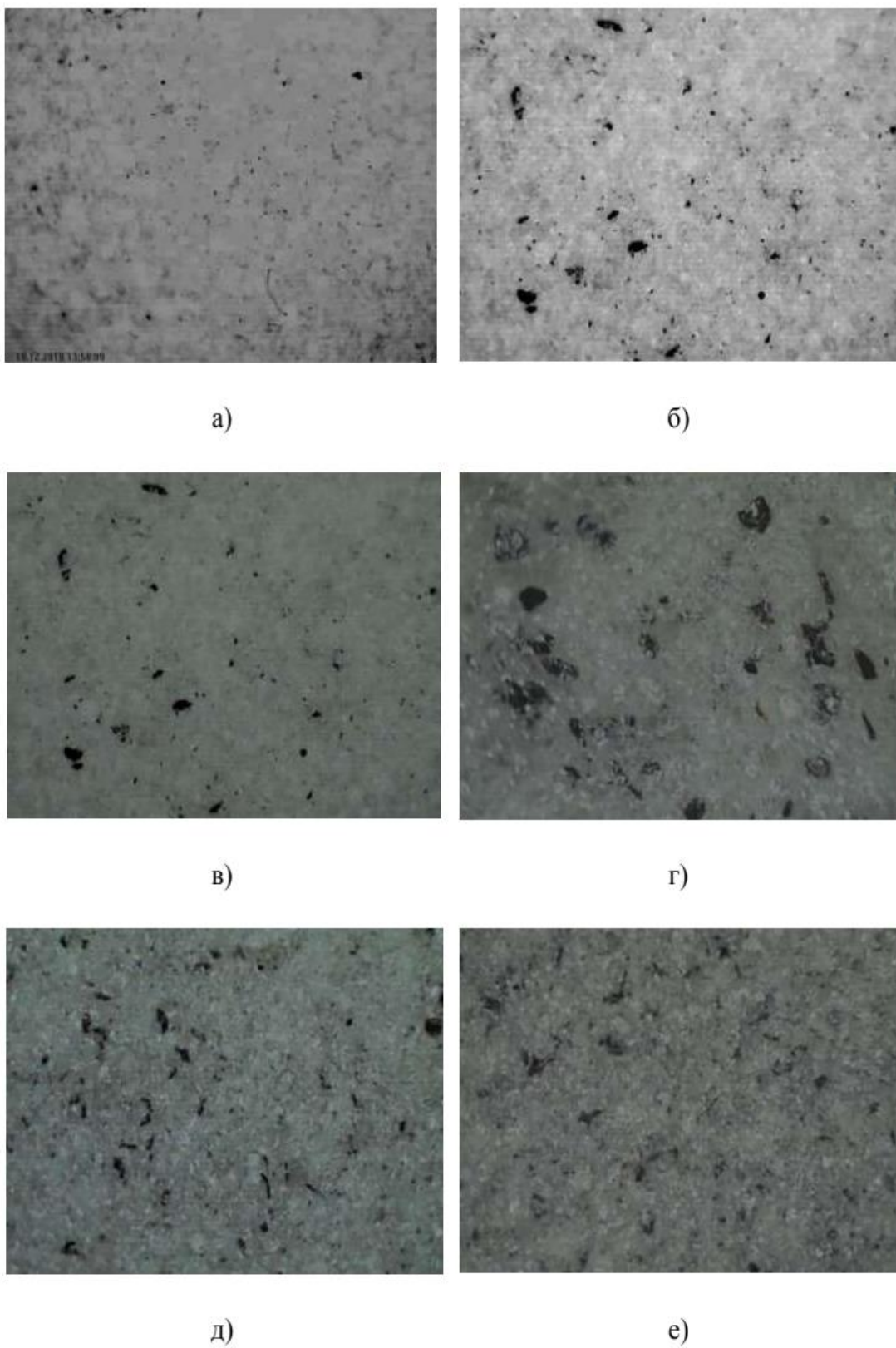


Рисунок 2.16. - Зовнішній вигляд зразків ППУ (x 50):
а) зразок 1; б) зразок 2; в) зразок 3; г) зразок 4; д) зразок 5; е) зразок 6

Оцінку термостійкості матеріалу проводили при нагріванні від 30 до 550°C зі швидкістю 10°C/хв в атмосфері аргону методом термогравіметричного аналізу (ТГА), який використовується як лабораторний метод для швидкого отримання орієнтовних результатів відносної термостійкості речовини.

Результати аналізу характеризуються температурою розкладання, тобто температурою, коли він відбуваються втрати у масі. Термічне розкладання проводили згідно з ДСТУ EN ISO 527-1:2017 [40]. Результати досліджень представлені у таблиці 2.5.

Відомо, що поведінка матеріалу при горінні залежить від легкості його термічного розкладання і відносних концентрацій горючих газів, що утворилися. Зразки 1-3 характеризуються багатомодальною структурою поліуретану і, відповідно, відрізняються від інших досліджуваних зразків за своєю структурою.

У всіх досліджуваних зразках 1-3 є легколеткі компоненти в області 100 0C, можна припустити, що ця температура характерна для води і вміст у зразках становить близько 2 % мас. Дані зразки мають практично однакову термостабільність.

Аналіз таблиці 2.5 показав, що з вмісті наповнювача щонайменше 5 % у рецептурі ППУ істотно вплив графіту формування структури поліуретану.

Так, зразки 4-5 характеризуються однією T_{max} розкладання області 308-321°C. Найбільшу термостабільність має зразок 6 з найбільшим вмістом наповнювача (графіту) і найменшу кількість легколетючих компонентів (вихідних речовин, що не прореагували) - 3% мас, при цьому температури початку (T_n) і максимум розкладання (T_{max}) зміщені в область великих температур щодо зразків 4 і 5, які характеризуються $T_n = 273$ °C та $T_{max} = 308$ - 310 °C.

Таблиця 2.5 -Результати ТГ - аналізу зразків ППУ

№ зразка	T _н , °C	T _{max} , °C	Втрата маси, % мас	Залишкова маса при 550°C, , % мас
1	-	97,9	2,1	20,8
	276,3	329,0	45,1	
		361,0	25,8	
		464,0	6,2	
2	-	86,2	2,3	20,8
	270,4	292,5	23,2	
		334,5	20,7	
		366,9	25,7	
3	-	101,4	2,0	24,0
	278,1	324,1	40,9	
		373,2	26,3	
		473,0	6,8	
4	-	101	5,0	26
	273,0	308	69	
5	-	101	6,0	28
	273,0	310	66	
6	-	101	3,0	36
	283,0	321	61	

Таким чином, порівняльний аналіз всіх досліджуваних зразків 1-6 показав, що найкращу термостабільність має зразок 6.

2.4 Висновки за розділом 2

1. Розроблений технологічний процес виготовлення термопанелей що включає наступні операції: комплектування; підготовча; формувальна; розвантажувальна; слюсарна; контрольна; пакувальна.

2. Запропонована поліпшена схема монтажу фасадних термопанелей, що відрізняється від відомих, наявністю додаткової операції, пов'язаної з послідовним закріпленням верхньої межі ряду термопанелей поліуретановою піною. Додаткове клейове з'єднання повинне виключити «вигинання» панелей, а також підвищити герметичність з'єднань між елементами (рядовими, кутовими, добірними).

3. Зразки клінкерних плиток виробництва Houson та ADW Klinker відповідають стандарту ДСТУ Б В.2.7-282:2011: індивідуальне значення в середньому $< 3 \%$; максимальне індивідуальне значення $< 3,3\%$.

4. Усі зразки термопанелей після 50 циклів заморожування – відтавання не мають візуальних дефектів та зміни кольору.

5. Після впливу УФ випромінювання з довжиною хвилі 240-320 нм протягом 607 годин 30 хвилин на зразках фасадних термопанелей не виявлено зміни кольору. Спостерігається значна зміна кольору пінополіуретанового шару. ППУ стає крихким та ламким, що є ознакою його термодеструкції та погіршення фізико-механічних властивостей, у тому числі теплопровідності та жорсткості. У цьому потрібна обов'язкова ізоляція ППУ від дії УФ випромінювання з допомогою закладення швів і торців різними матеріалами (затирання тощо.).

6. У процесі впливу УФ випромінювання немає значних змін коефіцієнта звукопоглинання фасадних термопанелей. Мабуть, цей ефект обумовлений незмінністю структури поліуретанового шару, що значно

впливає на звукопоглинаючі властивості. Звукопоглинання значною мірою залежить від пористості матеріалу, що залишається не зрадою.

7. Показана можливість застосування терморозширюваного окисленого графіту марки МЕТОРАС EG 350-50 (80) у жорсткій системі ППУ, як речовина, що знижує горючість (антипірену) і покращує споживчі властивості. В результаті проведених фізико-механічних та термічних властивостей ППУ з підвищенням вмісту графітової добавки виявлено: - Збільшення нормального коефіцієнта звукопоглинання; - Мінімальний вплив на коефіцієнт теплопровідності; - Збільшення температури початку розкладання. Найбільш високими фізико-механічними та термічними властивостями має зразок 6 ППУ, що містить у співвідношенні на 100 мас.ч. поліола 15 мас.ч графітової добавки, що дозволяє в порівнянні з вихідним ППУ: збільшити в середньому в 3 рази нормальний коефіцієнт звукопоглинання частотному діапазоні від 100 до 1600 Гц; знизити коефіцієнт теплопровідності на 8%; підвищити температуру початку розкладання на 67⁰С. Таким чином, модифікація ППУ окисленим графітом, що терморозширюється, дозволяє створювати не тільки важкогорючі поліуретани, а й покращувати їх фізико-механічні і термічні властивості.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ РОБОТИ КОНСТРУКТИВНОГО РІШЕННЯ ОФІСНОЇ БУДІВЛІ З ОГОРОДЖУВАЛЬНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ З ФАСАДНИХ ТЕРМОПАНЕЛЕЙ

3.1 Розрахунок термічного опору фасадних термопанелей

Опір теплопередачі огорожувальної конструкції - це теплотехнічний коефіцієнт, що характеризує рівень теплоізоляційних властивостей конструкцій, що огорожують. Чим більший опір теплопередачі конструкції, то вище її теплоізоляційні властивості, тобто. тим менший тепловий потік, що проходить через цю конструкцію.

Зробимо розрахунок термічного опору багатошарової конструкції з фасадних термопанелей. Вихідними є:

- вологісний режим приміщення – нормальний;
- умови експлуатації огорожувальної конструкції - Б;
- огорожувальна конструкція - монолітна двошарова стінова панель з клінкерною або полімерпіщаною плиткою із шаром утеплювача із ППУ.

Визначимо необхідний опір теплопередачі для житлового будинку республіки Татарстан з нормальним вологим режимом приміщення. При проектуванні огорожувальних конструкцій повинні дотримуватися норм будівельної теплотехніки згідно зі ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [15]. Виходячи з санітарно-гігієнічних та комфортних умов:

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{n \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\Delta t^{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{в}}} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}} \quad (3.1)$$

де, n - коефіцієнт, що приймається в залежності від положення зовнішньої поверхні конструкцій, що захищають по відношенню до зовнішнього повітря; $t_{\text{в}}$ - розрахункова температура внутрішнього повітря, °С, що приймається згідно з ДСТУ Б А.3.2-12:2009 [41] та нормами проектування

відповідних будівель та споруд; $t_{\text{н}}$ - розрахункова зимова температура зовнішнього повітря, що дорівнює середній температурі найбільш холодної п'ятиденки із забезпеченістю 0,92; $\Delta t^{\text{н}}$ - нормативний температурний перепад між температурою внутрішнього повітря та температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції; $\alpha_{\text{в}}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°C}}$.

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{1 \cdot (20 - (-32))}{4,5 \cdot 8,7} = 1,328 \frac{\text{м}^2\text{°C}}{\text{Вт}}$$

Градусо-доба опалювального періоду визначається за такою ормулою:

$$\text{ГДОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{оп.пер}}) * z_{\text{оп.пер}} \quad (3.2)$$

де $t_{\text{оп.пер}}$ – середня температура опалювального періоду, $^{\circ}\text{C}$; $z_{\text{оп.пер}}$ - тривалість опалювального періоду, добу, із середньодобовою температурою повітря нижче або дорівнює 8°C .

$$\text{ГДОП} = (20 - (-5,7)) - 218 = 5602,6^{\circ}\text{C дїб}$$

Інтерполяцією по таблиці 1 визначимо:

$$R_0^{\text{пр}} = 3,393 \frac{\text{м}^2\text{°C}}{\text{Вт}}$$

Далі в розрахунках будемо застосовувати $R_0^{\text{пр}}$ як максимальне з $R_0^{\text{пр}}$ та $R_0^{\text{мп}}$.

Розрахунок термічного опору багат шарових фасадних термопанелей зробимо по формулах :

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (3.3)$$

$$R_k = R_1 + R_2, \quad (3.4)$$

де R_i - термічний опір кожного шару; δ_i – товщина шару, мм; λ_i – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару $\text{Вт}/(\text{м} \times ^{\circ}\text{C})$; R_0 –

сумарний опір термопанелі; R_I - наведений опір теплопередачі шару утеплювача; R_2 - облицювального матеріалу відповідно.

Розрахуємо термічний опір досліджуваних фасадних термопанелей:

1) Термопанель з клінкерною плиткою виробництва ADW Klinker колекції Beige Rustic Besandet завтовшки 10 мм. Товщина шару ППУ 55 мм.

$$R_1 = \frac{0,055}{0,035} = 1,571 \frac{\text{м}^2\text{°C}}{\text{Вт}}$$

$$R_2 = \frac{0,01}{0,58} = 0,017 \frac{\text{м}^2\text{°C}}{\text{Вт}}$$

$$R_k = R_I + R_2 = 1,588 \frac{\text{м}^2\text{°C}}{\text{Вт}}$$

2) Термопанель з клінкерною плиткою виробництва Houson колекції DS62901 завтовшки 7 мм. Товщина шару ППУ 58 мм.

$$R_1 = \frac{0,058}{0,035} = 1,657 \frac{\text{м}^2\text{°C}}{\text{Вт}}$$

$$R_2 = \frac{0,007}{0,58} = 0,012 \frac{\text{м}^2\text{°C}}{\text{Вт}}$$

$$R_k = R_I + R_2 = 1,669 \frac{\text{м}^2\text{°C}}{\text{Вт}}$$

3) Термопанель з полимерпесчаною плиткою виробництва ТОВ "КЛІНКЕР ЮКРЕЙН" завтовшки 11 мм. Товщина шару ППУ 54 мм.

$$R_1 = \frac{0,054}{0,035} = 1,543 \frac{\text{м}^2\text{°C}}{\text{Вт}}$$

$$R_2 = \frac{0,011}{0,082} = 0,134 \frac{\text{м}^2\text{°C}}{\text{Вт}}$$

$$R_k = R_I + R_2 = 1,677 \frac{\text{м}^2\text{°C}}{\text{Вт}}$$

Використовуючи отриманий термічний опір, визначаємо опір теплопередачі конструкцій, що розглядаються:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + R_k + \frac{1}{\alpha_H}$$

де α_H коефіцієнт тепловіддачі (для зимових умов) зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, $\frac{m^2 \cdot C}{W}$

Термопанель с клинкерной плиткой производства ADW Klinker коллекции Beige Rustic Besandet:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + 1,588 + \frac{1}{23} = 1,746 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

Термопанель с клинкерной плиткой производства Houson коллекции DS62901 :

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + 1,669 + \frac{1}{23} = 1,827 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

Термопанель з полимерпесчаною плиткою виробництва ТОВ "КЛІНКЕР ЮКРЕЙН" :

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + 1,677 + \frac{1}{23} = 1,835 \frac{m^2 \cdot C}{W}$$

Отримані значення менше, ніж потрібний опір $R_0^{пр} = 3,393 \frac{m^2 \cdot C}{W}$. Для того, щоб огорожувальні конструкції Вт задовольняли вимогам щодо термічного опору необхідно:

- 1) збільшувати товщину теплоізолюючого шару ППУ;
- 2) зменшувати густину ППУ;
- 3) використовувати як матеріал стіни пінобетон, цегла пустотіла, каркас (OSB + мінеральна вата + OSB), термоблоки (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1. - Результати розрахунків R_0 при використанні фасадних панелей для різних варіантів стін

Матеріал стіни	Товщина стіни, мм	Величина R_0 стіни, $\frac{m^2 \cdot C}{W}$	Величина R_0 стіни облицьовані фасадними термопанелями, основа ППУ, $\frac{m^2 \cdot C}{W}$			Задоволення вимогам $R_0^{пр} \geq 3,393 \frac{m^2 \cdot C}{W}$
			клинкерная плитка ADW Klinker	Клинкерная плитка Houson	Полімер піщана плитка	
Бетон	25	0,17	1,916	1,997	2,005	не задовольняє
Пінобетон	40	1,90	3,646	3,727	3,735	задовольняє
Цеглина	65	1,38	3,126	3,207	3,215	не задовольняє
Цеглина порожниста	65	1,86	3,606	3,687	3,695	задовольняє
Дерево	25	1,39	3,136	3,217	3,225	не задовольняє
Каркас (OSB+ минвата+ OSB)	1,25+10+ 1,25	1,73	3,476	3,557	3,565	задовольняє
Термоблоки Porotherm	440	2,36	4,106	4,187	4,195	задовольняє

Розрахунок термічного опору фасадних термопанелей з клінкерною або полімерпіщаною плиткою виявив багаторазове збільшення опору стін. Відповідно пропорційно зменшуються втрати тепла в холодну пору року і витрати на обігрів та кондиціонування будинку.

3.2 Чисельний аналіз роботи конструкції офісної будівлі з конструкціями з фасадних термопанелей

Конструктивні рішення будівлі.

Будівля запроектована за рамно-зв'язковою каркасною системою. У рамно-зв'язковій каркасній системі вертикальні та горизонтальні навантаження сприймають і передають підставі спільно вертикальні зв'язки та каркас з жорсткими вузлами з'єднання ригеля з колоною. Елементи каркасу: ригелі - збірно-монолітні, колони - збірні, зв'язки сталеві, перекриття - збірне з монолітними ділянками.

Колони каркаса жорстко пов'язані із фундаментами. Фундаменти - стовпчасті, із заміною ґрунту основи подушкою з гранітного щебеню. Виконані у загальному котловані на відм. -2,150, з наступними місцевими заглибленнями до відм.-3,650. Позначка верху фундаментів -0,350. Для армування застосовано арматуру класу А400С та бетон класу С25/30. Проектування фундаментів виконано на кшталт серії 1.412.1-6.

Колони збірні, залізобетонні, з отворами на рівні перекриттів, перетином 400 x 400 мм. По висоті розрізані на 2 яруси: 1 нижній ярус (перша черга будівництва), 1 верхній ярус (друга черга будівництва). Колони виконані із бетону класу С25/30. Елементи колони з'єднуються між собою на рівні підлоги 2 поверху за допомогою закладної деталі (шарнірне з'єднання). У місцях встановлення зв'язків колони мають заставні деталі. Нижньою частиною колони встановлюються та замонолічуються в монолітний фундамент.

Усі ригелі - збірно-монолітні таврового перерізу, що складаються із

збірної попередньо-напруженої частини перетином 400x250 (h) та монолітної частини виконаної спільно з плитами перекриття. Жорстке з'єднання ригеля з колоною здійснюється за допомогою перепуску арматурних стрижнів монолітної частини через колону та закладення бетоном класу C25/30 на дрібному заповнювачі.

Стійкість у поздовжньому напрямку забезпечується сталевими вертикальними зв'язками.

Перекриття виконане із збірних попередньо напружених пустотних плит товщиною 220 мм стендового безопалубного формування. Поздовжній стик між плитами шириною 5 мм зашпаровується бетоном класу C12/15 на дрібному заповнювачі, утворюючи шпонку.

Загалом виходить горизонтальна діафрагма жорсткості. Сходові клітини виконуються із збірних ж/бетонних сходів за ДСТУ Б В.2.6-56:2008 [42] по сталевих косоурах та монолітних майданчиків, з оперенням на цегляні стіни.

Зовнішні огорожувальні конструкції виконуються з дрібноштучних матеріалів і є самонесучими. Конструкція зовнішньої стіни: термоблок Porotherm товщиною 440 мм марки 100, з облицюванням з термопанелі (товщиною 65мм, $\gamma=26,32 \text{ кг/м}^2$).

Всі внутрішні стіни та перегородки виконані з керамічної цегли. Перемички над дверними отворами виконуються залізобетонними.

Розрахунок каркасу.

Для збору навантажень на фундаменти та визначення зусиль виконано моделювання каркасу будівлі (відповідно до повного проекту) та виконано статичний розрахунок. Будівля запроектована двоповерховою з пристроєм з лівого боку, що відповідає другій черзі будівництва. На першому етапі будівництва планується будівництво двоповерхової будівлі, без пристрою.

Розрахункові характеристики елементів моделі.

Ригелі несучі:

Стрижень таврового перерізу: висота – 470 мм; ширина – 400 мм.

Бетон кл. С25/С30.

Арматура кл. А500С.

Плити перекриття.

Пустотні плити перекриття наведені до однорідного ортотропного матеріалу. Розрахунок виконаний для плити марки ПК 58.15-8Ат.

Клас бетону – С12/15.

Товщина плити – 220 мм.

Радіус порожнечі – 80 мм.

Кількість порожнин – 6.

Ширина плити – 1200 мм.

Модуль деформації бетону – 20500 МПа.

Модуль деформації упоперек плити прийнятий рівним $E_2 = 1000$ кПа.

Обчислена наведена товщина плити дорівнює 0,255 м.

Обчислений наведений модуль деформації плити $E_1 = 17300$ МПа.

Щільність матеріалу – 1360 кг/м³.

Монолітні ділянки. $L=6000$ мм, $L=3000$ мм.

Ізотропний матеріал завтовшки 220 мм.

Бетон кл. С25/30.

Модуль деформації : $E = 0,2 \times E_0 = 0,65 \cdot 10^7$ МПа

Арматура кл. А400С

Колони.

Колони - стержень перерізом 400 х 400 мм, з бетону класу С25/30 (теплова обробка).

Подколонник - стержень перерізом 1200 х 1200 мм.

Заввишки 1100 мм з бетону С25/30.

Зв'язки.

Зв'язки - сталеві, таврового перерізу з двох рівнополочних куточків (2L100X7).

По аналогії з серією 1.020-1/87 вип.5-1.

Фундамент.

Фундамент дрібного заставляння на пружній основі Винклера.

Матеріал - бетон класу C20/25.

Стіни.

Внутрішні стіни.

(у осях 8/А-Б, 4-5/Б-В-сходова клітина).

Завтовшки 250 мм.

З цеглини глиняного напівсухого пресування.

марки 150 на розчині марки 100.

Ізотропний матеріал завтовшки 250 мм

Щільність матеріалу - розрахункове значення (з урахуванням штукатурки) - 2160 кг/м^3 .

Модуль пружності - $E=0,5 \cdot E_0=1500 \text{ МПа}$

Коефіцієнт Пуассона - 0,10.

Зовнішні стіни.

(у осях 2/А-В, 7-9/А, 9/А-Б, 8/Б-В, 7-8/В, 8-9/В)

завтовшки 440 мм з термоблоков Porotherm марки 100 на розчині марки

50.

Ізотропний матеріал завтовшки 440 мм.

Щільність матеріалу - розрахункове значення 950 кг/м^3 .

Модуль пружності - 1530 МПа

Коефіцієнт Пуассона - 0,10.

Фасадні термопанели з клінкерною плиткою ADW Klinker.

Ізотропний матеріал завтовшки 65 мм.

Щільність матеріалу - розрахункове значення $62,14 \text{ кг/м}^3$.

Фундаментні балки.

Фундаментні балки - стержень перерізом 500 x 300 мм з бетону класу C20/25.

Збір навантажень.

Усі навантаження розділені на навантаження залежно від тривалості дії та їх поєднання. Всі конструкції віднесені до 3 категорії тріщиностійкості,

тому розрахунок на тривале розкриття тріщин виконується на постійну та тривалу частину тимчасового навантаження, а на нетривале розкриття тріщин – на постійну, тривалу та короткочасну.

До 1 групи навантажень відносяться всі розрахункові значення навантажень від власної ваги конструкцій закладених у моделі та враховуються автоматично при розрахунку.

Експлуатаційне навантаження поділено на тривале та короткочасне (за аналогією з серією 1.141-1 вип. 64) для розрахунку за граничними станами 2 групи. При цьому до тривалих навантажень відноситься також частина повного значення тимчасових навантажень, а короткочасне навантаження, що вводиться в розрахунок, зменшена на величину, враховану в тривалому навантаженні.

2 група навантаження включає постійні навантаження на перекриття від елементів конструкцій не врахованих в 1 групі (підлоги, перегородки)

3 група навантажень включає короткочасні навантаження на перекриття (з коефіцієнтом тривалості 0,35).

4 група навантажень - снігове навантаження на покриття - короткочасне з коефіцієнтом тривалості 0,5.

5 група навантажень – середня складова вітрового навантаження по осі У. Їй супроводжує навантаження 7, 8, 9 (пульсаційні складові) – короткочасна.

6 група навантажень – середня складова вітрового навантаження по осі Х. Їй супроводжує навантаження 11, 12, 13, 14 (пульсаційні складові) – короткочасна.

7 , 8, 9, 11, 12, 13, 14 групи вантажень - пульсаційні складові вітрового навантаження.

Таблиця 3.2. - Навантаження на конструктивні елементи

Вид навантаження і розрахунок	Норм. навантаження, кН/м ²	Коефіц. надій., γ	Расчетная нагрузка, кН/м ²
Міжповерхове перекриття			
А. постійна			
1. конструкція підлоги (плитка на розчині по стяжці завтовшки 30 мм)	1,2	1,2	1,44
2. вага перегородок	2,35	1,1	2,6
Б. короткочасна			
	3,0	1,2	3,6
РАЗОМ	6,55	-	7,64
Приймаємо:			
Постійна			
	-	-	4,0
Короткочасна			
	-	-	3,6
РАЗОМ	-	-	7,6
Навантаження на покриття			
А. постійна			
1. конструкція покрівлі (2 шари наплавленого гідроклоїзолу по стяжці товщиною 30 мм + утеплювач - газобетон товщиною 250 мм)	1,8	1,25	2,25

Б. короткочасна (снігова)	2,24	1,43	3,20
РАЗОМ	4,04	-	5,45
Приймаємо:			
Постійна	-	-	2,8
Короткочасна (снігова)	-	-	3,2
РАЗОМ		-	6,0
навантаження на плити коридорів (шляхи евакуації)			
А. постійна			
1. конструкція підлоги (плитка на розчині по стяжці завтовшки 30 мм)	1,2	1,2	1,44
Б. короткочасна	4,0	1,2	4,8
РАЗОМ	5,2	-	6,24
Приймаємо:			
Постійна	-	-	1,5
Короткочасна	-	-	4,8
РАЗОМ	-	-	6,3

Вітрове навантаження.

Для II вітрового району нормативне значення середньої складової вітрового навантаження дорівнює 0,30 кПа. Навантаження прикладено в балках перекриття (ригелям) з урахуванням аеродинамічного коефіцієнта (+0,8- для навітряної сторони та -0,5 - для підвітряної сторони) та коефіцієнта, що враховує зміну вітрового тиску по висоті залежно від типу місцевості. Прийнятий тип місцевості - А. Задаємо середню складову вітрового навантаження у вигляді розподіленого вільного навантаження на балки та перетворюємо на вузлові сили.

Таблиця 3.3. - Розрахунок вітрового навантаження

Позначка перекриття	Коефіцієнт зміни тиску за висотою (k)	Коефіцієнт пульсації тиску за висотою (ζ)	Коефіцієнт просторової кореляції пульсації тиску вітру (v)	Вантажна площа на 1 п.м. вітрового фронту (u) (m^2)	Розрахункове значення середньої складової при $s = +0,8$ (kH/m^2)	Розрахункове навантаження на ригель з коефіцієнтом $+0,8$ (kH/m)	Розрахункове значення середньої складової при $s = -0,5$ (kH/m^2)	Рнавантаження на ригель з коефіцієнтом $-0,5$ (kH/m)
із стороною $d=12,0$ м								
4,50	1,12	0,73	0,858	6,75	0,376	2,538	0,235	1,586
9,00	1,12	0,73	0,858	4,5	0,376	1,692	0,235	1,058
із стороною $d=36,0$ м								
4,50	1,12	0,73	0,723	6,75	0,376	2,538	0,235	1,586
9,00	1,12	0,73	0,723	4,5	0,376	1,692	0,235	1,058

Навантаження від зовнішніх стін.

Навантаження прикладено вручну в рівні поверху за вирахуванням отворів вікон та дверей.

1-ий поверх ($h = 4,5$ м). Зовнішні стіни з термоблоків (товщиною 440 ММ, $\gamma = 425$ кг/м²) з облицюванням термопанелі (товщиною 65мм, $\gamma = 26,32$ кг/м²). без прорізів $(425+25) \times 1,2 \times 4,5 = 2430$ кг/м. З прорізами $(425 + 25) \times 1,2 \times (5,6 - 3 \times 3) = 1562,1$ кг / м.

2-й поверх ($h = 4,5$ м). Зовнішні стіни з навісних сендвіч-панелей та панелей Nordicon, закріплених до металевих стійок ($m = 55,4$ кг), з облицюванням термопанелі (товщиною 65мм, $\gamma = 26,32$ кг/м²). Приймаємо зосереджену навантаження на ригель 10,3 кН, крайніх точках 5,6 кН, 6,4 кН і 1,3 кН.

Парапет - цегляна стіна товщиною 250 мм заввишки 1600 м ($0,25 \times 1600,0 \times 1,6 \times 1,1 = 704$ кг/м, приймаємо рівним 7 кН/м.

Навантаження від ґрунту на ростверк.

Ґрунт зворотного засипання на висоту 1,22 м. $1,22 \times 1,8 \times 1,15 = 2,53$ т/м² (25 кН/м²).

Зосереджена від фундаментних балок та стін 1поверху без прорізів $1100 \times 1,1 : 2 + 2430 \times 5,6 : 2 = 7409$ кг.

Приймаємо рівною 76кН.

Зосереджена від фундаментних балок і стін 1этажа з отворами $1100 \times 1,1 : 2 + 1562,1 \times 5,6 : 2 = 4978,9$ кг

Приймаємо рівною 52кН.

Навантаження від сходової клітки.

Короткочасна частина тимчасового навантаження на марші і майданчики - 4,8 кН/м².

Власна вага майданчика $3,2 \times 1,5 \times 0,08 \times 2500 \times 1,1 = 1056$ кг

Власна вага збірної ж.б. сходинок - $159 \times 1,1 = 175$ кг. Кількість сходів на косоур – 10шт.

Власна вага косоура - $6,525 \times 14,2 \times 1,05 = 97$ кг

Конструкція підлоги (плитка на розчині по стяжці завтовшки 30 мм)-
144 кг/м².

Зосереджене навантаження від косоура на ригель - 1164 кг

Завантаження 2 приймаємо рівним 12кН (зосереджене навантаження в місцях спирання косоурів).

Завантаження 3 - 4,8 кН/м² (коефіцієнт тривалості - 0,35).

Приймаємо рівним 12кН (сосредоточенная нагрузка в местах опирания косоуров).

Результати розрахунку.

Результати:

1. Статичний розрахунок виконано кожному за навантаження окремо. Результати розрахунку моделі житлового будинку використовують для визначення зусиль на палі на основі РСУ.

2. Результати розрахунку моделі будівлі використовуються для розрахунку та конструювання стрижневих елементів на основі РСУ. Виконано перевірку стійкості каркасу. Визначено навантаження на фундаменти.

1 комбінація включає всі постійні, тимчасові тривалі, короткочасні з коефіцієнтом поєднань 1,0 та снігову з коефіцієнтом поєднань 0,9 навантаження.

2 комбінація включає всі навантаження 1 комбінації плюс вітер по осі Y з коефіцієнтом поєднань 0,7.

3 комбінація включає всі навантаження 1 комбінації плюс вітер по осі X з коефіцієнтом поєднань 0,7.

3. Розрахунок на стійкість визначив форми втрати стійкості елементів будівлі та значення критичної сили для заданих комбінацій навантажень. Використовується 1 комбінація що складається з постійних, тривалих та снігових навантажень. В результаті маємо: мінімальний коефіцієнт запасу, рівний 7,21, отриманий для 1 форми втрати стійкості.

4. Виконано розрахунок армування найбільш навантажених колон, що

несуть і зв'язкових ригелів та зв'язків.

Розрахунок армування та результати представлені на рисунках 3.1 – 3.8.

Max $M_f=156.15$ кНм (елемент 9679), Min $M_f=-152.65$ кНм (елемент 9710).

Комбінація 1 (рисунок 3.1 - 3.4).

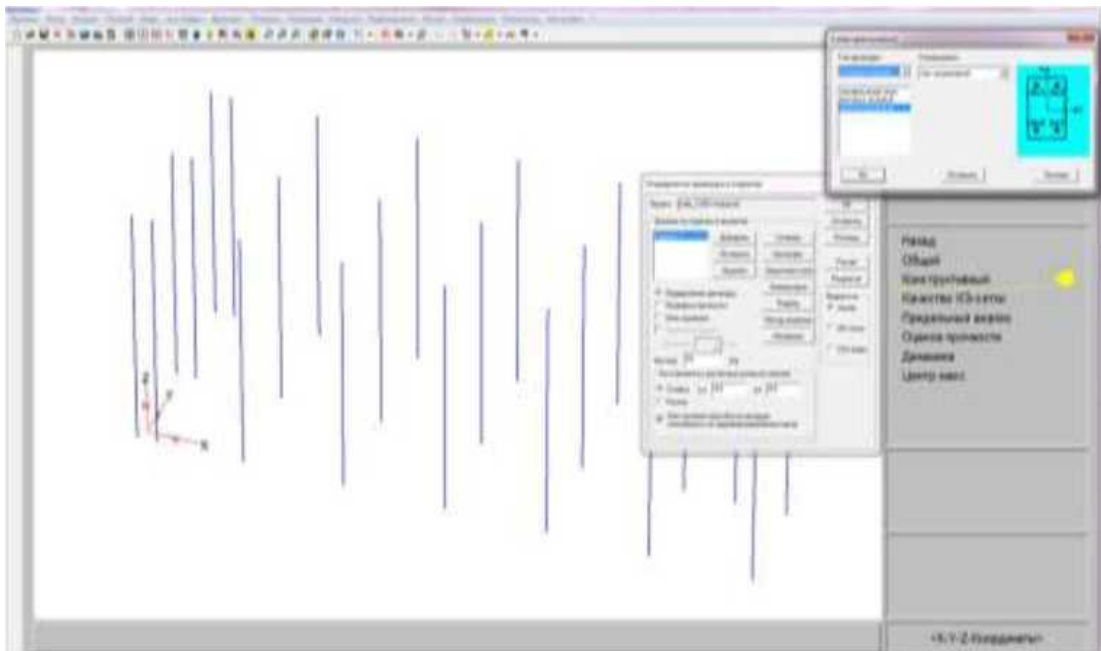


Рисунок 3.1. - Завдання схеми армування стрижнів

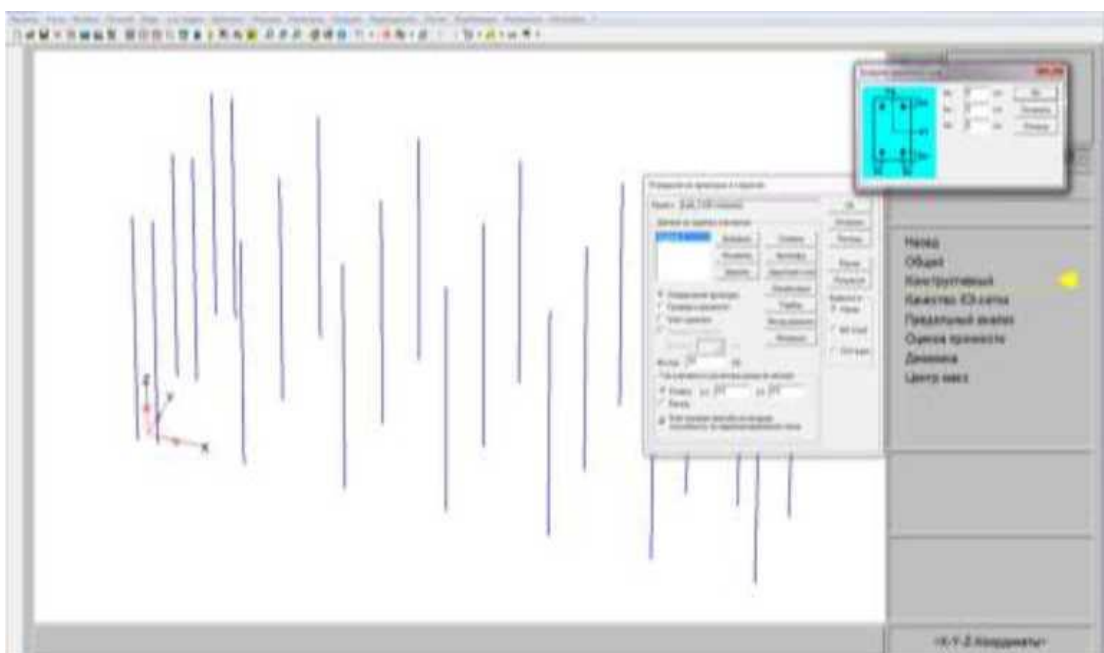


Рисунок 3.2. - Завдання товщини захисного шару стрижнів

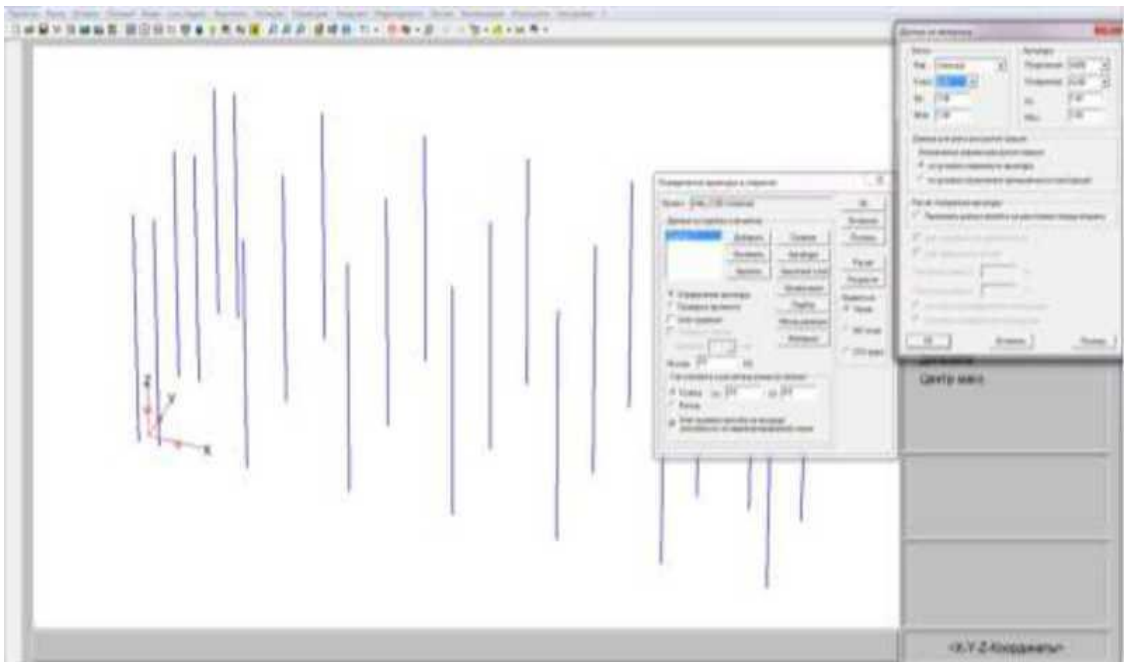


Рисунок 3.3. - Завдання матеріалу стрижнів

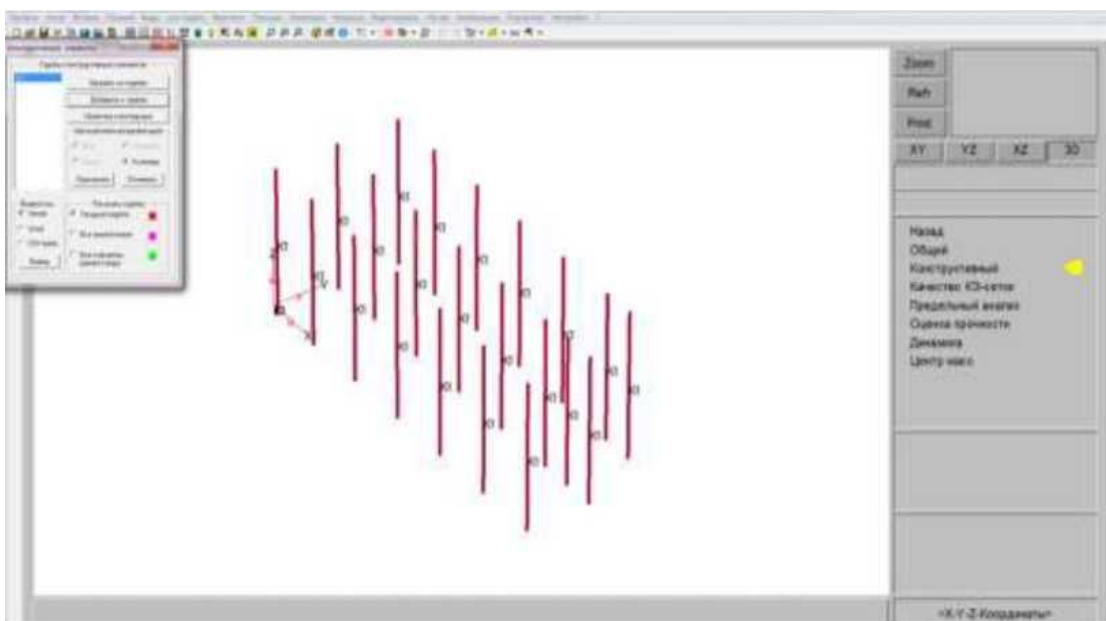


Рисунок 3.4. - Завдання групи

ГрупаК1

Переріз - прямокутник [см]

$b = 40,0$; $h = 40,00$

Необхідна кількість арматури в розрахункових перерізах (таблиця 3.4, рисунок 3.5).

Таблиця 3.4 - результати розрахунку необхідної кількості арматури у розрахункових перерізах

Координата перерізу, м	As1, см ²	As2, см ²	As3, см ²	As4, см ²	As tot, см ²	Asw, см ² /м	Mu, %
0,00	3,48	3,48	3,48	3,48	13,92	0,00	0,87
3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,50	0,63	0,63	0,63	0,63	2,52	0,00	0,16
4,50	4,68	4,68	4,68	4,68	18,72	0,00	1,17
14,00	0,60	0,60	0,60	0,60	2,40	0,00	0,15

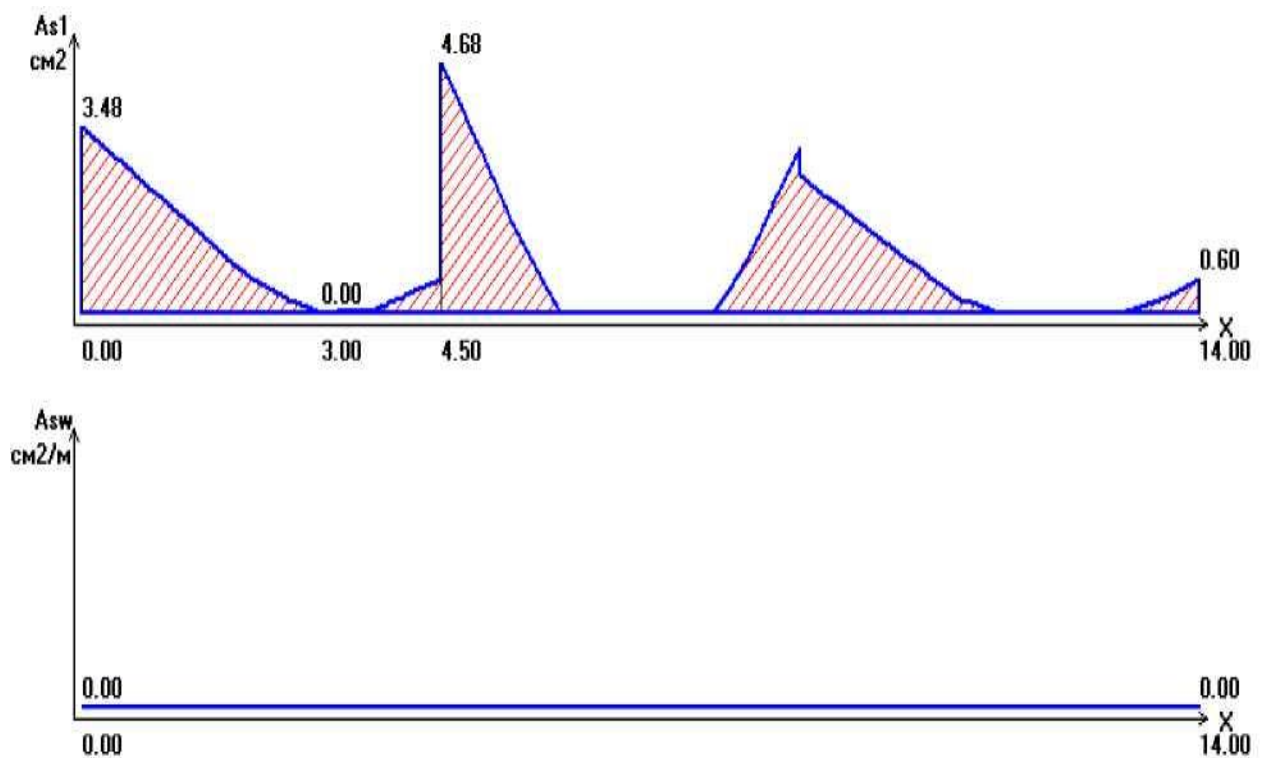


Рисунок 3.5. - Розрахунок необхідної кількості арматури у розрахункових перерізах

Бетон кл. С25/30.

Армування поздовжнє приймається 4Ø25 А400С. Поперечна арматура - конструктивно (хомути) кроком 200 мм із Ø8 АТ.

Армування несучих ригелів.

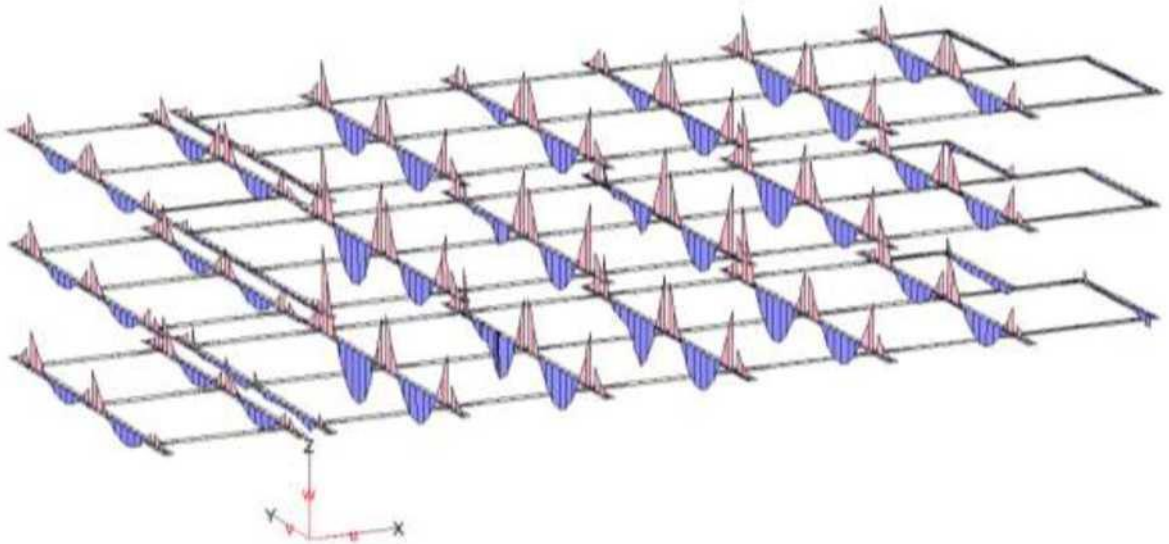


Рисунок 3.6. - Епюра навантаження несучих ригелів

Мах $M_t=148.414$ кНм (елемент 10399), Min $M_t=-251.194$ кНм (елемент 10393).

Комбінація 2.

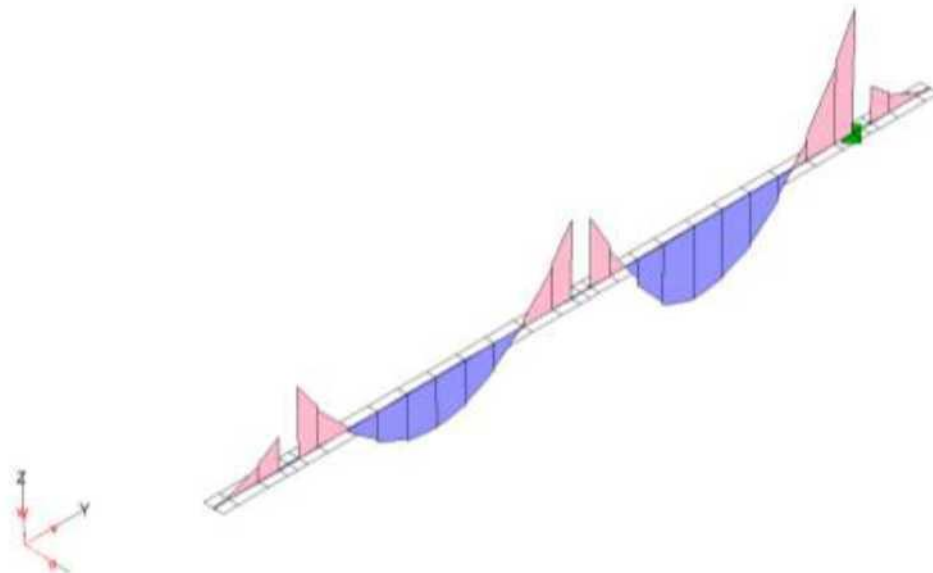


Рисунок 3.7. - Епюра навантаження ригеля (комбінація 2)

Мах $M_t=148.414$ кНм (елемент 10399), Min $M_t=-251.194$ кНм (елемент 10393).

Ригель прольотом 6,0 м.

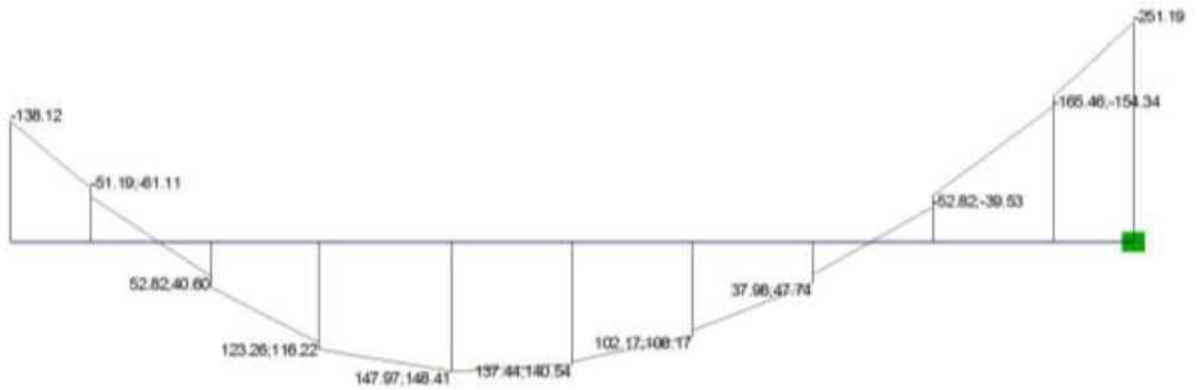


Рисунок 3.8. - Епюра навантаження ригеля прольотом 6,0 м

3.3 Розрахунок вартості виготовлення фасадних термопанелей

Розраховували вартість виготовлення рядових елементів фасадних термопанелей (таблиця 3.5 – 3.7).

Таблиця 3.5 - Вартість виготовлення рядового елемента фасадної пінополіуретанової термопанелі з клінкерною плиткою виробництва Houson колекції DS62901.

Матеріал	Одиниця виміру	Ціна, грн.	Загальн а к-ть	Вартість, грн.
Картон гофрований T23C 1000x2000	шт.	32,38	0,355	11,49
Бязь вибілена шириною 150 см	пог. м	32,97	0,01	0,33
Мастило антиадгезійна АС- 15	кг	118,64	0,07	8,30
Мастило антиадгезійна Ізолит 61/1	кг	197,94	0,07	13,86
Воратек СД 100	кг	141,81	1,145	162,37
Стрічка поліпропиленовая 15x0,	м	0,59	0,58	0,34
Компонент Ізолан А 210-7	кг	143,65	0,955	137,19
Пісок кварцевий фр.0,1-0,2 мм.	кг	22,58	1,2	27,10

Покрівельний тарілчастий дюбель РОКС 50	шт	4,00	8	32,00
Плитка облицювальна	шт	13,69	32	438,08
Витрати на виробництво	шт	921,00	1	921,00
РАЗОМ				1752,06

Таблиця 3.6. - Вартість виготовлення рядового елемента фасадної пінополіуретанової термопанелі з кlinkерною плиткою виробництва ADW Klinker колекції Beige Rustic Besandet

Матеріал	Одиниця виміру	Ціна, грн.	Загальн а к-ть	Вартість, грн.
Картон гофрований T23C 1000x2000	шт.	32,38	0,355	11,49
Бязь вибілена шириною 150 см	пог. м	32,97	0,01	0,33
Мастило антиадгезійна АС- 15	кг	118,64	0,07	8,30
Мастило антиадгезійна Ізолит 61/1	кг	197,94	0,07	13,86
Воратек СД 100	кг	141,81	1,145	162,37
Стрічка поліпропиленовая 15x0, 8	м	0,59	0,58	0,34
Компонент Ізолан А 210-7	кг	143,65	0,955	137,19
Пісок кварцевий фр.0,1-0,2 мм.	кг	22,58	1,2	27,10
Покрівельний тарілчастий дюбель РОКС 50	шт	4,00	8	32,00
Плитка облицювальна (ADW Klinker)	шт	22,88	32	732,16
Витрати на виробництво	шт	921,00	1	921,00
РАЗОМ				2046,14

Таблиця 3.7.- Вартість виготовлення рядового елемента фасадної пінополіуретанової термопанелі з полімерпіщаною плиткою виробництва ТОВ "КЛІНКЕР ЮКРЕЙН".

Матеріал	Одиниця виміру	Ціна, грн.	Загальн а к-ть	Вартість, грн.
Картон гофрований Т23С 1000х2000	шт.	32,38	0,355	11,49
Бязь вибілена шириною 150 см	пог. м	32,97	0,01	0,33
Мастило антиадгезійна АС- 15	кг	118,64	0,07	8,30
Мастило антиадгезійна Ізолит 61/1	кг	197,94	0,07	13,86
Воратек СД 100	кг	141,81	1,145	162,37
Стрічка поліпропиленовая 15х0, 8	м	0,59	0,58	0,34
Компонент Ізолан А 210-7	кг	143,65	0,955	137,19
Пісок кварцевий фр.0,1-0,2 мм.	кг	22,58	1,2	27,10
Покрівельний тарілчастий дюбель РОКС 50	шт	4,00	8	32,00
Плитка полімерпесчана	шт	11,00	32	352,00
Витрати на виробництво	шт	921,00	1	921,00
РАЗОМ				1665,95

Вартість фасадних термопанелей дорожча за вартість сучасних огорожувальних матеріалів, що застосовуються в будівництві - металосайдинг утеплений екструдованим ППУ, що мають схожі теплоізоляційні властивості. Перевагою термопанелей є невисока вартість монтажу, довговічність, "багатий" зовнішній вигляд, відсутність "містків холоду". У процесі експлуатації термопанелі мають перевагу, порівняно з традиційними матеріалами.

3.4 Висновки за розділом 3

1. Розрахунок термічного опору фасадних термопанелей з клінкерною або полімерпіщаною плиткою виявив багаторазове збільшення опору стін. Відповідно пропорційно зменшуються втрати тепла в холодну пору року і витрати на обігрів та кондиціонування будинку.

2. Вартість фасадних термопанелей дорожче вартості сучасних огорожувальних матеріалів, що застосовуються в будівництві - металосайдинг утеплений екструдованим ППУ, що мають подібні теплоізоляційні характеристики. Перевагою термопанелей є невисока вартість монтажу, довговічність, "багатий" зовнішній вигляд, відсутність "містків холоду". У процесі експлуатації термопанелі мають перевагу, порівняно з традиційними матеріалами.

3. Проведено чисельний аналіз роботи конструкції офісної будівлі з конструкціями, що огорожують, з фасадних термопанелей з використанням сучасних програмних продуктів. Результати розрахунку моделі будівлі використані для розрахунку та конструювання стрижневих елементів на основі РСУ. Виконано перевірку стійкості каркасу. Визначено навантаження на фундаменти.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Основними вимогами, що пред'являються до фасадних термопанелей, як до конструкцій, що захищають, є: морозостійкість, низьке водопоглинання, кольоростійкість, стійкість до дії ультрафіолету, виключення повзучості, довговічність покриття і т.д. Для забезпечення цих вимог потрібна висока якість виробництва термопанелей та дотримання технологічного процесу монтажу та обслуговування виробів.

2. Зразки клінкерних плиток виробництва Houson та ADW Klinker відповідають стандарту ДСТУ Б В.2.7-282:2011: індивідуальне значення в середньому $< 3 \%$; максимальне індивідуальне значення $< 3,3\%$. Всі зразки термопанелей після 50 циклів заморожування - розморожування не мають візуальних дефектів і зміни кольору. Після дії УФ випромінювання з довжиною хвилі 240-320 нм протягом 607 годин 30 хвилин на зразках фасадних термопанелей не виявлено зміну кольору. У процесі впливу УФ випромінювання немає значних змін коефіцієнта звукопоглинання фасадних термопанелей. Очевидно, даний ефект обумовлений незмінністю структури поліуретанового шару, що значно впливає на звукопоглинаючі властивості. Звукопоглинання значною мірою залежить від пористості матеріалу, що залишається не зрадою.

3. В результаті проведених фізико-механічних та термічних властивостей ППУ з підвищенням вмісту графітової добавки виявлено:

- збільшення нормального коефіцієнта звукопоглинання;
- мінімальний вплив на коефіцієнт теплопровідності;
- збільшення температури початку розкладання.

Найбільш високими фізико-механічними та термічними властивостями має зразок 6 ППУ, що містить у співвідношенні на 100 мас.ч поліола 15 мас.ч графітової добавки, що дозволяє в порівнянні з вихідним ППУ: збільшити в середньому в 3 рази нормальний коефіцієнт звукопоглинання частотному діапазоні від 100 до 1600 Гц; знизити коефіцієнт

теплопровідності на 8%; підвищити температуру початку Розкладання на 6,70С. Таким чином, модифікація ППУ терморозширюваним окисленим графітом дозволяє створювати не тільки важкогорючі поліуретани, а й покращувати їх фізико-механічні та термічні властивості.

4. Розроблено технологічний процес виготовлення термопанелей, що включає такі операції: комплектувальна; підготовча; формувальна; розвантажувальна; слюсарна; контрольна; пакувальна. Запропоновано покращену схему монтажу фасадних термопанелей, що відрізняється від відомих, наявністю додаткової операції, пов'язаної з послідовним закріпленням верхньої межі ряду термопанелей поліуретановою піною. Додаткове клейове з'єднання повинно виключити «вигинання» панелей, а також підвищити герметичність з'єднань між елементами (рядовими, кутовими, додатковими).

5. Розрахунок термічного опору фасадних термопанелей з клінкерною або полімерпіщаною плиткою виявив багаторазове збільшення опору стін. Відповідно пропорційно зменшуються втрати тепла в холодну пору року і витрати на обігрів та кондиціонування будинку.

6. Розраховано вартість виготовлення фасадних термопанелей. Проведено чисельний аналіз роботи конструкції офісної будівлі з конструкціями з фасадних термопанелей з використанням сучасних програмних продуктів. Результати розрахунку моделі будівлі використані для розрахунку та конструювання стрижневих елементів на основі РПЗ. Виконано перевірку стійкості каркасу. Визначено навантаження на фундаменти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зниження горючості пінополіуретану / В. М. Баланюк, А. В. Кравченко, Д. А. Журбинський // Пожежна безпека. - 2014. - № 25. - С. 12-16.
2. Правила ЕЭК ООН № 118 «Єдині приписи щодо характеристик горіння матеріалів, що використовуються в конструкції внутрішніх елементів певних категорій механічних транспортних засобах» [Електронний ресурс] : Правила ЕЭК ООН від 06.04.2004 № 118. - Режим доступу : <https://insat.org.ua/other/foreign/7/>
3. V.T. Erofeev, L.N. Shafigullin, A.A Bobrishev Investigation of Noise - Vibration - Absorbing Polymer Composites Used in Construction, IOP Conference Series : Materials Science and Engineering, Volume 463, Issue 4, 31 (2018) Article number 042034 DOI: 10.1088/1757-899X/463/4/042033.
4. Правила пожежної безпеки в Україні · Реєстрація: Мін'юст України від 30 грудня 2014 року № 1417 [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#n17>
5. Цебренко М.В., Резанова В.Г., Мельник І.А., та ін. Наповнені поліпропіленові моно нитки// Вісник КНУТД.- 2012, №4 Полімерні, композиційні матеріали та хімічні волокна.- С. 93-96
6. Курта С.А. Будова речовини, навчально-методичний посібник, ВДВ ЦІТ Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника м.Івано-Франківськ, 2007 р.,-162 с.
7. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів : навч. посіб. / І. О. Мікульонок, О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, Л. Б. Радченко. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 200 с.
8. Мікульонок І. О., Сокольський О. Л. Полімерні матеріали і виробы з них (одержання, перероблення, властивості) : термінол. слов. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 208 с.
9. Технологія вогнестійких захисних покриттів: навчальний посібник для здобувачів освітнього ступеню «магістр» денної та заочної

форми навчання за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» та спеціалізацією «Радіаційний та хімічний захист» /Укладачі О.Б.Скородумова, О.В.Тарахно — Х.: НУЦЗУ, 2019. – 134 с.

10. Бобришева С.М., Подобід Д.Л., Кашлаг Л.О. Зниження горючості полімерних матеріалів // Пожежна безпека: теорія і практика //– 2013, № 15. – С. 37 – 42

11. ТОВ "Компанія "Хімпостачання" [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://agrovektor.com/ua/profile/view/u/31573.html>

12. Архітектура будівель і споруд: Навчальний посібник / З.І.Котеньова. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 170 с

13. Огороджувальні конструкції будівель і споруд [Електронний ресурс]. - Режим доступу : http://www.niisk.com/strukturni_pidrozdili/naukovi_pidrozdili/viddil_ogorodjuvalnih_konstrukcij_budivel_i_sporud/ogorodzhuvaln-konstrukts-bud-vel-sporud.php?

14. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ : ДП "УкрНДНЦ", 2017. 47 с.

15. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель.[Чинний від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК), 2022. 23 с.

16. ДСТУ Б В.2.7-137:2008.Будівельні матеріали. Блоки з ніздрюватого бетону стінові дрібні.Технічні умови: – [Чинний від 2008-10-01]. –К.:Мінрегіонбуд України, 2008. – 15 с.

17. ДБН В.2.6-33:2008 Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації.–К.: Мінрегіонбуд України, 2009.– 20 с.

18. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огороджувальних конструкцій / Г.Г. Фаренюк // – К.: Гама-Принт. – 2009. – 216 с.

19. Будівельні конструкції: навчальний посібник / авт. кол.Т. М.

Пащенко, О. О. Сліпич, І. Б. Дремова Київ: НВП Поліграф-сервіс, 2015. 310 с.

20. Будівельна теплофізика. Курс лекцій для студентів усіх форм навчання будівельних спеціальностей. Укл.: Маляренко В. А., Герасимова О. М., Малєєв О. І. Харків: ХНАМГ, 2007. 100 с

21. Фасадні системи та суміжні ринки: тенденції та перспективи [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://profbuild.in.ua/uk/stati-2/3300-fasadni-sistemi-ta-sumizhni-rinki-tendentsiji-ta-perspektivi>

22. Порівняльні характеристики ППУ [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://www.ppu-protection.com/pinopoliuretan/porivnyalni-harakterystyky-ppu/>

23. Чому варто обрати пінополіуретан [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://www.ppu-protection.com/pinopoliuretan/chomu-varto-obraty-pinopoliuretan/>

24. Клинкерні термопанелі для сучасного будинку [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://termopaneli.com.ua/ua/stati/94-klinkerneye-termopaneli-dlja-sovremennogo-doma.html>

25. Будівельні конструкції: навч. посібник / за заг. ред. Клименка Є. В. Київ: Центр учбової літератури. 2012. 426 с

26. Передові системи термомодернізації будівель і споруд. Навч. курс «Передові системи термомодернізації будівель і споруд» з проф. «Монтажник систем утеплення будівель»: навч. посіб. / Надія Іволжатова, Тетяна Дрімко, Тарас Холеван та ін. Київ: Гельветика, 2020. 116 с.

27. Фасадні системи: види, особливості, переваги. [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://blog.mehbud.com.ua/uk/facade/fasadni-sistemi-vidi-osoblivosti-perevagi/>

28. Світлопрозорі фасади [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://www.mdl.co.ua/ua/steklokonstrukcii/svetoprozrachnye-fasady/>

29. Карапузов Є. К. Система скріпленої зовнішньої теплоізоляції «Ceresit»: Посібник по проектуванню, монтажу і експлуатації системи / Є.К. Карапузов, В. Г. Соха, О. М. Лівінський і інші. Київ: МП Леся, 2005. 280 с.

30. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.

31. Тепловізори будівельні та тепловізори для теплої підлоги [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://www.testo.kiev.ua/ua/vybor-pribora-po-izmerjaemomu-parametru/teplovizory/teplovizory-stroitelnie-teplovizory-dlia-teplih-polov.html>

32. Види і особливості використання глазурованої плитки для облицювання будинку [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://etalonk.com/blog/vidi-i-osoblivosti-vikoristannya-glazurovanoyi-plitki-dlya-oblicyuvannya-budinku.html>

33. Feldhaus Klinker Україна : [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://feldhaus.com.ua/>

34. Klinker-Stone [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://klinker-stone.com.ua/>

35. Клінкер-Буд : [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://klinkerbud.ua/>

36. FP KLINKER: [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://www.fp-klinker.com/>

37. ДСТУ Б В.2.7-105-2000 Будівельні матеріали. Матеріали та вироби будівельні. Метод визначення теплопровідності та термічного опору при стаціонарному тепловому режимі (ГОСТ 7076-99)

38. ДСТУ Б В.2.7-42-97. Будівельні матеріали. Методи визначення водопоглинення, густини і морозостійкості будівельних матеріалів і виробів. Зміна № 1

39. ДСТУ Б В.2.7-183:2009 Будівельні матеріали. Матеріали та вироби будівельні звукопоглинальні і звукоізоляційні. Класифікація й загальні технічні вимоги.

40. ДСТУ EN ISO 527-1:2017 Пластмаси. Визначення властивостей під час розтягування. Частина 1. Загальні принципи (EN ISO 527-1:2012, IDT;

ISO 527-1:2012, IDT)

41. ДСТУ Б А.3.2-12:2009 Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги.

42. ДСТУ Б В.2.6-56:2008 Конструкції будинків і споруд. Східці залізобетонні та бетонні. Технічні умови.

43. Карапузов Є. К. Матеріали і технології в сучасному будівництві / Є.К. Карапузов, В. Г. Соха, Т. Є. Остапченко. Київ: Вищаосвіта, 2006. 495 с.

44. Архітектура: короткий словник-довідник / За заг. ред. А. П. Мардера. К. : Будівельник, 1995. 333 с

45. Будівництво малоповерхових швидкоспоруджуваних, енергозберігаючих житлових будинків із дерев'яним каркасом: Посібник для навчальних закладів будівельного профілю / І. В. Ципріанович, О. Ю. Старченко, Д. В. Гулін, С. В.Клименко, Т. Є. Остапченко. К.: ТОВ «Видавнича майстерня 2009», 2019. 576 с.

46. Ципріанович І. В., Старченко А. Ю. Комплектні системи сухого будівництва : навчальний посібник. 2-е вид. К. : Майстри, 2009. 416 с

47. Paciorek - Sadowska, J. Zastosowanie haloizytu jako napelnicza do produkcji szt - ywnych pianek poliuretanowo poliizocyjanurowych / J. Paciorek - Sadowska [i inni] // Polimery. - 2018. - № 3. - S. 185-190.

48. Flame - retardant rigid polyurethane foam: Int. Cl. C 08 G 18/18 / K. Okada, T. Kajita, Y. Toei ; Sekisui Chemical Co Ltd. - TW201730228 (A); appl. 2016.09.30 ; publ. 2017.09.01.

49. Flame retardant polyurethane foam: Int. Cl. C 08 G 18/00, C 08 G 101/00 / Y. Shimi - zu, S. Yamada, H. Inohara ; Tosoh Corp. - JP2015151538 (A); appl. 2014.02.19; publ. 2015.08.24.

50. Flame - retardant polyurethane rigid foam plastic and preparation method and applica - tion thereof: Int. Cl. C 08 G 18/48, C 08 G 18/42, C 08 G 18/44, C 08 G 13/06, C 08 G 9/10, C 08 G 3/02, C 08 G 3/32, C 08 G 5/526 / Z. Xiuling, J. Jian, W. Rui, C. Mengmeng, J. Cuihong; Dalian Uni - versity of Technology. - CN105884992 (A); appl. 2015.01.26 ; publ. 2016.08.24.

51. Morgan, A. The Non - halogenated Flame Retardant Handbook / A. Morgan, C. Wilkie ; Wiley. - 2014. - 400 p.
52. Synergistic effect of expandable graphite and aluminum hypophosphite on flame - retardant properties of rigid polyurethane foam / W. Xu [and etc] // J. Appl. Polym. Sci. - 2015, DOI: 10.1002/APP.42842.
53. Synergistic Effects of Hydroxides and Dimethyl Methylphosphonate on Rigid Halo - gen - Free and Flame - Retarding Polyurethane Foams / A. Zhang [and etc] // J. Appl. Polym. Sci. - 2013. - P. 347-453.
54. Bi - phase flame - retardant actions of water - blown rigid polyurethane foam containing di - ethyl - N, N - bis(2 - hydroxyethyl) phosphoramidate and expandable graphite / B. Zhao [and etc] // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. - 2017. - № 124. - P. 247-255.
55. Addition flame - retardant behaviors of expandable graphite and [bis(2 - hydroxyethyl) amino]- methyl - phosphonic acid dimethyl ester in rigid polyurethane foams / W. Xi [and etc] // Polymer Degradation and Stability. - 2015. - № 122. - P. 36-43.
56. Smoke and toxicity suppression by zinc salts in flame - retardant polyurethane - polyisocyanurate foams filled with phosphonate and chlorinated phosphate / X. Liu [and etc] // J. Appl. Polym. Sci. - 2014. - 132(16). - P. 1-11.
57. Dike, A. S. Influence of zinc borate on flame retardant and thermal properties of poly - urethane elastomer composites con - taining huntitehydromagnesite mineral / A. S. Dike, U. Tayfun, M. Dogan // Fire and Materials. - 2017. - № 41. - P. 890-897.
58. Process for making a flame retardant polyurethane foam: Int. Cl. C 08 G 18/4895 / Z. Xiuling, J. Jian, W. Rui, C. Mengmeng, J. Cuihong ; International Shell Research Ltd. - CN105829378 (A); appl. 2014.12.19; publ. 2016.08.03.
59. Halogen - free flame - retardant microcellular foam polyurethane material: Int. Cl. C 08 J 9/06 / Z. Rongdong, L. Yue ; Dongguan Antuopu Plastic Polymer Technology Co., Ltd. - CN105802193 (A); appl. 2016.05.31; publ. 2016.07.27.

60. Composition for flame - retardant flexible polyurethane foam: Int. Cl. C 08 G 18/4829 / N. Tokuyasu, T. Hamada ; Daihachi Chem Ind. - MY139727 (A); appl. 2003.11.06; publ. 2009.10.30.

61. Polyurethane foam containing flame - retardant mixture: Int. Cl. C 08 G 18/3851 / L. Weihong, A. Petrovsky, G. K. Stoel, S. Levchik, G. Yinzhong ; Sopresta LLC. - CN101616945 (A); appl. 2007.11.19; publ. 2009.12.30.

62. Production method of environmentally - friendly flame retardant hard polyurethane structured foam plastic: Int. Cl. C 08 G 18/3206 / H. Renjun, Z. Yuming, Z. Zhenghua ; Suzhou Rongchang Composite Materials Co., Ltd. - CN106243310 (A); appl. 2016.07.29; publ. 2016.12.21.

63. Банах А.В., Ель Мсаддак Саад, Гребенюк О.В. Енергоефективні фасади будівель з використанням термопанелей // Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України». Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2023. - С. 171-173.