

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

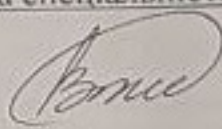
Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури
(повна назва кафедри (предметної, тематичної комісії))

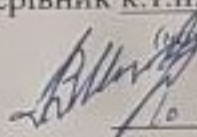
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

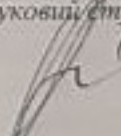
на тему:

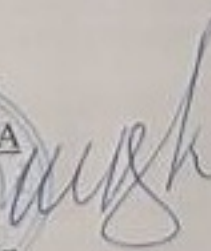
Використання адаптивних фасадів для зниження енерговитрат у житлових будинках

Виконав: студент 2-го курсу, групи Б-23мз
за спеціальністю 192 – «Будівництво та
цивільна інженерія»


В. А. Вознюк
(підпис, ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н. доц. В. М. Андрухов
(науковий ступінь, вчене звання,
ініціали та прізвище)

« 10 » 06 2025 р.
(підпис)

Опонент к.т.н. доц. Панкевич О. Д.
(науковий ступінь, вчене звання, кафедра)

(підпис, ініціали та прізвище)
« 12 » 06 2025 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри БМГА
к.т.н. доц. В. В. Швець
(ініціали та прізвище)

« 10 » 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Факультет: будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра: будівництва, міського господарства та архітектури
Рівень вищої освіти: II-й (магістерський)
Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр
Галузь знань: 19 – Архітектура та будівництво
(шифр і назва)

Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма: Промислове та цивільне будівництво

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри БМГА
Швець В.В.
"14" лютого 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Вознюка Вячеслава Анатолійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: « Використання адаптивних фасадів для зниження енерговитрат у житлових будинках »

керівник роботи: Андрухов В. М., к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "20" березня 2025 року №96.

2. Строк подання здобувачем роботи: 01.05.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Фрагмент ситуаційного плану, карта місцевості, нормативна література

4. Зміст текстової частини: Вступ (актуальність та новизна наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і задачі, практична значимість, методи досліджень, апробація)

1. Загальна характеристика композитних матеріалів. Поняття про композитні матеріали. Класифікація композитних матеріалів. Конструювання та технології виготовлення композитних матеріалів. Вибір оптимального складу та оцінка властивостей композитних матеріалів. Висновок за розділом 1

2. Аналіз енергоефективності фасадних систем: підходи та інновації. Підходи до вивчення енергоефективності фасадних систем. Енергоефективні фасадні системи. Висновок за розділом 2

3. Аналіз і узагальнення результатів досліджень (вдосконалення архітектурно-планувальної структури школи-гімназії з урахуванням енергозаощаджування). Впровадження композитні плити на основі алюмобонду у навісні фасадні системи в новому будівництві. Енергоефективні фасадні системи з композитних плит на основі алюмобонду. Висновок за розділом 3

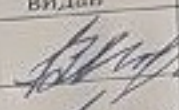
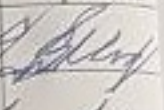
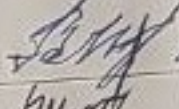
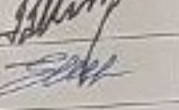
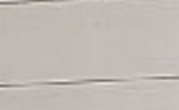
4. Технічна частина. Архітектурно-будівельні рішення. Загальні дані

4.1.2. Об'ємно - планувальні рішення. Відомості про функціональне призначення будівлі та опис функціонального процесу. Опис конструктивної схеми будівлі. Теплотехнічний розрахунок стіни. Санітарно-технічне та інженерне обладнання будівлі. Зовнішнє оздоблення. Організаційні рішення. Технологічна карта на монтаж системи навісного вентиляованого фасаду. Область застосування. Номенклатура робіт. Обґрунтування до схеми організації робіт. Визначення об'ємів робіт. Розбиття об'єкта на захватки і яруси, послідовність виконання робіт. Калькуляція працевитрат та заробітної плати. Відомість витрат матеріалів та використання техніки. Розрахунок ТЕП календарного графіка та графіку руху робітників. Техніко-економічні показники. Висновок за розділом 4

5. Економічна частина. Висновки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з товним записом об'єктів, яким креслять)
 1. Науково-дослідний розділ – 7 арк. (плакати, що ілюструють результати науково-дослідної роботи)
 2. Архітектурно-будівельні рішення – 2 арк. (візуалізація об'єкту дослідження, фасади, план першого та другого поверху, план покриття, розріз 1-1, план фундаментів, план покриття, план перекриття)
 3. Розділ Організаційні рішення – 1 арк. (Графік виконання робіт, графік руху робітників, схема утеплення хмаробудівлі, схема кріплення мінераловатних плит до стіни, схема фасадного підйомника, схема руху фасадного підйомника по плоскій покрівлі, вказівки з техніки безпеки, вказівки до якості робіт, ТЕП.)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Вступ, науковий розділ 1-3	Андрухов В. М. к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Розділ 4. Технічна частина. Архітектурно-будівельні рішення	Андрухов В. М. к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Розділ 4. Технічна частина. Технологічні рішення	Андрухов В. М. к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Розділ 5. Економічна частина	Ляшок О. Г. к.т.н., доцент кафедри БМГА		

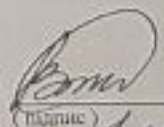
7. Дата видачі завдання

05.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Срок виконання етапів роботи	Примітки
1	Складання вступу до МКР	02.01-15.01.25	
2	Науково-дослідна частина (три розділи)	02.01-14.02.25	
3	Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту	17.02-15.03.25	
4	Розділ, що стосується теми МКР	17.03-12.04.25	
5	Подання роботи на перевірку на плагіат	14.04-19.04.25	
7	Економічна частина	14.04-30.04.25	
8	Оформлення МКР	01.05-12.05.25	
9	Подання МКР на кафедру для перевірки	12.05-16.05.25	
10	Попередній захист	19.05-22.05.25	
11	Одонування	26.05-29.05.25	

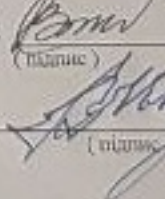
Здобувач


(підпис)

Вознюк В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Андрухов В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 711.553

Вознюк В. А., Використання адаптивних фасадів для зниження енерговитрат у житлових будинках. Магістерська кваліфікаційна робота за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія. Вінниця: ВНТУ, 2025. 81 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 30 назв; рис.:15; табл. 10.

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена дослідженню інноваційних композитних матеріалів на основі алюмобонду для оздоблення та утеплення огорожувальних конструкцій будівель. У роботі проаналізовано властивості композитів, методи їх виготовлення та використання у фасадних вентилятованих системах. Показано, що застосування таких матеріалів значно знижує енергоефективність будівель, знижує витрати на тепло та витрати на експлуатацію.

Запропоновано технологічні рішення з впровадження системи, які підвищують естетичність, довговічність і функціональність. Виконано розрахунки економічної ефективності та енергоощадності, що підтверджують доцільність використання композитів. Практична частина включає рекомендації щодо проектування, монтажу та експлуатації фасадних систем із композитних матеріалів.

Результати дослідження можуть бути використані при будівництві та модернізації будівель різного призначення. Робота спрямована на вирішення актуальних питань енергоефективності, архітектурної привабливості та екологічної безпеки сучасного будівництва.

Ключові слова: композитні матеріали, алюмобонд, навісні фасадні системи, енергоефективність, тепловтрати, утеплення фасадів, архітектурна естетика, екологічна безпека, технологічні рішення, економічна ефективність.

ANNOTATION

Voznyuk V. A., Using adaptive facades to reduce energy consumption in residential buildings. Master's degree thesis in specialty 192 - "Construction and civil engineering. Vinnytsia: VNTU, 2025. 81 p.

In Ukrainian. Bibliography: 30 titles; Fig.: 15; Table. 10.

The master's degree thesis is devoted to the study of innovative composite materials based on aluminum bond for decoration and insulation of building envelopes. The work analyzes the properties of composites, methods of their manufacture and use in facade ventilated systems. It is shown that the use of such materials significantly reduces the energy efficiency of buildings, reduces heat costs and operating costs.

Technological solutions for the implementation of the system are proposed, which increase aesthetics, durability and functionality. Calculations of economic efficiency and energy saving have been performed, confirming the feasibility of using composites. The practical part includes recommendations for the design, installation and operation of facade systems made of composite materials.

The results of the study can be used in the construction and modernization of buildings for various purposes. The work is aimed at solving the current issues of energy efficiency, architectural attractiveness and environmental safety of modern construction.

Keywords: composite materials, aluminobond, hinged facade systems, energy efficiency, heat loss, facade insulation, architectural aesthetics, environmental safety, technological solutions, economic efficiency

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ	7
1.1 Поняття про композитні матеріали	7
1.2 Класифікація композитних матеріалів	8
1.3 Конструювання та технології виготовлення композитних матеріалів	16
1.4 Вибір оптимального складу та оцінка властивостей композитних матеріалів	24
Висновок за розділом 1	27
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ФАСАДНИХ СИСТЕМ: ПІДХОДИ ТА ІННОВАЦІЇ	28
2.1 Підходи до вивчення енергоефективності фасадних систем	28
2.2 Енергоефективні фасадні системи	31
Висновок за розділом 2	39
РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ (ВДОСКОНАЛЕННЯ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ БУДИНКУ З УРАХУВАННЯМ ЕНЕРГОЗАОЩАДЖУВАННЯ)	41
3.1 Впровадження композитні плити на основі алюмобонду у навісні фасадні системи в новому будівництві	41
3.2 Енергоефективні фасадні системи з композитних плит на основі алюмобонду	44
Висновок за розділом 3	49
РОЗДІЛ 4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	50
4.1 Архітектурно-будівельні рішення	50
4.1.1 Рішення генплану	50
4.1.2 Організація рельєфу	51
4.1.3 Об'ємно-планувальні рішення	53
4.1.4 Архітектурно-конструктивні рішення	53

	3
4.1.5 Зовнішнє опорядження	56
4.1.6 Протипожежні заходи	56
4.2 Організаційні рішення	57
4.2.1 Технологічна карта на монтаж системи навісного вентиляованого фасаду	57
4.2.2 Область застосування	59
4.2.3 Номенклатура робіт	60
4.2.4 Обґрунтування до схеми організації робіт	62
4.2.5 Визначення об'ємів робіт	62
4.2.6 Розбиття об'єкта на захватки і яруси, послідовність виконання робіт	63
4.2.7 Калькуляція працевитрат та заробітної плати	65
4.2.8 Відомість витрат матеріалів та використання техніки	66
4.2.9 Розрахунок ТЕП календарного графіка та графіку руху робітників	67
4.2.10 Техніко-економічні показники	68
Висновок за розділом 4	69
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	71
Висновок за розділом 5	80
ВИСНОВКИ	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	84
ДОДАТКИ	89
ДОДАТОК А – Протокол перевірки магістерської кваліфікаційної роботи	90
ДОДАТОК Б – Відомість графічної частини	91

ВСТУП

Актуальність теми: Сучасне будівництво комерційних будівель вимагає не лише функціональності, але й естетичності та високої енергоефективності. У цьому контексті інноваційні композитні матеріали, зокрема алюмобонд, залишаються незамінними для оздоблення огорожувальних конструкцій. Використання забезпечує не лише привабливий зовнішній вигляд, але й значне зниження їх енергетичних витрат завдяки високим характеристикам теплозахисту, стійкості до кліматичних впливів та довговічності. Враховуючи тенденції розвитку будівельної галузі, застосування таких матеріалів дозволяє підвищити ефективність будівель та створити комфортні умови для їх використання.

Мета дослідження: Виконати ґрунтовний науковий аналіз методів використання композитних структурних плит з алюмобонду та утеплювача для енергоефективного оздоблення огорожувальних конструкцій комерційних будівель із розробкою рекомендацій щодо раціонального використання цих плит та підвищення їх ефективності.

Завдання дослідження:

- Вивчити властивості та технічні характеристики алюмобонду для огорожувальних конструкцій.
- Проаналізувати методи кріплення та оздоблення композитними плитами з урахуванням архітектурних і функціональних вимог.
- Запропонувати енергоефективні рішення щодо використання алюмобонду в сучасному будівництві.
- Запропонувати ефективну, архітектурно виразну, багат шарову конструкцію структурної плити з алюмобонду та утеплювача для її подальшого використання у практиці оздоблення фасадів будівель.

Об'єкт дослідження: Інноваційні композитні плити на основі алюмобонду для оздоблення огорожувальних конструкцій.

Предмет дослідження: Технології монтажу та застосування алюмобонду для забезпечення високої енергоефективності та естетики комерційних будівель.

Методи дослідження:

- Узагальнення та аналіз теоретичних джерел і практичного досвіду.
- Експериментальне дослідження властивостей алюмобонду для різних умов експлуатації.
- Моделювання і розрахунок енергетичних характеристик огорожувальних конструкцій із використанням композитних матеріалів.

Новизна одержаних результатів: У дослідженні пропонуються інноваційні підходи до застосування алюмобонду, які забезпечують не лише поліпшення теплотехнічних характеристик будівель, але й підвищення їхньої експлуатаційної надійності та естетичної привабливості. Запропоновано ефективне конструктивне рішення фасадної сендвіч-панелі з лицьовим елементом з алюмобонду, яке може бути застосоване у практиці будівництва.

Практична значимість: Результати дослідження можуть бути використані при проектуванні та будівництві комерційних будівель, а також при модернізації існуючих споруд. Це сприятиме зниженню енергоспоживання, підвищенню довговічності конструкцій та покращенню архітектурної якості будівель.

Особистий внесок магістранта: Усі результати дослідження отримані самостійно. Автор розробив рекомендації з використання алюмобонду, провів аналіз зібраної інформації та запропонував напрямки оптимізації будівельних рішень для комерційних об'єктів.

Особистий внесок магістранта: усі результати, наведені у магістерській дипломній роботі, отримані самостійно. У роботах, опублікованих у співавторстві, автору належать такі: [1] – обробка результатів зібраної інформації та виведення напрямів, які націлені на удосконалення розвитку міст.

Апробація результатів роботи. За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 1 теза конференції.

Виступ на LIV Всеукраїнській науково-технічній конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2025), який відбувся 24-27 березня 2025 року.

Публікації:

Вознюк В. А. Використання адаптивних фасадів для зниження енерговитрат у сучасних будівлях [Електронний ресурс]/ В. А. Вознюк, В. М. Андрухов, // Матеріали LIV Всеукраїнської науково-технічної конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2025), Вінниця, 24-27 березня 2025 р. Електрон. текст. дані. 2025. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2025/paper/view/24501/20408>

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1 Поняття про композитні матеріали

Композитні матеріали (КМ) — це інженерні багатокомпонентні системи, які складаються з двох або більше фаз з різними фізико-хімічними властивостями, об'єднаних за допомогою матриці (в'язучого компонента), що забезпечує високу адгезійну міцність між складовими. Ключовою особливістю таких матеріалів є те, що компоненти не розчиняються один в одному, але діють синергійно, утворюючи матеріал з новими, часто покращеними, експлуатаційними характеристиками.

Композитний матеріал формується шляхом введення армуючих елементів у матрицю, яка рівномірно охоплює увесь об'єм виробу. У цьому контексті:

Матриця виконує функцію зв'язуючої речовини, визначає геометричну форму виробу, забезпечує його загальну пластичність і стійкість до впливів навколишнього середовища.

Армуючі елементи (наприклад, волокна, дріт, частинки тугоплавких з'єднань) відповідають за підвищення міцності, жорсткості й довговічності.

Для досягнення ефективної взаємодії між фазами важливим є наявність хімічного або фізичного зв'язку на межі поділу компонентів. Найкращі результати спостерігаються тоді, коли між армуючим елементом і матрицею утворюються тверді розчини або хімічні сполуки з високою адгезією [1]:

- наявність двох або більше компонентів з відмінним хімічним складом і чітко вираженою межею поділу;
- структурна і функціональна неоднорідність на макрорівні при водночас мікрорівневій однорідності;
- нові властивості композиту, які не характерні для жодного з компонентів окремо;

- функціональність кожного компонента зберігається лише за умови достатньої його концентрації в системі.

1.2 Класифікація композитних матеріалів

Залежно від розміру дисперсної фази, композити поділяються на:

- макронаповнені (10–100 мкм);
- мінінаповнені (1–10 мкм);
- мікронаповнені (0,1–1 мкм);
- нанонаповнені (0,01–0,1 мкм).

Загалом, чим більший розмір частинок наповнювача, тим нижча здатність матеріалу до полірування та менша його зносостійкість. Вибір типу наповнювача впливає також на механічні, оптичні, термічні властивості матеріалу.

Наповненість КМ визначається у відсотковому співвідношенні за вагою або об'ємом. Високий ступінь наповнення сприяє зменшенню усадки матеріалу, покращенню його твердості та зносостійкості, але може ускладнити технологічну обробку (наприклад, погіршити оброблюваність чи знизити пластичність) [2].

У випадках, коли матрицею є метал або його сплав, найбільшого поширення набули дисперсно-зміцнені композити, у яких до складу входять частинки тугоплавких з'єднань — боридів, карбідів, нітридів або оксидів. Такі частинки значно ускладнюють розвиток пластичної деформації в металі, підвищуючи його експлуатаційну надійність. Ефективне зміцнення досягається за умови, коли вміст дисперсної фази становить від 5 до 10% [3].

Виробництво таких композитів здійснюється зазвичай методами порошкової металургії або шляхом введення армуючих елементів у розплавлений метал.

До одноосних (одновимірних) армуючих компонентів належать:

- ніткоподібні кристали,

- синтетичні або природні волокна,
- драти із високою міцністю.

Для армування легких металів застосовуються волокна з бору, карбиду кремнію або вуглецю. Зокрема, вуглецеві волокна вирізняються унікальним поєднанням міцності, легкості та термостійкості, що робить їх придатними для виготовлення як металевих, так і полімерних чи керамічних композитів [4].

До окремого класу КМ належать природні композити, що формуються внаслідок поєднання природних матеріалів з різними функціями. Типовим прикладом є саманна цегла — матеріал, утворений з глини, соломи та води. Така композиція демонструє вищу міцність, ніж будь-який з компонентів окремо, що пояснюється сприятливою взаємодією між гнучким армуючим наповнювачем (соломою) та пластичною матрицею (глиною).



Рисунок 1.1 – Формування композитного будівельного матеріалу у формі цегли

Одним із перших задокументованих прикладів використання композиційних матеріалів у конструкційних цілях є монгольський композитний

лук, розроблений близько 1200 року нашої ери (рис. 1.2). Цей лук представляв собою складну багат шарову конструкцію, у якій поєднувались природні матеріали з різними фізико-механічними властивостями, що дозволяло значно підвищити його експлуатаційні характеристики порівняно з однорідними матеріалами.

До складу даного композиту входили:

Деревина — як несуча структура;

Сухожилля тварин — розміщувалися з тильного боку, що зазнає розтягування під час натягування тятиви, забезпечуючи високу пружність;

Рогові пластини — прикріплювались з боку, що сприймає стискання, підвищуючи жорсткість і міцність;

Бамбук — виконував роль центрального армуючого елемента (серцевини), що знижував загальну вагу конструкції при збереженні міцності;

Природна соснова смола — виступала в'язучим елементом, забезпечуючи адгезію між шарами;

Шовк і каніфоль — використовувалися як зовнішнє обгортання, що стабілізувало конструкцію, захищало її від атмосферного впливу та зношення.

Така структура фактично є ранньою формою композиту, в якому різні матеріали цілеспрямовано розміщувалися у зонах з різними видами механічного навантаження — розтягом і стиском. Подібне технічне рішення демонструє інтуїтивне розуміння принципів композитного проектування, яке в подальшому стало основою сучасного матеріалознавства.

Ці луки виготовлялися вручну з високим рівнем майстерності. Особлива техніка виготовлення забезпечувала не лише високу ефективність пострілу, а й довговічність у складних кліматичних умовах — від пустель до гірських районів.

Результати сучасних лабораторних досліджень зразків монгольських луків, які зберігаються в музейних колекціях, свідчать про збереження механічної міцності до 80% у порівнянні з сучасними композитними луками [1]. Такий результат підтверджує виняткову ефективність давніх композиційних технологій та їх актуальність як прикладу біоінженерного підходу.



Рисунок 1.2 – Композитний лук

Виникнення сучасних композиційних матеріалів (КМ) стало можливим завдяки стрімкому розвитку хімічної промисловості наприкінці XIX — упродовж XX століття. Ключову роль у цьому процесі відіграло створення синтетичних полімерів та штучних волокон, що зумовило появу високотехнологічних конструкційних матеріалів з покращеними експлуатаційними характеристиками.

У період 1870–1890 рр. в хімічній науці відбулася революція, що стала основою для промислового синтезу термореактивних та термопластичних смол. Було відкрито принципи полімеризації, за яких рідкі речовини переходять у тверду фазу зі збереженням стабільності форми та властивостей.

До першого покоління синтетичних смол, що використовувалися як матриці у композитах, належать:

Бакеліт (фенолформальдегідна смола) — термореактивний пластик, стійкий до нагрівання та хімічного впливу;

Целулоїд — нітрат целюлози, один із перших термопластів;

Меламін, полістирол, поліестер, а також інші фенольні смоли, що характеризувалися різним ступенем твердості, адгезії та електроізоляційних властивостей.

Ці матеріали стали основою для виготовлення перших полімерних композицій із мінеральними або волокнистими наповнювачами.

Наступним ключовим етапом стало створення високоміцних армуючих волокон. У 1932–1933 роках американський вчений Рассел Гейм Слейтер синтезував скловолокно — матеріал, що поєднує відносно низьку щільність, діелектричні властивості та високу міцність на розрив. Цей винахід суттєво розширив можливості комбінування смол з неорганічними волокнами.

У період Другої світової війни відбулася інтенсифікація досліджень у галузі композитів. Саме тоді було виготовлено перші корпуси човнів, побудовані із склопластику (скловолокно + поліефірна смола). Хоча їхнє широке комерційне застосування розпочалося вже після війни, цей період заклав основи технологій формування у прес-формах, просочення смолами та вакуумної обробки.

У 1947 році було створено експериментальний кузов автомобіля з композитних матеріалів, що поклало початок серійному використанню склопластику в автомобілебудуванні. Кульмінацією цього напрямку став Chevrolet Corvette (1953) — перший серійний автомобіль із корпусом зі скловолокна, просоченого поліефірною смолою.

Наступним суттєвим кроком у розвитку композиційних технологій стало створення вуглецевого волокна — матеріалу з унікальними властивостями: висока питома міцність, низька густина, жорсткість, термостійкість. Вперше вуглецеве волокно було запатентовано у 1961 році, після чого його стали активно використовувати в аерокосмічній промисловості, автомобілебудуванні, спорті, енергетиці.

У 1964 році, під керівництвом хіміка Стефані Кволек (компанія DuPont), було створено кевлар — арамідне волокно, що у п'ять разів міцніше за сталь при значно меншій масі. Кевлар здобув широке застосування з 1970-х років — насамперед у бронежилетах, армованих тросах, авіаційних конструкціях та техніці подвійного призначення.

У 1990-х роках композиційні матеріали почали активно витісняти традиційні матеріали — метал, дерево та бетон — у ключових промислових

секторах. Ключовою подією стало рішення корпорації Boeing щодо використання композиційних елементів у несучих конструкціях літака Boeing 787 Dreamliner. Станом на 2009 рік, понад 50% маси конструкції літака становили композити, зокрема вуглецеві полімери з епоксидною матрицею [2,3].

У XXI столітті композити продовжують еволюціонувати завдяки нанотехнологіям. Найперспективнішими матеріалами є вуглецеві нанотрубки — циліндричні структури діаметром менше 0,1 мкм. Вони відзначаються:

- надзвичайною механічною міцністю (у десятки разів перевищують сталь);
- високою електро- та теплопровідністю;
- хімічною інертністю;
- низькою щільністю.

Ці властивості забезпечують їм широке застосування у галузях авіації, енергетики, медицини, біотехнологій та інформаційних технологій (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Порівняльна оцінка властивостей класичних матеріалів та наноматеріалів

Сучасні наукові дослідження в галузі композиційних матеріалів дедалі частіше зосереджуються на розробці високофункціональних волокон з унікальними фізико-механічними властивостями. Особливу увагу приділено синтезу матеріалів, подібних за структурою до павутиння, які здатні поєднувати виняткову міцність, гнучкість, еластичність і надзвичайно низьку густину. За

прогнозами дослідників, подібні волокна можуть стати проривом у матеріалознавстві, зокрема у сфері авіації, медицини та оборонної промисловості [1].

Ще одним актуальним напрямом є створення інтелектуальних (smart) композитів, здатних:

- самостійно виявляти мікропошкодження;
- передавати інформацію про зміну внутрішньої структури;
- автоматично відновлювати механічну цілісність за рахунок інтегрованих мікрокапсул або наноструктур з полімеризуючими агентами;
- зберігати первісну форму після деформації (ефект пам'яті форми).

Ці властивості істотно підвищують експлуатаційний ресурс матеріалів і знижують витрати на технічне обслуговування.

Активне фінансування досліджень у галузі композитів здійснюється національними науковими фондами, промисловими корпораціями та провідними університетами. Значна частина інвестицій спрямована на розробку:

- нових армуючих волокон і в'язучих речовин;
- екологічно безпечних смол на основі відновлюваної сировини, зокрема з рослинних олій та крохмалю.

Подібні рішення дозволяють створювати біоорієнтовані композити, придатні до повторної переробки або біодеградації, що відповідає сучасним вимогам сталого розвитку та охорони довкілля [2].

Композитні матеріали (КМ) являють собою багатофазні системи, створені шляхом цілеспрямованого поєднання матриці та армуючих елементів (наповнювачів). Їхні властивості визначаються:

- характером фаз;
- геометрією та орієнтацією армуючих елементів;
- природою міжфазної взаємодії;
- методами обробки.

Основні класифікаційні ознаки композитів:

За матеріалом матриці:

- полімерна (термопласти, термореактивні смоли);
- металева (сплави Al, Ti, Mg);
- керамічна (оксидні й неоксидні матриці).

За геометрією армуючих елементів:

- дисперсні частинки (0D);
- короткі або довгі волокна (1D);
- пластинки та листи (2D).

За структурою розташування армуючих елементів:

- односпрямовані волокна;
- тканинні структури;
- випадково орієнтовані частки.

За способом виготовлення:

- лиття під тиском;
- формування у прес-формах;
- просочення під вакуумом;
- осадження з парогазової фази тощо.

За функціональним призначенням:

- конструкційні (механічне навантаження);
- електропровідні;
- теплозахисні;
- біосумісні (медичне застосування).

У практиці найменування композиту зазвичай базується на назві матриці, із зазначенням армуючого матеріалу. Наприклад:

- склопластик — полімерна матриця + скловолокно;
- вуглепластик — полімерна матриця + вуглецеві волокна;
- металопластик — полімерна матриця + металеві дроти або сітки.

У випадку металевих композитів використовують двокомпонентне позначення: Cu–W (мідна матриця з вольфрамовими армуючими елементами).

Поліармовані композити — це матеріали, що містять декілька типів армування, які різняться за матеріалом або геометрією:

- прості поліармовані (однакова геометрія, різна природа — скло+вуглець);
- комбіновані поліармовані (відмінності за структурою і складом — метал+волокна+фольга) [3].

Класифікація за структурою та методами отримання.

Структурні типи:

- Каркасні структури — наповнення пористого каркаса рідкою фазою.
- Матричні композити — рівномірно розподілені частинки у матриці.
- Пошарові композити — чергування шарів з різних матеріалів.
- Комбіновані структури — поєднання двох або більше типів.

Методи виготовлення:

- Рідкофазні — інфільтрація розплавом або полімером.
- Твердофазні — обробка пресуванням, екструзією, зварюванням.
- Осадження з газової фази (CVD/PVD) — формування тонких шарів.
- Комбіновані методи — поєднання кількох підходів для оптимізації структури.

1.3 Конструювання та технології виготовлення композитних матеріалів

Ізотропними вважаються композиційні матеріали, властивості яких однакові в усіх напрямках простору. Цього досягають шляхом використання високодисперсних армуючих частинок, що рівномірно і хаотично розподілені у матриці. Унаслідок такої конфігурації матеріал не виявляє орієнтованої механічної поведінки.

Переваги ізотропних композитів:

- стабільність властивостей незалежно від напрямку навантаження;
- висока однорідність структури;
- зручність для математичного моделювання в інженерній практиці.

Подібні композити ефективні в деталях з рівномірним напруженням, таких як оболонки, плити або ізоляційні матеріали [2].

У анізотропних матеріалах фізико-механічні властивості змінюються в залежності від напрямку. Це обумовлено орієнтованим розташуванням армуючих елементів, зазвичай волоконного типу (скловолокно, вуглецеві волокна тощо), які здатні забезпечувати підвищену жорсткість і міцність у заданому напрямку.

Анізотропія дає можливість:

- підвищити ефективність несучих елементів у напрямку дії головних навантажень;
- зменшити вагу конструкцій за рахунок спрямованого армування;
- оптимізувати ресурси, зосередивши зміцнення лише в необхідних зонах.

Ці композити широко застосовуються в авіаційній, космічній та суднобудівній промисловості.

Трансверсально-ізотропна структура є проміжним типом анізотропії, у якій матеріал зберігає однакові властивості у всіх напрямках площини, перпендикулярної до армування, але має інші характеристики вздовж осі армування.

Приклад: при укладенні волокон уздовж осі X , композит демонструє підвищену жорсткість і міцність у цьому напрямку, але поводить себе як ізотропний у площині YZ (рис. 1.4).

Це дає можливість:

- підвищити жорсткість у цільовому напрямку;
- зберегти стабільну поведінку у перпендикулярній площині;

- використовувати матеріал у складних геометричних компонентах, де навантаження розподіляються нерівномірно [3].

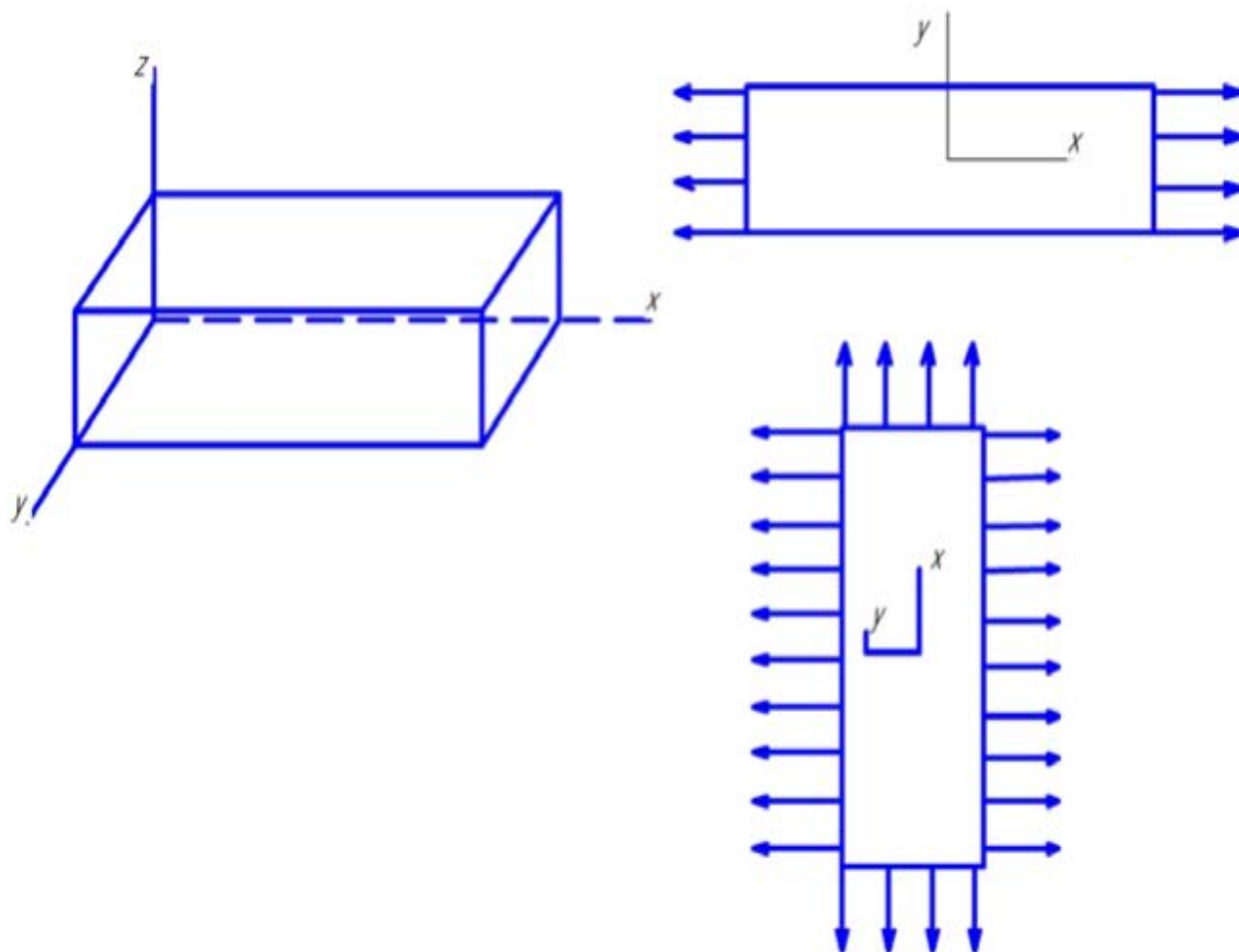


Рисунок 1.4 – Модель однонаправленого КМ з основними схемами розподілу напружень

Проектування композиційних матеріалів полягає у науково обґрунтованому доборі компонентів – матриць та армуючих елементів – з урахуванням їхньої взаємодії, геометрії, орієнтації та фізико-механічних характеристик. Такий підхід дозволяє створювати високоефективні матеріали для цільового застосування – від авіакосмічного машинобудування до будівництва, суднобудування та виробництва спортивного спорядження [1,2].

Однією з найважливіших задач при створенні композиту є врахування анізотропності властивостей, яка визначає напрямну міцність і пружність

матеріалу. З цієї точки зору особливої уваги заслуговують ортотропні композиційні матеріали.

Ортотропні композитні матеріали – це різновид орієнтованих композитів, для яких характерна наявність трьох взаємно перпендикулярних площин симетрії властивостей, що відповідають трьом ортогональним координатним осям – X , Y та Z [3,4].

Такі матеріали утворюються шляхом послідовного нашарування армуючих елементів (зокрема волокон) у двох або трьох напрямках, що формує сітчасту або багатошарову структуру. Армування може здійснюватися:

- уздовж головного вектора навантаження (поздовжній напрямок);
- перпендикулярно до нього (поперечний напрямок);
- по товщині виробу (нормальний напрямок).

У результаті матеріал набуває різних характеристик міцності, жорсткості, теплопровідності та інших властивостей у кожному напрямку. Це дозволяє ефективно розподіляти навантаження та передбачувано керувати деформаціями, що є критично важливим для відповідальних конструкцій.

Порівняно зі звичайними анізотропними композитами, ортотропні системи забезпечують:

- високу механічну ефективність у кількох просторових напрямках;
- оптимізацію маси без втрати міцності;
- стійкість до складних напружених станів – зокрема згину, кручення і тиску;
- зменшення коефіцієнта теплового розширення в конкретних площинах;
- кращі показники зносостійкості у точках, схильних до локального навантаження.

Завдяки своїм збалансованим характеристикам у кількох напрямках, ортотропні композити набули широкого розповсюдження у високотехнологічних галузях:

- Авіація: елементи планера, обшивка фюзеляжу, лопаті турбореактивних двигунів.
- Суднобудування: корпуси катерів і яхт, де необхідна стійкість до згину та кручення.
- Автомобільна промисловість: виготовлення легких, але міцних елементів каркасу.
- Спортивне обладнання: тенісні ракетки, вудки, корпуси велосипедів.
- Енергетика та вітроенергетика: роторні лопаті вітрогенераторів.

Рисунок 1.5 демонструє класичну сітчасту структуру армування, де волокна, орієнтовані у двох напрямках, утворюють ортотропну підсилюючу систему. Така конфігурація дозволяє досягти оптимального співвідношення міцності та гнучкості в різних площинах [5].

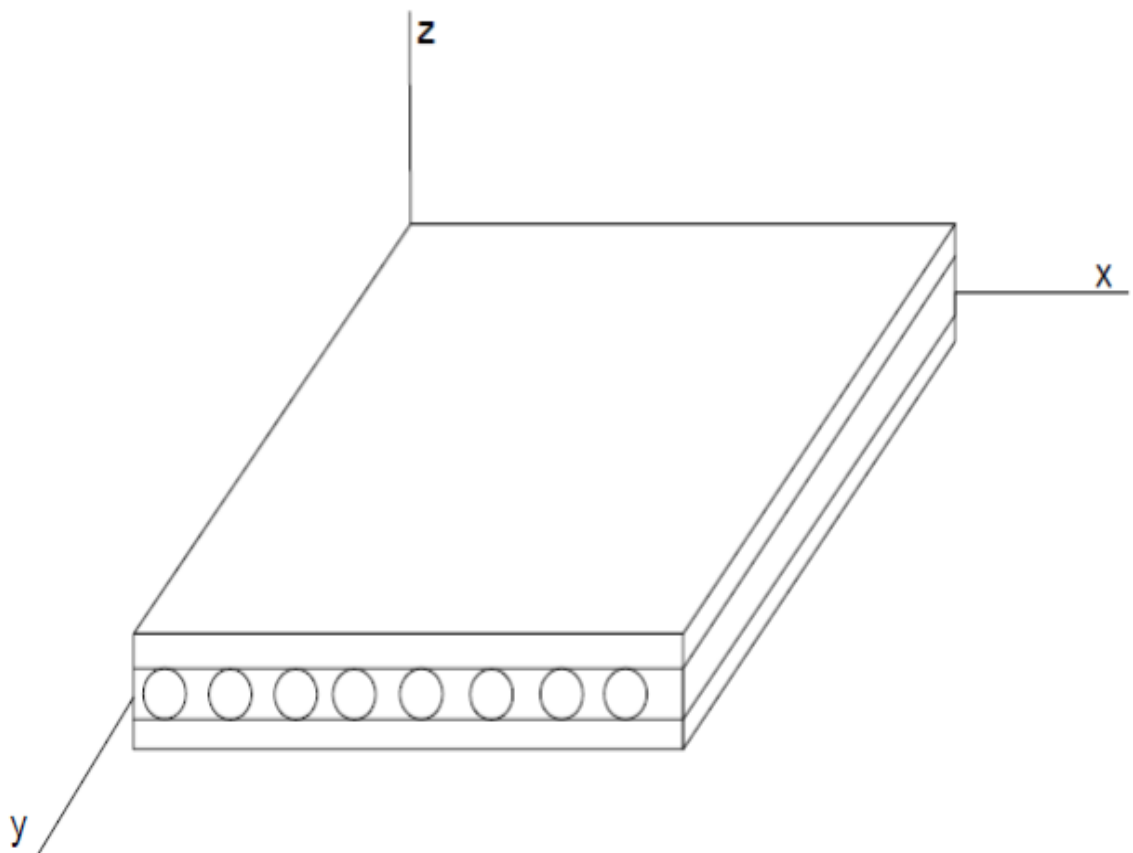


Рисунок 1.5 – Модель ортотропного композитного матеріалу

Розробка композитних матеріалів є багатоетапним і високотехнологічним процесом, що охоплює етапи наукового проектування, вибору компонентів, виготовлення, а також експериментальної та теоретичної оцінки властивостей. Ціль полягає у створенні матеріалів з оптимальними експлуатаційними характеристиками, які відповідатимуть сучасним вимогам до надійності, довговічності, зниження ваги та економічної доцільності [1, 2].

У разі розрахунку однонаправлених (унідірекційних) композитних матеріалів – систем, в яких армування здійснено волокнами, орієнтованими в одному напрямку – приймаються такі припущення [3]:

Паралельне розташування армуючих волокон: Усі волокна орієнтовані строго паралельно до напрямку навантаження, що дозволяє спростити аналітичну модель.

Відсутність міжволоконного контакту: Волокна не взаємодіють між собою безпосередньо, а всі механічні впливи передаються через матрицю.

Передача навантаження через дотичні напруження: Матриця забезпечує механічний зв'язок між волокнами, передаючи зовнішнє навантаження через дотичні напруження на поверхні контакту.

Пружна поведінка матеріалу (лінійна залежність напруження-деформація): І матриця, і армуючі волокна підкоряються закону Гука, тобто деформуються у межах пружності.

Однорідність волокон: Усі волокна мають однакові геометричні та механічні характеристики, що спрощує розрахунок напружено-деформованого стану композиту.

Процес створення композитів включає декілька фундаментальних етапів [1,4]:

Формування проєктних вихідних даних. Аналізуються умови експлуатації майбутнього виробу, зокрема очікувані навантаження, температура, вологість, контакт із агресивним середовищем тощо.

Вибір компонентів та технологій виготовлення. Визначається оптимальна комбінація матриці та армуючих елементів (скловолокно, вуглеволокно, кевлар,

полімери тощо), а також методи формування (ручне ламінування, пресування, автоклавне формування, пультрузія).

Формування композиційного матеріалу. Включає механічне та хімічне поєднання компонентів, затвердіння, термічну обробку.

Оцінка властивостей матеріалу та порівняння з проектними характеристиками. Здійснюється випробування на міцність, жорсткість, зносостійкість, термостійкість, а також аналіз відповідності технічним умовам. У випадку, коли створення матеріалу та виробу об'єднані в один технологічний процес, випробування проводяться безпосередньо на готовій конструкції.

Основні чинники, які враховуються при проектуванні композитів

1. Експлуатаційні вимоги

Визначають ключові параметри, які впливають на довговічність і функціональність конструкції:

- гранична міцність (σ_b);
- модуль пружності (E);
- стійкість до втоми;
- термічна стабільність;
- хімічна стійкість;
- зносостійкість.

Для прикладу, у авіаційній промисловості визначальними є легкість, міцність і мінімальний коефіцієнт теплового розширення, який гарантує стабільність конструкції за зміни температур [2].

2. Економічні параметри

Включають:

- вартість матеріалів і виготовлення;
- ремонтпридатність;
- доступність сировини;
- утилізаційні можливості;
- логістичні витрати.

3. Соціальні та екологічні фактори

Оцінюється безпека виробництва, вплив на довкілля, утворення відходів, енергоспоживання, а також наявність кваліфікованого персоналу.

4. Технічний рівень виробу та патентна чистота

Порівняння з існуючими аналогами, зокрема – аналіз світових тенденцій у галузі композитів. Нові матеріали повинні перевищувати властивості аналогів, зберігаючи при цьому економічну ефективність.

На рисунку 1.6 представлено узагальнену структурно-логічну схему етапів створення композитного матеріалу, яка відображає повну послідовність дій — від аналітичного проектування до експериментального підтвердження властивостей матеріалу. Зокрема, схема ілюструє ключові стадії: аналіз вимог до майбутнього виробу, відбір матриць і армуючих елементів, вибір оптимальної технології формування композиції, створення внутрішньої мікроструктури матеріалу, а також оцінку його фізико-механічних характеристик з подальшим порівнянням із розрахунковими даними. Такий підхід дозволяє цілеспрямовано адаптувати властивості композиту до умов експлуатації в конкретній галузі (авіація, машинобудування, будівництво тощо) та забезпечити максимальну ефективність його використання.

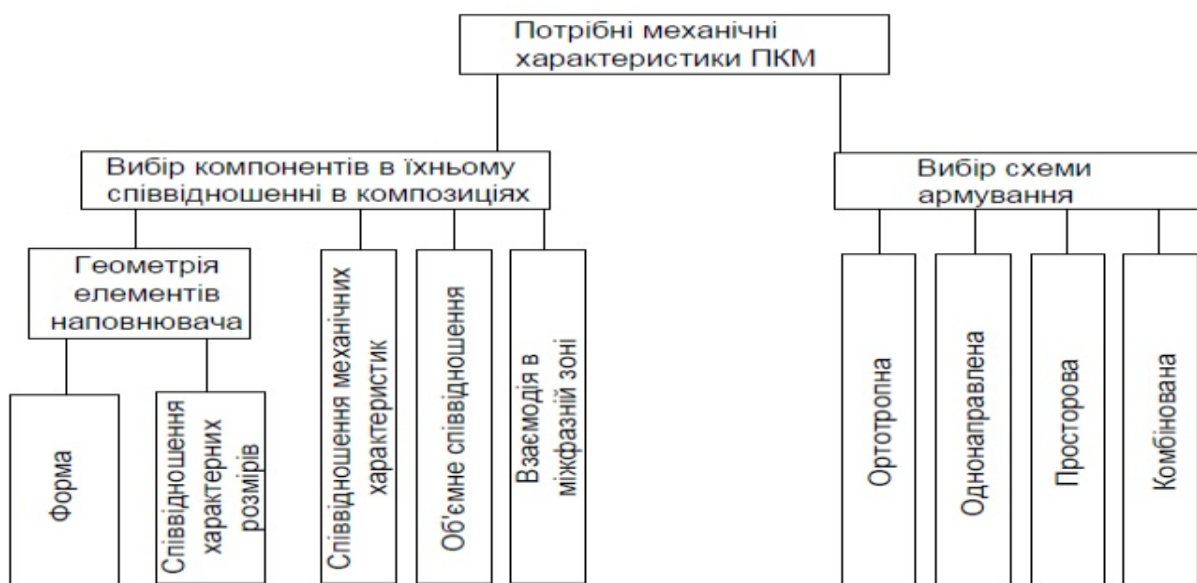


Рисунок 1.6 – Схема створення оптимальної конструкції КМ

На даному етапі проєктного конструювання композиційного матеріалу здійснюється обґрунтований вибір параметрів армуючих волокон, матричної фази та технологічного маршруту виготовлення, що в сукупності забезпечують формування матеріалу з цільовими механічними, термічними та експлуатаційними характеристиками [2].

Застосування інженерно-аналітичного підходу на цій стадії дозволяє адаптувати композицію до заданих умов навантаження, середовища експлуатації, температурного режиму та ресурсу роботи. Враховуються такі чинники, як:

- модуль пружності волокон і матриці;
- адгезійна взаємодія на межі фаз;
- щільність та товщина шару армування;
- сумісність компонентів за коефіцієнтом теплового розширення;
- технологічна зручність формування конструкції;
- економічна доцільність виробництва.

Такий підхід дозволяє отримати високоефективні композити, що демонструють підвищену надійність, довговічність і функціональну стійкість, відповідно до вимог сучасного авіаційного, машинобудівного, будівельного та енергетичного секторів.

1.4 Вибір оптимального складу та оцінка властивостей композитних матеріалів

Процес конструювання композитних матеріалів базується на комплексному аналізі, оптимізації складу компонентів та технології їх виготовлення з урахуванням сучасних науково-дослідних даних, практичного досвіду, інтуїтивних підходів і останніх технічних розробок. Нижче наведено основні етапи та послідовність вибору складових композитного матеріалу, що дозволяють забезпечити високі експлуатаційні характеристики виробу.

Матриця виконує ключові функції:

- запобігає розповсюдженню тріщин між армуючими волокнами;
- передає зовнішні навантаження від матриці до армуючих елементів.

Основні типи матриць:

Металеві матриці – забезпечують високу механічну міцність, відмінну теплопровідність і електропровідність, проте мають обмежену хімічну стійкість і схильні до корозії;

Полімерні матриці – характеризуються малою масою, високою хімічною стійкістю, але мають нижчі показники міцності і термостійкості порівняно з металами;

Керамічні матриці – відзначаються високою термостійкістю і жорсткістю, але їх виробництво є енергозатратним і дорогим.

Наповнювачі призначені для підвищення міцності, жорсткості, зносостійкості та інших експлуатаційних характеристик. Часто для досягнення оптимального балансу властивостей застосовується комбінація різних типів наповнювачів, оскільки один компонент може покращувати певні характеристики, але впливати на інші негативно.

Для покращення спеціалізованих властивостей матеріалу у композицію вводять різноманітні добавки, зокрема антипірени для підвищення вогнестійкості, стабілізатори проти ультрафіолетового випромінювання, пластифікатори тощо.

Методи виготовлення визначаються виходячи з типу матриці та наповнювачів, а також вимог до продуктивності та якості кінцевого виробу. Наприклад:

- полімерні композити з порошковими наповнювачами зазвичай виготовляють шляхом лиття під тиском або екструзією;
- композити з металевими та керамічними порошками формують методами високотемпературного спікання;

- препреги — напівфабрикати, в яких армуючі волокна попередньо просочені олігомерами, використовуються для забезпечення високої однорідності та контролю структури.

При визначенні технологічного процесу враховують:

- продуктивність обладнання та ефективність використання виробничих площ;
- рівень кваліфікації персоналу;
- вимоги безпеки праці;
- сумісність компонентів і їх поведінку під час виготовлення.

Технологічність розглядається як сукупність параметрів, що забезпечують ефективне, економічно вигідне виготовлення матеріалу з мінімальними втратами, включаючи:

- простоту обробки і формування;
- зручність монтажу виробу;
- зниження кількості відходів і можливість вторинної переробки.

Для підтвердження відповідності розробленої композиції технічним вимогам використовують комплекс розрахункових та експериментальних методів [6]:

Розрахункові методи застосовують для прогнозування механічної поведінки, оптимізації складу та структури матеріалу, використовуючи моделі мікро- та макромеханіки;

Експериментальні випробування — для підтвердження розрахункових даних та перевірки фактичних фізико-механічних характеристик, що дозволяє оцінити зносостійкість, міцність, жорсткість, термостійкість тощо.

У разі невідповідності матеріалу проектним вимогам проводиться корекція складу, структури або технології виготовлення з метою досягнення необхідних експлуатаційних параметрів.

Висновок за розділом 1

Розділ 1 містить всебічний аналіз композитних матеріалів, їхньої структури, складових компонентів, властивостей та історичних аспектів розвитку. Композитні матеріали формуються за рахунок поєднання матриці та армуючих елементів, що забезпечує оптимальний баланс між пластичністю та міцністю виробу. Унікальність таких матеріалів полягає у здатності інтегрувати різнорідні компоненти, зберігаючи їх індивідуальні властивості й водночас створюючи нові функціональні переваги.

Історія розвитку композитних матеріалів свідчить про їхнє застосування ще з давніх часів, зокрема в конструкції монгольських луків. Значний прогрес у цій галузі відбувся у XX столітті завдяки винаходу синтетичних смол і армуючих волокон. Важливими віхами стали створення склопластиків, кевлару та вуглецевих волокон, які отримали широке застосування в автомобільній, аерокосмічній, будівельній та інших промислових галузях.

Композити класифікують за типом матриці, структурою, розташуванням армуючих елементів, а також за технологіями виробництва. Залежно від конструктивних особливостей, структура матеріалу може бути каркасною, пошаровою або матричною, що дозволяє адаптувати його властивості до специфічних технічних завдань. Окрему групу становлять поліармовані композити, які містять декілька видів армуючих компонентів, що сприяє підвищенню надійності та довговічності виробів.

Сучасні тенденції в матеріалознавстві зосереджені на розробці екологічно чистих, ресурсоефективних матеріалів, здатних до самовідновлення і повторного використання. Такі інновації відповідають принципам сталого розвитку і суворим екологічним вимогам, що має особливе значення в контексті охорони навколишнього середовища.

Отже, композитні матеріали залишаються ключовим елементом інноваційних технологій, сприяючи прогресу у промисловості, будівництві та суміжних сферах.

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ФАСАДНИХ СИСТЕМ: ПІДХОДИ ТА ІННОВАЦІЇ

2.1 Підходи до вивчення енергоефективності фасадних систем

Проблема енергоспоживання будівлями, як житловими, так і офісними та промисловими, набуває дедалі більшої актуальності як для країн, що розвиваються, так і для розвинених держав. Скорочення споживання енергії та впровадження відновлюваних джерел енергії у будівельній сфері є надзвичайно важливими заходами для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та досягнення сталого розвитку [1].

Енергозбереження у будівлях реалізується через різноманітні стратегії, які загалом поділяються на пасивні та активні. Пасивні стратегії базуються на оптимальному використанні природних ресурсів — таких як орієнтація будівлі, тип скління, системи затінення та теплоізоляції. Активні стратегії передбачають використання технічних систем, що виробляють або регулюють споживання енергії, зокрема системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря (HVAC) та фотогальванічні установки. Вибір оптимального поєднання пасивних та активних стратегій залежить від кліматичних особливостей місцевості, що забезпечує максимально ефективне енергоспоживання.

Одним із перспективних рішень для клімату з теплим літом і помірною зимою є застосування навісних вентилярованих фасадів. За останні роки їх використання у різних типах будівель значно зросло, оскільки вони ефективно сприяють тепловому захисту та енергозбереженню. Вентилюваний фасад складається з двох світлонепроникних шарів, між якими розташовується вентилярована порожнина або кілька порожнин [2].

Головна перевага такої системи полягає у відведенні надлишкового тепла: зовнішній шар фасаду поглинає пряме сонячне випромінювання, а природна конвекція у вентиляваній порожнині сприяє охолодженню конструкції. Внутрішній шар фасаду, у свою чергу, виконує функції

теплоізоляції або теплоаккумуляції. Явище керованої плавучості в вентиляованій порожнині зумовлене різницею температур і вологості зовнішнього та внутрішнього повітря, що створює рух теплих повітряних мас вгору та витіснення їх в атмосферу, замінюючи холоднішим повітрям. Крім того, вітер підсилює цей процес, підвищуючи ефективність вентиляції фасаду.

Крім теплового захисту, вентиляований фасад забезпечує також контроль вологості, що запобігає утворенню конденсату та пов'язаних із ним пошкоджень. Теплотехнічні характеристики системи залежать від таких факторів, як ширина вентиляованої порожнини, матеріал зовнішнього облицювання та тип швів (відкриті або закриті) [2]. Наразі оцінка ефективності вентиляованих фасадів ускладнюється через відсутність комплексних програмних інструментів, проте продуктивність таких систем можна оцінити шляхом польових експериментів і вимірювань [3].

Вибір матеріалів фасаду відіграє ключову роль у зниженні екологічного впливу будівель. У цьому контексті зростає інтерес до біологічно базованих матеріалів, які завдяки своїй відновлюваності, екологічній безпеці та низькому вуглецевому сліду стають перспективним ресурсом для будівництва XXI століття. Особливістю таких матеріалів є ефективне зв'язування CO₂, що значно зменшує загальний екологічний вплив порівняно з традиційними матеріалами, такими як сталь, скло або бетон.

Матеріали на біологічній основі, наприклад деревина, є не лише відновлюваними, але й придатними для повторного використання, а також можуть виготовлятися локально з мінімальними транспортними витратами та екологічним навантаженням. Зокрема, деревина є ефективним теплоізоляційним матеріалом для оболонок будівель — підлоги, стін та дахів, що сприяє підвищенню енергоефективності. Проте біоматеріали мають низку недоліків, серед яких розмірна та термічна нестабільність, низька вогнестійкість, схильність до біотичних і абіотичних процесів руйнування, а також поступове зниження механічних властивостей з часом. Водночас сучасні методи обробки та захисту матеріалів дозволяють суттєво покращити їхню довговічність і

функціональні властивості, що робить їх привабливими для застосування у сталому будівництві [1].

Активно впроваджуються міжнародні ініціативи, спрямовані на популяризацію енергоефективного будівництва. Зокрема, з 2002 року Міністерство енергетики США організовує змагання Solar Decathlon, яке має на меті навчити студентів використовувати інноваційні технології та матеріали для проектування будинків з нульовим енергоспоживанням. У рамках конкурсу учасники розробляють та будують енергоефективні будівлі, пристосовані до конкретних кліматичних умов, зокрема ближньосхідного регіону. Оцінка будівель проводиться за низкою критеріїв: архітектура, дизайн, управління енергоспоживанням, комфорт, функціональність, стійкість та інновації [4].

Студентська команда VIRTUe з Технологічного університету Ейндховена (TUE) представила на конкурсі SDME 2018 року квартиру LINQ, яка відзначається високою енергоефективністю завдяки застосуванню низки інноваційних пасивних і активних стратегій. Вентилюваний фасад цієї квартири було виконано з біологічних матеріалів, що відповідають принципам циркулярної економіки, що сприяє мінімізації відходів і збереженню природних ресурсів [5, 6].

Біоматеріали уперше застосували для створення 3D-фасаду в Дубаї, хоча раніше їх використовували у плоских фасадних конструкціях для реконструкції та у виставкових павільйонах у Нідерландах [7, 8].

Комплексна концепція «квартирного комплексу LINQ» спрямована на покращення екологічної, соціальної та економічної стійкості, а використання зелених фасадів сприяє природному охолодженню будівель, ізоляції та покращенню якості повітря за рахунок видалення токсичних речовин, що позитивно впливає на здоров'я та добробут мешканців [8–10].

Основна ідея вентиляваних фасадів полягає у створенні вільного руху повітря між облицюванням і несучими конструкціями. Основні функції таких систем включають:

- поглинання зовнішнім облицюванням прямого сонячного випромінювання;
- розподіл тепла за допомогою конвекції у вентильованих порожнинах;
- утворення повітряної течії за рахунок різниці температур, що забезпечує витіснення теплого повітря і притік холоднішого, сприяючи природній вентиляції фасаду [11].

2.2 Енергоефективні фасадні системи

Поняття «енергоефективна будівля» у будівельній галузі сформувалося на фоні світової енергетичної кризи 1970-х років, що спричинило активне впровадження програм із підвищення енергоефективності будівельних конструкцій. Інтерес до цієї тематики невпинно зростає, особливо в країнах з інтенсивним розвитком будівельної галузі. Зокрема, в Росії забезпечення енергозбереження нині посідає одне з провідних місць у пріоритетах будівельної політики.

Одним із ключових напрямів енергозбереження є зменшення тепловтрат через зовнішні огорожувальні конструкції, які в середньому становлять до 30 % загальних втрат тепла будівлею. Підвищення енергоефективності таких конструкцій можливе за рахунок застосування сучасних фасадних систем у поєднанні з ефективними теплоізоляційними матеріалами. На сьогодні у будівництві використовують різноманітні фасадні системи, енергоефективність яких визначається комплексом технічних, матеріальних та технологічних чинників:

- утеплювальні системи з декоративним штукатурним шаром («мокрый фасад»);
- навісні вентильовані фасадні системи;

- багатошарові фасади з облицюванням цеглою або дрібноштучними матеріалами («традиційний фасад»).

Це багатошарова конструкція, у якій кожен шар виконує специфічні функції для забезпечення надійного захисту будівлі від вологи та ефективної теплоізоляції. Конструктивно система включає:

- теплоізоляційний шар;
- клейовий склад для фіксації утеплювача;
- пластикові дюбелі;
- армувальну склосітку;
- декоративний шар штукатурки.

Правильний монтаж системи дозволяє суттєво знизити тепловтрати шляхом усунення містків холоду. Система широко застосовується як у багатоповерховому будівництві, так і при зведенні приватних житлових будинків. Відносна простота монтажу забезпечує її популярність. Крім того, «мокрий фасад» ефективно використовується при реконструкції, дозволяючи відтворити зовнішній вигляд історичних споруд.

Основним теплоізоляційним матеріалом є мінеральна вата з відкритою пористою структурою, яка сприяє вільному проходженню вологи через волокна, запобігаючи накопиченню конденсату. Цей утеплювач характеризується високими теплофізичними показниками, екологічністю та вогнестійкістю. Кріплення теплоізоляції до стін здійснюється механічно за допомогою дюбелів або клеєм. Важливо враховувати правильний вибір матеріалів, аби запобігти утворенню конденсату та втратам теплоізоляції.

Термін експлуатації таких систем становить від 15 до 30 років. Недоліком є сезонність монтажних робіт, що потребують плюсової температури (не нижче +5°C).

Ці системи почали активно застосовуватися близько 15 років тому, переважно у багатоповерховому житловому, адміністративному та громадському будівництві. Конструктивно це багатошарова система на основі

металевого каркаса, змонтованого на зовнішній стіні будівлі. Вентильований простір між несучою стіною та облицюванням забезпечує оптимальний температурно-вологісний режим, що підвищує теплозахисні властивості конструкції і відповідає сучасним нормативним вимогам.

Переваги системи включають:

- можливість монтажу без попереднього вирівнювання стін, що дозволяє приховати дефекти;
- швидкий та простий монтаж у будь-яку пору року;
- можливість заміни облицювальних і теплоізоляційних матеріалів без демонтажу всієї системи.

Водночас існують і проблемні аспекти: складність визначення оптимальної товщини вентиляційного зазору, що впливає на якість роботи фасаду — надто великий зазор може спричинити шумові ефекти за вітру, а надто малий — унеможливить ефективне видалення вологи з утеплювача та стіни. Важливим є також дотримання пожежної безпеки: системи, виконані відповідно до нормативів, використовують важкогорючі або негорючі матеріали [2, 3].

Традиційні фасади формуються за рахунок стін, які виконують одночасно несучу та теплоізоляційну функції, а також мають облицювання з цегли або інших дрібноштучних матеріалів. Основою облицювання служить керамічна цегла, що володіє пористою структурою, яка сприяє випаровуванню вологи з приміщення і забезпечує високу теплоізоляцію та пом'якшення температурних коливань [6–8].

Переваги таких систем:

- доступність та екологічність матеріалів;
- довгий термін експлуатації (понад 50 років);
- висока морозостійкість і пожежна безпека;
- простота монтажу без потреби у високій кваліфікації.

Основні недоліки пов'язані з великим питомим навантаженням на фундамент, що вимагає його посилення. В іншому випадку можливі деформації

та тріщини в несучих конструкціях і облицювальних шарах, а також значні витрати часу і ресурсів на кладку.

Для визначення оптимальних варіантів зовнішніх огорожувальних конструкцій проводять порівняльний аналіз за технологічними, економічними та теплотехнічними показниками. Для цього досліджують кілька типових конструкцій, що відрізняються матеріалом несучої частини, видом і товщиною утеплювача та типом облицювання [3, 9, 10].

В якості матеріалу несучої частини стіни було розглянуто два основні варіанти [12, 13]:

Перший варіант – газобетонний блок марки D600 товщиною 300 мм, укладений на цементно-піщаний розчин марки M150. Характеристики газобетону включають коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,22 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ та густину $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$. Газобетонний блок відомий своєю пористою структурою, що забезпечує добру теплоізоляцію при помірній міцності, що робить його популярним матеріалом у сучасному енергоефективному будівництві.

Другий варіант – кладка з повнотілої силікатної цегли товщиною 250 мм, також виконана на цементно-піщаному розчині марки M150. Теплотехнічні характеристики даного матеріалу: коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,76 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ та густина $\rho = 1700 \text{ кг/м}^3$. Силікатна цегла вирізняється високою міцністю та довговічністю, однак має значно вищу теплопровідність порівняно з газобетоном, що впливає на тепловтрати конструкції.

Як теплоізоляційний матеріал для обох варіантів прийняті жорсткі плити мінеральної вати марки «ROCKWOOL». Технічні характеристики утеплювача в умовах експлуатації включають коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,038 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ та густину $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$. Мінеральна вата характеризується високою вогнестійкістю, паропроникністю та довговічністю, що забезпечує надійний теплоізоляційний шар.

Для першого варіанту конструкції передбачено систему навісного фасаду з облицюванням із керамогранітних плит розміром 600x600 мм та товщиною 10 мм. Керамогранітні плити відомі своєю високою міцністю, морозостійкістю та

стійкістю до атмосферних впливів, що забезпечує довговічність фасадного облицювання, а також створює ефективний захист теплоізоляційного шару від механічних та кліматичних навантажень.

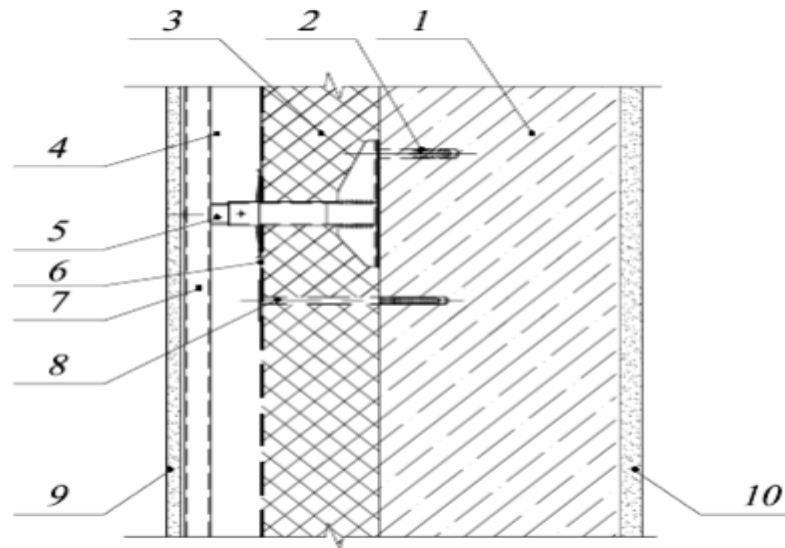


Рисунок 2.1 – Система утеплення фасадів з оздоблювальним шаром із штукатурки 1 – газосилікатні блоки товщиною 300 мм; 2 – анкерний дюбель для кріплення кронштейна до стіни; 3 – зовнішнє утеплення плитами з мінераловатної плити «ROCKWOOL ФАСАД БАТТС», товщиною 120 мм; 4 – повітряний зазор товщиною 30 мм; 5 – кронштейн; 6 – вітрозахисна мембрана; 7 – направляюча; 8 – тарілчастий дюбель; 9 – керамогранітні плити товщиною 10 мм; 10 – штукатурка на цементно-піщаному розчині товщиною 20 мм.

Другий досліджуваний варіант конструкції зовнішнього оздоблення фасаду передбачає використання оздоблювального шару із штукатурки, який наноситься по армувальній сітці та має товщину 20 мм. Цей шар виконує як естетичну, так і захисну функцію, забезпечуючи довговічність та стійкість фасадної поверхні до зовнішніх атмосферних впливів. Теплотехнічні характеристики даного шару характеризуються коефіцієнтом теплопровідності

$\lambda = 0,76 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}$ та густиною $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, що вказує на середню теплоізоляційну здатність та високу щільність матеріалу. Важливо зазначити, що армувальна сітка, яка використовується в системі, підвищує механічну міцність штукатурного шару, запобігаючи появі тріщин і забезпечуючи стабільність конструкції в процесі експлуатації.

Даний варіант фасадного оздоблення широко застосовується у сучасному будівництві як у нових спорудах, так і при реконструкції існуючих будівель, оскільки дозволяє поєднувати естетичний вигляд з необхідними теплофізичними параметрами. Проте через відносно високий коефіцієнт теплопровідності штукатурного шару слід розглядати додаткові заходи щодо забезпечення ефективної теплоізоляції фасаду, зокрема використання якісного утеплювача та правильне проектування багатошарової системи огорожувальних конструкцій.

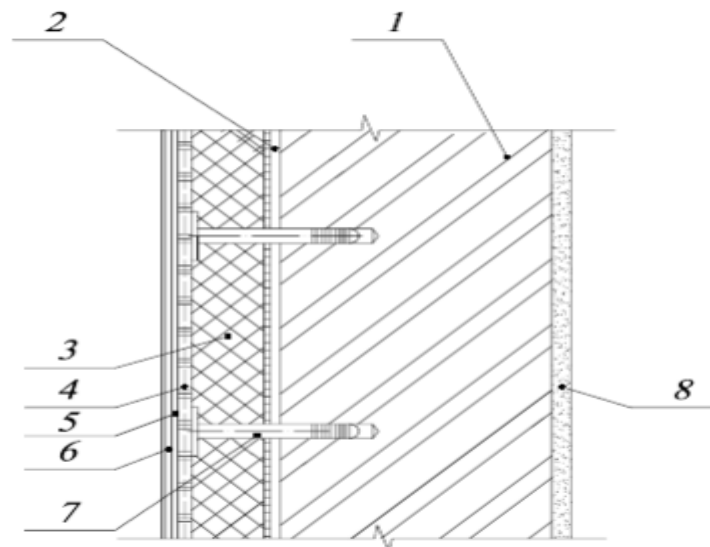


Рисунок 2.2 – Система утеплення фасадів із зовнішнім шаром із штукатурки 1 – силікатна цегла товщиною 250 мм; 2 – проникаюча основовка, шар клейового складу; 3 – зовнішнє утеплення плитами з мінераловатної плити «ROCKWOOL ФАСАД БАТТС»; 4 – армувальна сітка; 5 – кварцова ґрунтовка; 6 – декоративний штукатурний шар ROCKdecorsil S; 7 – дюбель; 8 – штукатурка на цементно-піщаному розчині товщиною 20 мм.

Третій варіант конструкції фасаду представлено багатошаровою системою, в якій зовнішнє облицювання виконано з пустотілої керамічної цегли товщиною 120 мм. Такий традиційний фасад поєднує класичні будівельні матеріали з сучасними вимогами до теплоізоляції та довговічності. Пустотіла керамічна цегла має коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,52 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ та густину $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$, що свідчить про її збалансовані теплофізичні характеристики, які забезпечують ефективний захист будівлі від теплових втрат при одночасному збереженні оптимального мікроклімату всередині приміщень.

Багатошарова конструкція фасаду передбачає наявність теплоізоляційного шару, який суттєво підвищує енергоефективність будівлі, а також захищає конструкцію від впливу атмосферних факторів. Перевагою використання пустотілої цегли є її відносно низька вага порівняно з повнотілою цеглою, що зменшує навантаження на несучі конструкції та фундамент, а також покращує звукоізоляційні властивості стін.

Дана фасадна система відзначається високою довговічністю, стійкістю до агресивних зовнішніх впливів, а також привабливим зовнішнім виглядом, що відповідає традиційним архітектурним стилям. Водночас, завдяки сучасним технологіям виробництва і монтажу, вона може бути успішно застосована як у новому будівництві, так і при реконструкції існуючих споруд.

Таким чином, багатошарова система із пустотілою керамічною цеглою є оптимальним рішенням для забезпечення високого рівня енергоефективності фасадів із збереженням класичних естетичних та експлуатаційних характеристик.

Типорозміри матеріалів огорожувальних конструкцій підбирались із врахуванням вимог нормативно-технічної документації щодо мінімального опору теплопередачі. До ключових технічних і конструктивних параметрів, що розглядаються, належать площа та питома маса одного квадратного метра огорожувальної конструкції [12, 13].

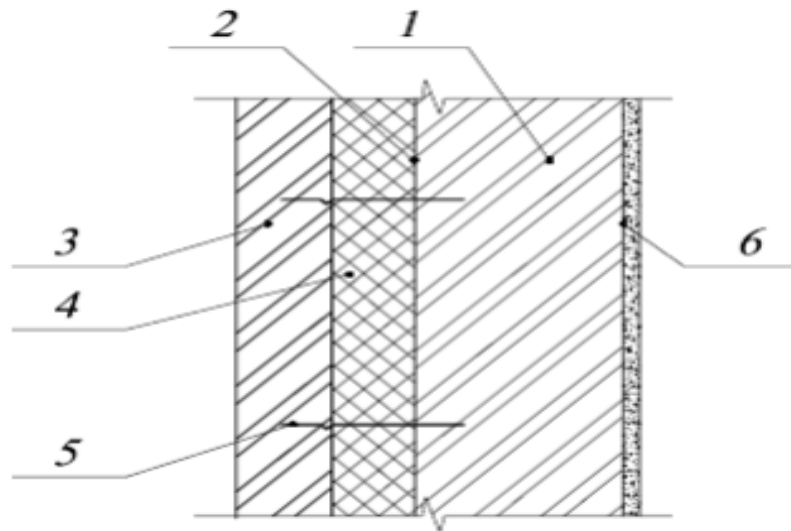


Рисунок 2.3 – Традиційний фасад 1 – силікатна цегла товщиною 250 мм; 2 – проникаюча основовка, шар клейового складу; 3 – облицювальний шар із керамічної пористої цегли товщиною 120 мм; 4 – зовнішнє утеплення плитами з мінераловатної плити «ROCKWOOL» товщиною 110 мм; 5 – гнучкі зв'язки; 6 – штукатурка на цементно-піщаному розчині товщиною 20 мм.

Для системи утеплення фасадів із зовнішнім декоративним шаром із штукатурки мінімальна загальна товщина стіни складає 410 мм. Водночас питома маса такої конструкції є однією з найвищих серед розглянутих варіантів і становить 521 кг/м². Найбільша товщина має традиційна багатошарова фасадна система, при цьому її питома маса майже у 2,5 раза перевищує відповідний показник навісного фасаду, що робить цей варіант найважчим серед усіх досліджуваних конструкцій. Найлегшою виявилась система з навісним вентиляльованим фасадом, вага якої становить приблизно 260 кг/м² [12, 13].

З погляду технологічних показників, найбільш трудомісткою є конструкція стіни з оздоблювальним шаром із штукатурки, що також характеризується максимальною тривалістю виконання будівельних робіт. Це пов'язано з необхідністю послідовного нанесення багатьох шарів та дотримання технологічних режимів висихання.

З економічної точки зору, порівняльний аналіз собівартості вказує, що найдорожчою серед трьох досліджуваних систем є навісна фасадна конструкція. Вона потребує значних витрат на матеріали, монтажні роботи та експлуатаційне обслуговування, що слід враховувати при виборі оптимального варіанту для будівництва з урахуванням балансу між вартістю та експлуатаційними характеристиками.

Отже, вибір типорозмірів та матеріалів огорожувальних конструкцій має базуватись на комплексному аналізі технічних, технологічних та економічних факторів, що дозволяє забезпечити оптимальне поєднання теплоізоляційних властивостей, довговічності та вартості [12, 13].

Висновок за розділом 2

Проблематика енергоефективності будівель, зокрема фасадних систем, набуває особливої актуальності у контексті зростаючих вимог до скорочення енергоспоживання та мінімізації негативного впливу на довкілля. Сучасні дослідження в галузі енергозбереження фасадів підтверджують необхідність комплексного застосування як активних, так і пасивних стратегій, серед яких вагоме місце посідають навісні вентилязовані фасади та системи зовнішнього утеплення.

Вентилювані фасади характеризуються високою ефективністю у зниженні теплових втрат будівель та створенні комфортних мікрокліматичних умов у різних кліматичних регіонах. Основною перевагою таких систем є здатність забезпечувати активний відвід надлишкового тепла завдяки природній вентиляції між шарами фасаду, а також підтримувати контроль вологості, що суттєво знижує ризики утворення конденсату та пов'язаних з цим деградаційних процесів конструкції. Одночасно впровадження біологічних матеріалів у фасадні конструкції сприяє значному зменшенню вуглецевого сліду будівель, проте потребує ретельного врахування їхніх термічних та пожежних характеристик для забезпечення довговічності й безпеки.

Різноманітні фасадні системи, зокрема «мокрі» утеплювальні системи з декоративним шаром штукатурки та навісні фасади, демонструють різний рівень оптимізації теплоізоляційних властивостей та тепловтрат. Система утеплення з нанесенням штукатурки є ефективним бар'єром проти проникнення вологи, а навісні фасадні системи, крім теплоізоляції, забезпечують можливість компенсації нерівностей несучих стін, що сприяє зручності монтажу та підвищенню надійності експлуатації. Традиційні фасадні конструкції, попри більшу вагу та трудомісткість монтажу, відзначаються підвищеною вогнестійкістю та морозостійкістю, що є важливими факторами для тривалої експлуатації в складних кліматичних умовах.

Отже, забезпечення високої ефективності фасадних систем потребує інтегрованого підходу, що включає впровадження сучасних технологій, використання передових матеріалів і вдосконалення конструктивних рішень. Важливо також стимулювати освітні програми та професійні ініціативи, спрямовані на популяризацію енергоефективних рішень у будівництві, особливо серед студентів та молодих спеціалістів у сферах архітектури та інженерії, що сприятиме сталому розвитку галузі та покращенню екологічної ситуації.

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ (ВДОСКОНАЛЕННЯ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ БУДИНКУ З УРАХУВАННЯМ ЕНЕРГОЗАОЩАДЖУВАННЯ)

3.1 Впровадження композитні плити на основі алюмобонду у навісні фасадні системи в новому будівництві

Масове впровадження навісних фасадних систем у сучасному будівництві можливе завдяки проведенню комплексних розрахунків теплологічних характеристик огорожувальних конструкцій, які дозволяють об'єктивно оцінити ефективність застосування конструкцій із підвищеними теплозахисними властивостями. До цієї категорії належать, зокрема, вентильовані фасадні системи з використанням композитних панелей на основі алюмінієвих композитних матеріалів (алюмобонд).

Захист зовнішніх огорожувальних конструкцій та шару утеплювача забезпечується декоративною панеллю-екраном, що формує повітряний прошарок між несучою стіною та облицюванням. Використання вентильованих фасадних систем із композитних алюмобондових плит є одним із найбільш сучасних та ефективних способів теплоізоляції та оздоблення будівель. Окрім декоративної функції, такі системи забезпечують захист стін від атмосферних впливів, зокрема від дощу, мокрого снігу, вологи при відтаванні льоду на внутрішній поверхні, конденсації під час опалювального періоду через проникнення теплого повітря з приміщення у повітряний прошарок. Крім того, вентильовані фасади сприяють зниженню рівня зовнішнього шуму, підвищуючи комфортність внутрішнього середовища [14].

Фізичні принципи роботи вентильованих фасадів відомі вже тривалий час і походять від традиційних систем, що використовували дерев'яні щити, закріплені із зовнішнього боку стіни з повітряним зазором. У цьому зазорі виникає висхідний потік повітря, що під впливом гравітаційної сили (теплової

конвекції) та вітру забезпечує видалення накопиченої вологи і сушіння конструкції, що подовжує термін служби стін. Ефективність повітрообміну у прошарку залежить від правильності монтажу щитів і раціонального розташування припливних та витяжних отворів. Основний фізичний принцип полягає у різниці парціального тиску водяної пари між внутрішньою та зовнішньою сторонами конструкції, що сприяє одночасному утепленню та видаленню надлишкової вологи з несучих елементів і утеплювача [9, 15, 16].

Конструкція навісних вентильованих фасадів із композитних алюмобондових плит включає такі основні елементи: облицювальні панелі (декоративні екрани), металевий каркас із кронштейнами несучої або підтримуючої дії, а також повітрозабірні і повітровідвідні щілини для забезпечення природної вентиляції прошарку. Додатково передбачаються пристрої, що компенсують температурні деформації панелей, розподіляють вагові та вітрові навантаження, а також обробляють вузли примикань – віконні відкоси, відливи, кути та обрамлення. Слід зауважити, що теплоізоляційний шар у таких системах може бути відсутнім, якщо теплозахисні властивості зовнішнього огороження забезпечуються несучою стіною або іншими шарами конструкції.

З метою підвищення ефективності видалення вологи з огороження необхідно мінімізувати перешкоди на шляху руху повітря у вентильованому прошарку. Водночас практично неприпустимою є ситуація, коли облицювальні панелі встановлюються без повітряного зазору, що виключає ефективну вентиляцію і призводить до зволоження утеплювача. Важливим технічним аспектом є наявність повітрозабірних та повітровідвідних щілин, що забезпечують природний конвекційний повітрообмін у прошарку.

Найпоширенішими на сьогодні є навісні фасадні системи з облицюванням із керамогранітних плит, які широко застосовуються у новому комерційному будівництві. Теплотехнічний режим подібних конструкцій можна проілюструвати прикладом огороження монолітного залізобетонного стінового огороження товщиною 0,2 м із зовнішнім утеплювачем з мінераловатних плит

товщиною 0,16 м, фактурним внутрішнім шаром товщиною 0,015 м та зовнішнім облицюванням композитними алюмобондовими плитами товщиною 0,01 м, змонтованими з вентиляційним зазором. Коефіцієнти теплопровідності відповідних матеріалів складають: залізобетон – $1,92 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, мінераловатні плити – $0,45 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, фактурний шар – $0,7 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, композитні плити алюмобонду – $1,7 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$.

На рис. 3.1 а) наведено розподіл температур у поверхнях і товщі утепленої монолітної огорожувальної конструкції в зимових умовах при температурі внутрішнього повітря $+20 \text{ °C}$ та зовнішнього -38 °C . Розрахунок демонструє, що конструкція має високі теплозахисні властивості, різниця температур між внутрішнім повітрям і поверхнею огородження становить близько $1,7 \text{ °C}$, а розташування утеплювача із зовнішнього боку практично виключає ризики промерзання і конденсації вологи [17].

На рис. 3.1 б) представлено розподіл максимальної пружності водяної пари E та фактичної пружності e в товщі огорожувальних конструкцій для зимових умов. Аналіз показує, що в усіх шарах і на стиках конструкції значення максимальної пружності перевищують фактичну, що свідчить про відсутність умов для конденсації вологи та її накопичення, що підтверджує високу гідротермічну стійкість запропонованої системи [12, 13].

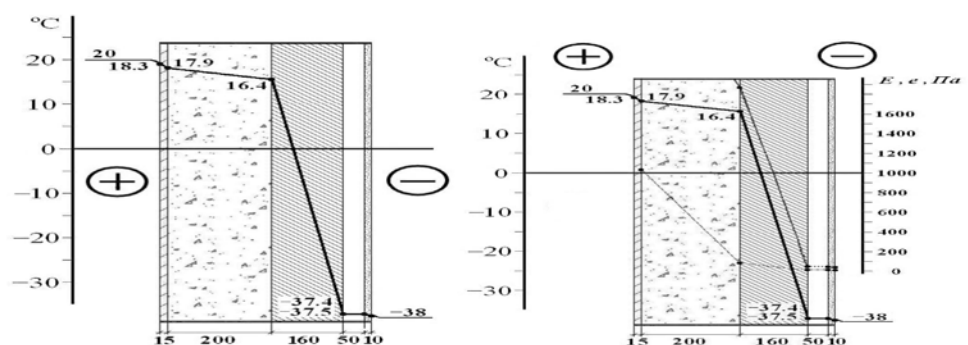


Рисунок 3.1 – Розподіл температури на поверхнях і в товщі утепленої огорожувальної конструкції в монолітному виконанні для зимових умов у місті Іркутську (а) та розподіл максимальної пружності водяної пари E та пружності водяної пари e (б): E – пунктирна лінія, e – штрихпунктирна лінія

3.2 Енергоефективні фасадні системи з композитних плит на основі алюмобонду

Енергоефективність фасадних систем із композитних панелей на основі алюмобонду сучасних будівель і споруд залежить від комплексу факторів, серед яких ключове значення мають конструктивні особливості системи та технічні характеристики використовуваних матеріалів. Значення вибору матеріалів для підвищення енергоефективності будівель широко досліджується як у вітчизняній, так і в міжнародній науковій літературі. Аналіз наукових робіт свідчить про наявність кількох напрямків підвищення енергоефективності сучасних будівельних систем:

- застосування традиційних та інноваційних теплоізоляційних матеріалів, що відповідають екологічним вимогам [1–9];
- розробка нових теплоізоляційних шарів під час реконструкції існуючих будівель [13];
- створення адаптивних фасадних систем із використанням світлопрозорих та інших теплоізоляційних матеріалів [4–7] тощо.

При виборі домінуючого напрямку підвищення енергоефективності необхідно враховувати не лише функціональне призначення будівлі, а й кліматичні умови регіону. Важливо розуміти, що досягнення енергоефективності залежить не тільки від застосування теплоізоляційного матеріалу, а й від оптимальної товщини теплоізоляційного шару, особливо при використанні композитних теплоізоляційних плит, що поєднують органічні та неорганічні компоненти.

Органічні теплоізоляційні матеріали традиційно вважаються найбільш екологічно безпечними та ефективними для забезпечення енергоефективності будівель. Згідно з визначенням, органічні теплоізоляційні матеріали виготовляються на основі рослинної сировини (деревина, льон, коноплі, соя тощо) або тваринного походження (вовна) із додаванням спеціальних зв'язувальних речовин [18,19]. Варто зазначити, що деякі матеріали, такі як

плити з пінополістиролу та пінополіуретану, іноді помилково відносять до органічних через хімічну природу їх сировини, хоча за класифікацією вони належать до синтетичних.

В Україні тривають активні наукові дискусії щодо екологічності та безпеки пінополістирольної ізоляції, яка широко застосовується у світі. Водночас розробляються методики забезпечення стійкої експлуатації будівель із використанням гранульованого пінополістиролу у поєднанні з іншими теплоізоляційними матеріалами, особливо в конструкціях навісних вентильованих фасадів [2]. За результатами досліджень теплоізоляційних властивостей пінополістиролу для стін і покрівель [3] запропоновано нову методологію порівняльного аналізу варіантів утеплення будівель, що дозволяє оцінити їх функціональні характеристики в довгостроковій перспективі, забезпечуючи виробництво екологічно безпечних будівельних продуктів.

Оцінка стійкості та енергоефективності будівельних систем базується на комплексній «оцінці енергоефективності окремих компонентів» [4], що дає змогу на етапі проектування виконати порівняльний аналіз існуючих фасадних систем. У роботі [4] запропоновано систематизацію такого аналізу, що послужило основою для розробки методики вибору енергоефективних фасадних модулів. Автор підкреслює необхідність реалізації концепції сталого розвитку в будівельній галузі через енергозбереження, раціональне використання ресурсів та управління життєвим циклом матеріалів і конструкцій.

До категорії готових модульних фасадних елементів належать також структурні мембранні конструкції або мембранні подушки з матеріалів на основі текстилю, плівок ЕТФЕ (етилентетрафторетилен), ПТФЕ (політетрафторетилен), полівінілхлориду, скла та сіток зі скла [5]. Такі фасади демонструють високий рівень енергоефективності не лише в експлуатації, а й під час будівництва. Особливо поширені подвійні фасади — так звані «скляні землі» — які часто застосовуються при реконструкції будівель із великою кількістю скляних поверхонь [6–9]. Мембранні фасади відкривають широкі архітектурні можливості завдяки гнучкості форм і складній геометрії, що реалізуються

технологічно без значних додаткових витрат. Важливою перевагою є й невелика вага таких конструкцій, що сприяє їх застосуванню у висотному будівництві.

Легкі енергоефективні фасадні системи з готових модулів набувають особливої актуальності при зведенні багатоповерхових і висотних каркасних будівель. У численних наукових дослідженнях [10–14] розглядається застосування термопанелей із інноваційними матеріалами та технологіями. Зокрема, розроблено композитну плиту на основі алюмобонду, що є монолітною конструкцією, армованою легкими сталевими термопрофілями зі спеціальним розташуванням просічок. Термопрофілі виключають появу «містків холоду», збільшують тепловий шлях та підвищують опір теплопередачі. Крім того, їх застосування суттєво знижує матеріальні, трудові та фінансові витрати при масовому будівництві житла, зберігаючи високі експлуатаційні показники. Особлива технологія складання також дозволяє скоротити терміни будівництва.

Теплопровідність огорожувальних конструкцій із термопрофілями порівнянна з деревиною, проте термопрофілі не схильні до біологічного руйнування, що значно підвищує їх довговічність. Крім того, завдяки прорізам у профілях вони володіють гарними віброакустичними властивостями.

Як огорожувальна конструкція, термопанель виконує функції теплозахисту, приймає навантаження від вітру, а також незначні внутрішні силові навантаження. Водночас вона слугує фасадною системою з вентильованим прошарком, що сприяє відведенню вологи з утеплювача.

Конструкція із застосуванням термопанелей SPANS включає «мокрі» технології, характерні для каркасного будівництва, при цьому більшість монтажних робіт виконується на заводі, а готові панелі поставляються на будівельний майданчик для швидкого і якісного монтажу.

Порівняльні характеристики композитних алюмобондових плит із іншими огорожувальними матеріалами наведені на рисунках 3.2 і 3.3. Застосування керамічних і композитних фасадних панелей для створення енергоефективних фасадних систем висвітлено у дослідженнях [15,16]. У роботах [3, 5] проведено порівняльний аналіз екологічних характеристик

фасадних композитних плит на основі алюмобонду із скляними, мармуровими та алюмінієвими стіновими панелями, запропоновано рекомендації для оптимізації життєвого циклу алюмобондових плит з метою підвищення їх екологічної ефективності та вибору енергоефективних фасадних матеріалів.

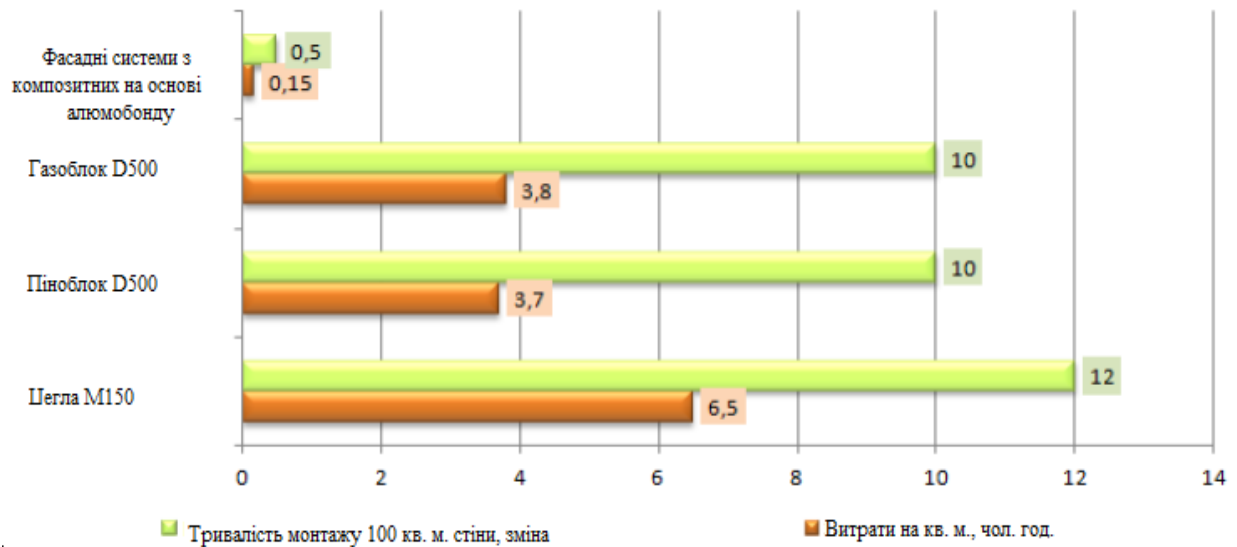


Рисунок 3.2 – Порівняння маси одного квадратного метра стіни та товщини утеплювача огорожувальних композитних плит на основі алюмобонду з огорожувальними конструкціями із штучних матеріалів

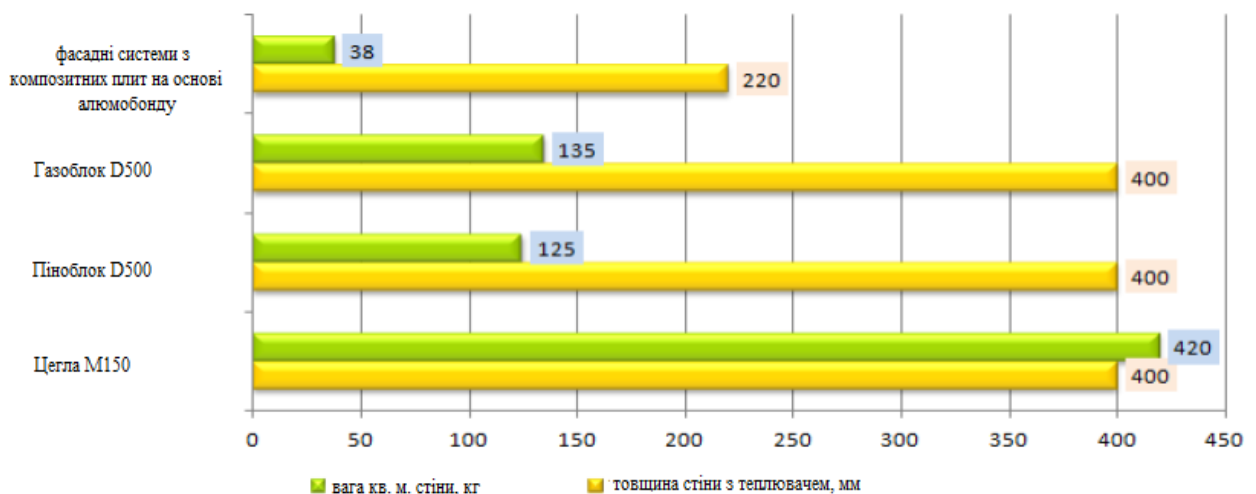


Рисунок 3.3 – Порівняння тривалості монтажу та витрат на встановлення огорожувальних композитних плит на основі алюмобонду з огорожувальними конструкціями із штучних матеріалів

З метою запобігання процесам деградації фасадних систем під час експлуатації будівель, а також для забезпечення високого рівня енергоефективності огорожувальних конструкцій, сучасна будівельна наука активно впроваджує новітні матеріали та технології. Зокрема, численні вітчизняні та зарубіжні дослідження підтверджують доцільність використання наноматеріалів, композитних матеріалів та рідких надтонких теплоізоляційних покриттів у складі фасадних систем [17–19].

Наноматеріали завдяки своїй унікальній структурі, надзвичайно високій питомій поверхні та специфічним фізико-хімічним властивостям здатні суттєво підвищувати експлуатаційні характеристики фасадних систем. Вони забезпечують покращення теплоізоляційних властивостей, зменшення паропроникності, підвищення вогнестійкості та довговічності конструкцій. Окрім цього, застосування наноматеріалів у фасадних покриттях дозволяє ефективно боротися з біологічною корозією, забрудненням та зношенням під впливом атмосферних чинників [18].

Композитні матеріали нового покоління, які широко застосовуються у фасадних системах, характеризуються малою вагою, високою міцністю, стійкістю до механічних навантажень та негативних кліматичних впливів. Їх застосування забезпечує підвищення енергоефективності будівель, полегшує монтаж та знижує експлуатаційні витрати [18].

Окрему увагу у сучасних дослідженнях приділяють рідким надтонким теплоізоляційним матеріалам (так званим «теплокраскам» або рідким керамічним покриттям). Ці матеріали утворюють тонкий ізоляційний шар з високими теплозахисними властивостями, який наноситься безпосередньо на поверхню фасаду. Завдяки низькому коефіцієнту теплопровідності, високій адгезії, стійкості до ультрафіолетового випромінювання та вологи, такі покриття ефективно підвищують загальний опір теплопередачі конструкції, зменшують тепловтрати та продовжують термін експлуатації фасадних систем [19].

Таким чином, впровадження нанотехнологій, композитних матеріалів та рідких теплоізоляційних покриттів є перспективним напрямом у створенні

сучасних енергоефективних фасадних систем, що відповідають сучасним вимогам до енергозбереження, довговічності та екологічної безпеки.

Висновок за розділом 3

У розділі 3 представлено ґрунтовний аналіз ефективності впровадження композитних плит на основі алюмобонду у конструкціях навісних вентильованих фасадних систем, що використовуються переважно у новому будівництві. Навісні фасадні системи такого типу забезпечують комплексний захист зовнішніх стін будівлі, значно підвищують рівень енергоефективності, створюють бар'єр від атмосферних опадів, вологи та сприяють зниженню рівня зовнішнього шумового навантаження.

Основним конструктивним принципом функціонування вентильованих фасадів є формування повітряного прошарку між несучою стіною будівлі та декоративною фасадною плитою. Наявність цього повітряного зазору забезпечує безперервну циркуляцію повітря, що дозволяє ефективно виводити надлишкову вологу з конструкції та зберігати оптимальні теплоізоляційні характеристики огорожувальних елементів упродовж усього строку експлуатації.

Використання композитних плит на основі алюмобонду в конструкції фасадних систем забезпечує не лише сучасну естетичну привабливість будівель, а й відповідає високим експлуатаційним вимогам щодо довговічності, малої ваги, підвищеної міцності та стійкості до впливу несприятливих атмосферних чинників. Завдяки високій технологічності, ці матеріали дозволяють реалізувати складні архітектурні рішення з мінімальними трудовитратами.

Належне функціонування вентильованих фасадних систем значною мірою залежить від правильності технологічного процесу монтажу, зокрема від забезпечення нормативного розміру повітряного зазору для ефективної природної вентиляції. Недотримання зазначених вимог може призвести до зниження теплотехнічних характеристик системи та підвищення ризику зволоження теплоізоляційного шару.

РОЗДІЛ 4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Архітектурно-будівельні рішення

4.1.1 Рішення генплану

Ділянка під забудову виділена в м. Вінниця. Вона характеризується наявністю спокійного рельєфу зі схилами південно-західного напрямку і має правильну форму [20].

Генеральним планом передбачається поєднання будівлі, що проектується, з об'ємно-просторовою композицією існуючої забудови. Об'єкт розміщений посередині ділянки, головним фасадом до вулиці Зодчих. Відстань між будинками та спорудами прийнята з дотриманням санітарних та протипожежних норм.

Вертикальне планування ділянки виконано з максимальним збереженням існуючого рельєфу, відведення поверхневих вод передбачено відкритого типу, що здійснюється спланованими площадками, лотками, утвореними проїзною частиною та бордюрами.

Для збереження санітарно-гігієнічних вимог, а також нормального руху транспортних засобів та пішоходів передбачається влаштування асфальтобетонного покриття на проїздах та тротуарах. Навколо будинку планується влаштування асфальтобетонного вимощення шириною 1,5 м.

Архітектурно-планувальне рішення ділянки передбачає впорядковане розміщення зелених насаджень. Запроектовано різновиди деревно-кущових порід, які підібрано у відповідності з природнокліматичними умовами даного регіону, а також квітники.

Основу запроектованого озеленення ділянки складають ландшафтні групи дерев, багаторічні трави, квіти [20].

Ділянка обладнується малими архітектурними формами: лавками, урнами, клумбами із зеленими насадженнями.

Таблиця 4.1 – Показники до генплану

№п/п	Назва показника	Одиниця виміру	Кількість
1	Площа ділянки	га	0,45
2	Площа забудови	м2	529,2
3	Щільність забудови	%	12
4	Площа доріг, проїздів	м2	363,3
5	Площа тротуарів	м2	251,1
6	Площа озеленення	м2	693,65
7	Відсоток озеленення	%	15

Таблиця 4.2 – Відомість елементів озелення

N п/п	Найменування породи і виду насаджень	Вік, років	Кількість	Примітка
1	Ялина звичайна	5	11	Саджанці
2	Горобина звичайна	5	8	Саджанці
3	Кипарис пірамідальний	5	20	Саджанці
4	Квітник		33 м2	Багаторічні квіти
5	Посів багаторічних трав		1867 м2	Газонна трава

4.1.2 Організація рельєфу

Організацію рельєфу ділянки вирішено методом проектних горизонталей з врахуванням природних умов, влаштуванням стоку поверхневих вод та розміщенням під'їзних шляхів.

Вертикальне планування вирішено на генеральному плані в будівлю, під'їздів і підходів до них [20].

Схему організації рельєфу значних територій виконують методом проектних відміток.

Чорні відмітки визначають згідно з топографічним планом інтерполяцією між горизонталями [20]:

$$H_x = H_v + ((H_A - H_v) \cdot 1/L) \quad (4.1)$$

де: H_v – відмітка, нижче лежачої горизонталі;

H_A – відмітка, вище лежачої горизонталі;

L – відстань між горизонталями;

I – відстань від шуканої точки до нижче лежачої горизонталі.

В даному випадку чорні відмітки визначено за допомогою графічного методу.

Планування земної поверхні навколо будинку вимагає зрізання ґрунту в одних місцях та насипання в інших.

Розрахунок червоних відміток кутів будівлі починаємо з кута, де необхідно зрізати 5 см ґрунту.

$$H_{\text{черв.2}} = H_{\text{чорн.мак}} - 0,05 = 258,20 - 0,05 = 258,15 \text{ м.}$$

Інші червоні відмітки розраховують по заданих проектних уклонах.

$$H_{\text{черв}} = H_{\text{черв.попер.}} \pm I \cdot d \quad (4.2)$$

де i - уклон;

d - довжина, ширина будинку.

$$H_{\text{черв1}} = 258,15 - 0,033 \cdot 37,6 = 256,90 \text{ м;}$$

$$H_{\text{черв3}} = 256,9 - 0,000 \cdot 21,385 = 256,90 \text{ м;}$$

$$H_{\text{черв4}} = 256,9 + 0,026 \cdot 38,763 = 257,9 \text{ м.}$$

Перевірка:

$$H_{\text{черв2}} = 257,90 + 0,0087 \cdot 28,885 = 258,15 \text{ м.}$$

Відмітка чистої підлоги першого поверху визначається відносно максимальної червоної відмітки, висота цоколя в цій точці 0,85 м.

$$H_{\pm 0,000} = H_{\text{черв,мак}} + 0,85 = 258,15 + 0,85 = 259,00 \text{ м}$$

Розрахунок висоти цоколя будинку:

$$H_{\text{цок.n}} = H_{\pm 0,000} - H_{\text{черв.n}}$$

$$H_{\text{цок.1}} = 259,00 - 256,9 = 2,1 \text{ м;}$$

$$H_{\text{цок.2}} = 259,00 - 258,15 = 0,85 \text{ м;}$$

$$H_{\text{цок.3}} = 259,00 - 256,90 = 2,1 \text{ м;}$$

$$H_{\text{цок.4}} = 259,00 - 257,90 = 1,1 \text{ м}$$

4.1.3 Об'ємно-планувальні рішення

Основні принципи об'ємно-планувальних рішень прийняті згідно умов майданчика будівництва [20].

Житловий будинок має розміри:

- по довжині – 25,2 м;
- по ширині – 21,0 м.

Кількість поверхів – 9;

Висота поверхів:

- цокольного та першого – 3,3 м;
- другого – 2,4 м;
- решта – 3,0 м.

Висота будівлі складає 31,1 м. Перший поверх заплановано технічним, всі решта - житлові. Житлові поверхи мають різне планування. На типових поверхах розміщено по три двохкімнатні квартири, площами – 67,17 м², 68,11 м² та 69,37 м² та дві трьохкімнатні квартири, площею відповідно 83,99 м² та 86,53 м². Рух людського потоку здійснюється підйомними механізмами (наявні пасажирський та вантажний ліфти), а також сходовою кліткою та коридором.

4.1.4 Архітектурно-конструктивні рішення

Будівля запропонована безкаркасною з несучими зовнішніми і внутрішніми цегляними стінами [21].

Перекрыття і покриття прийнято із збірних З/Б плит і містями монолітні З/Б ділянки.

Запроектовано палеві фундаменти у вигляді кушів паль, оголовки яких об'єднуються монолітними ростверками [21].

Зовнішні стіни та перегородки виконуються із цегли на цементному розчині марки 50.

Зовнішні стіни мають товщину 510 мм, перегородки – 120 мм та 250 мм.

Сходи виконуються із збірних залізобетонних маршів та сходишкових площадок, міжповерхові сходишкові площадки – монолітні.

Утеплюючим матеріалом зовнішніх стін є мінеральна вата.

Вихідні дані:

Район будівництва – м. Вінниця.

Згідно карти-схеми температурних зон України Вінницька область відноситься до 1-ї температурної зони. Нормована величина опору теплопередачі для даної температурної зони згідно [12] становить $R_n=4,0 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$.

Відповідно до табл. 4 [22] м. Вінниця знаходиться в нормальній зоні вологості. Згідно з табл. 3 [22] вологісний режим приміщень нормальний, що для житлових будинків відповідає вологості $\phi=55\%$ і знаходиться в межах $50\% \leq \phi_v \leq 60\%$ внутрішнього повітря при температурі $t_v=20^\circ\text{C}$, що відповідає інтервалу $12^\circ\text{C} \leq t_v \leq 24^\circ\text{C}$. Тому за табл. 2 [22] прийнято умови експлуатації Б.

Термічний опір одношарової конструкції обчислюється за формулою:

$$R=\delta/\lambda; \quad (4.3)$$

де R – термічний опір однорідної конструкції, м;

δ – товщина шару однорідної конструкції;

λ – коефіцієнт теплопровідності Вт/м $^\circ\text{C}$

На рисунку 4.1 представлено схему конструкції стіни.

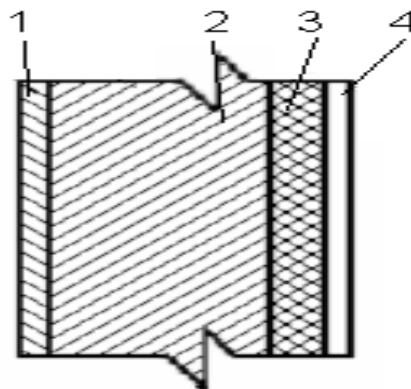


Рисунок 4.1 — Конструктивна схема стіни

- 1- цементно-піщана штукатурка $\delta=15$ мм;
- 2- цегла силікатна марки М200 $\delta=510$ мм;
- 3- утеплювач мінераловатний $\delta=120$ мм;
- 4- штукатурка.

Термічний опір першого шару дорівнює:

$$R_1 = \delta_1 / \lambda_1 = 0,12 / 0,81 = 0,148 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

$$R_2 = \delta_2 / \lambda_2 = \delta_2 / 0,045 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

$$R_3 = \delta_3 / \lambda_3 = 0,25 / 0,81 = 0,308 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

Загальний опір теплопередачі конструкції знаходиться за формулою:

$$R_{\phi} = 1/\alpha_{\text{в}} + \Sigma R_1 + 1/\alpha_{\text{з}}, \quad (4.4)$$

де $\alpha_{\text{в}}$ – коефіцієнт теплосприйняття внутрішньої поверхні огорожуючої конструкції, $\alpha_{\text{в}} = 8,7 (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$;

$\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої конструкції, $\alpha_{\text{з}} = 23 ((\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт})$;

R_1 – термічний опір огорожуючої конструкції.

В якості утеплювача прийнято мінеральну вату [12] (вміст зв'язуючого за масою від 3,5 % до 4,2 %) з коефіцієнтом теплопровідності:

$$\lambda = 0,045 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

Згідно формули 4.4:

$$1/8,7 + 0,148 + \delta_2 / 0,045 + 0,308 + 1/23 = 3,3 (\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}));$$

$$\delta_2 = (3,3 - 0,148 - 1/8,7 - 0,308 - 1/23) \times 0,045 = 0,129 \text{ м}$$

Приймаємо мінераловатні плити товщиною 140 мм.

Загальна товщина стіни без внутрішнього оздоблюючого шару складає:

$$\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 20 + 140 + 510 = 670 \text{ мм}$$

Загальний опір стіни складає:

$$R_{\phi} = 1/8,7 + 0,148 + 0,14/0,045 + 0,308 + 1/23 = 4,426 (\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}))$$

$$R_{\phi} = 4,426 (\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})) > R_{\text{н}} = 4,0 (\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}))$$

Отже, опір теплопередачі даної стінової конструкції забезпечено.

4.1.5 Зовнішнє опорядження

Зовнішнє опорядження виконується відповідно до відомості оздоблення фасадів. Дивись таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Відомість оздоблення фасадів

Елементи	Вид оздоблення	Колір
Цоколь, ганки	Гранітна брекчія	Натуральний колір
Стіни	Лицьова керамічна цегла	Натуральний
Парапети	Ц/п штукатурка	Сірувато-білий, неоднорідний
Огородження салону	Фарбування водо емульсійною фарбою ALPA (Супер-альпакрил)	
Огородження балконів	Силікатна цегла	Жовтий
Зливи вікон	Оцинкована сталь	Натуральний колір

4.1.6 Протипожежні заходи

По відношенню до існуючої забудови будівля розміщена у відповідності з протипожежними нормами. Віддаль між ними складає 21 м. До житлового будинку передбачено під'їзд пожежних машин. Евакуація мешканців будівлі здійснюється сходовою кліткою з надземної частини. Внутрішнє гасіння пожежі передбачається від пожежного стояка, який проходить через всі поверхи і розташовується в загальних коридорах поверхів. В приміщенні спортзалу та в салоні мають бути в наявності вогнегасники ОХП-10.

Проектом передбачена протипожежна сигналізація з встановленням приладу ППС-3 в приміщеннях спортзалу та салону краси, передбачається відключення вентиляційних систем при включенні пожежної сигналізації [23].

Електропроводка виконується дротами в сталевих трубах, кабелями АВВГ, ВВГ в скобах. Також проектом передбачено установку системи оповіщення людей про пожежу і управління евакуацією.

Система забезпечує:

- передачу звукових сигналів;

- трансляцію мовних повідомлень про пожежу;
- передачу в окремі зони будівлі повідомлень про місце пожежі, про шляхи евакуації та дії, які забезпечують особисту безпеку.

Технічні засоби системи складаються із комплекту підсилювачів звуку, та магнітофонів, гучномовців, дзвінків а також засобів керування ними.

4.2 Організаційні рішення

4.2.1 Технологічна карта на монтаж системи навісного вентиляованого фасаду

У цьому розділі розглядається ефективний варіант утеплення фасаду з економічної точки зору, який передбачає використання навісного вентиляованого фасаду. Цей метод утеплення обраний через його оптимальне співвідношення трудомісткості, матеріаломісткості та вартості.

Технологічна карта на утеплення фасаду [24, 25]:

1. Підготовка поверхні:

- Очищення основної стіни від пилу, бруду та інших забруднень.
- Оцінка рівності та стану стіни для визначення потреби в додаткових підготовчих роботах.
- Якщо потрібно, отримати вирівнювання поверхні.

2. Викладання теплоізоляційного шару:

- Використовуються високоякісні утеплювачі, такі як мінеральна вата, пінополістирол або інші матеріали, що мають низький коефіцієнт теплопровідності.
- Теплоізоляційний матеріал кріпиться до основної стінки за допомогою спеціальних кріплень або клеючих сумішей.

3. Монтаж профільної конструкції:

- На утеплювач монтується каркас з алюмінієвих або сталевих профілів.

- Профілі встановлюються вертикально або горизонтально, залежно від проекту, і кріпляться до стіни за допомогою спеціальних кріплень, що забезпечують надійність конструкції.

4. Установка вентильованого приміщення:

- Простір між утеплювачем і облицювальним матеріалом забезпечує вентиляцію, що дозволяє уникнути накопичення вологи і сприяє терморегуляції.

- Вентиляція дозволяє фасаду «дихати», запобігаючи виникненню конденсату і забезпечуючи довговічність матеріалів.

5. Монтаж облицювального матеріалу:

- На каркас монтується облицювання з різних матеріалів, таких як металеві панелі, керамічні плити, камінь, деревина або інші естетичні матеріали, що відповідають вимогам проекту.

- Облицювання має бути не тільки декоративним, але й захистити фасад від впливу атмосферних чинників, таких як дощ, вітер і ультрафіолетове випромінювання.

6. Перевірка та налаштування:

- Після завершення монтажу проводиться перевірка всієї конструкції на стійкість і герметичність.

- Оцінка ефективності вентиляційного простору та забезпечення оптимальних умов для утеплення.

- Переваги навісного вентильованого фасаду:

- Економія на енергоспоживанні завдяки ефективному утепленню.

- Довговічність і надійність за рахунок використання високоякісних матеріалів.

- Захист фасаду від вологи та перегріву завдяки вентиляції.

- Можливість змінювати облицювальні матеріали у разі потреби, зберігаючи функціональність.

Цей метод утеплення є ефективним, економічним та має низьку трудомісткість, що робить його привабливим для використання в сучасному будівництві.

4.2.2 Область застосування

Технологічна карта на монтаж систем навісного вентиляційного фасаду призначена для виконання робіт із утеплення та облицювання фасадів будівель мінераловатними плитами зовнішніх огорожувальних конструкцій. Вона використовується при розробці проекту виробництва робіт (ПВР), проекту організації будівництва (ПОБ) та іншої організаційно-технологічної документації. Вихідними даними є креслення та пояснювальна записка архітектурно-будівельної частини проекту. Технологічна карта виконання робіт при двозмінному режимі роботи в літніх умовах будівництва [24-26].

Далі виконується монтаж профільної конструкції з вертикальних і горизонтальних профілів, що містять облицювальні матеріали. Профілі фіксуються до основної стіни через утеплювальний шар. Після цього укладається геотекстильний шар для фільтрації та захисту утеплювача від механічних уражень [27].

На завершальному етапі монтуються облицювальні панелі або плити, виготовлені з металу, керамограніту, композитних матеріалів тощо. Панелі кріпляться до каркаса за допомогою спеціального кріплення, після чого перевіряється рівність монтажу, герметичність швів і точність встановлення елементів. Фінішні роботи включають обробку фасаду від будівельного оздоблення, встановлення відливів, декоративних накладок та фінішну перевірку якості виконання монтажу фасаду.

Тип фасаду забезпечує ефективне утеплення будівлі, цей захист від атмосферних впливів і покращення естетичної якості будівлі. Водночас, процес монтажу має на увазі використання високоякісних матеріалів, чітке дотримання технологій та стандартів, а також регулярний контроль за виконанням кожного етапу робіт.

4.2.3 Номенклатура робіт

До складу робіт, які розглядаються технологічною картою, входять: монтаж фасадних підйомників і монтаж системи вентильованого фасаду. Основними елементами фасадної системи є несучий каркас, теплоізоляція та вітрогідрозахист, облицювальні стіни та обрамлення завершення фасадного облицювання. Несучий каркас служить основою для всіх елементів фасадної системи, забезпечуючи її стійкість і міцність [28]. Теплоізоляція та вітрогідрозахист забезпечує функцію утеплення та захисту фасаду від впливу зовнішнього середовища, забезпечуючи комфортний мікроклімат у приміщеннях та знижуючи енергетичні витрати. Облицювальні стіни забезпечують естетичну та захисну функцію, а обрамлення завершення фасадного облицювання надає естетичний вигляд та захищає конструкцію від зовнішніх впливів. Фрагмент фасадної системи зображений на малюнку 4.2.

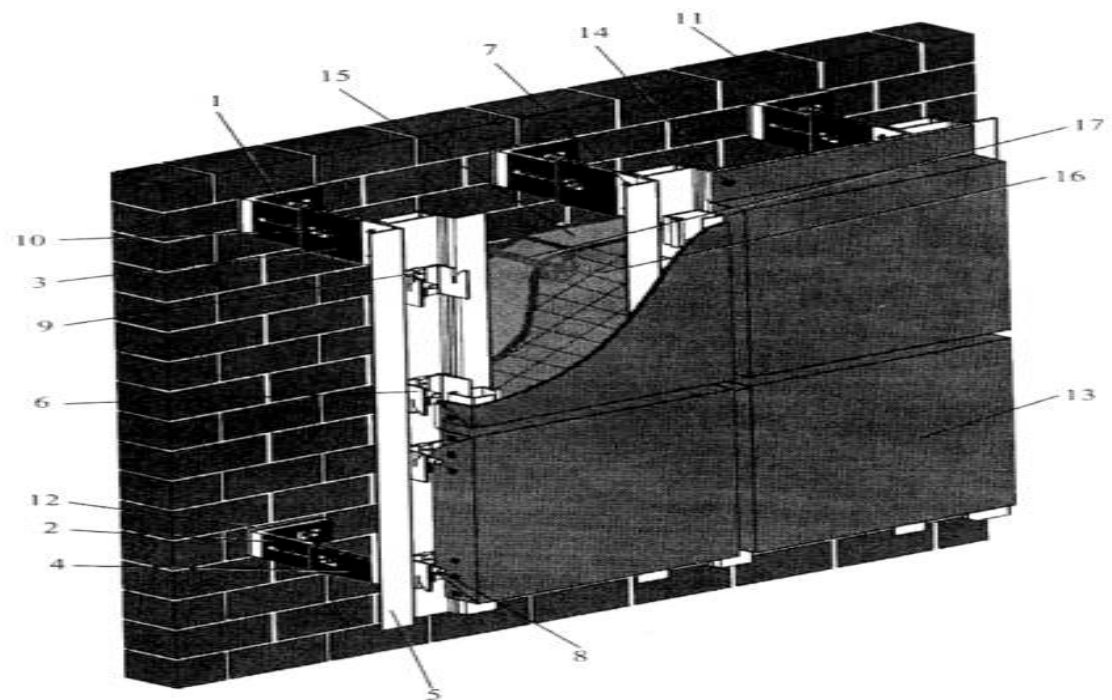


Рисунок 4.2 – Фрагмент фасадної системи

1 - кронштейн несучий - основний несучий елемент каркасу, призначений для кріплення несучого регулюючого кронштейна;

2 - кронштейн опорний - додатковий елемент каркасу, призначений для кріплення опорного регулюючого кронштейна;

3 - несучий регулюючий кронштейн - основний (спільно з несучим кронштейном) несучий елемент каркасу, призначений для «фіксованої» установки вертикальної напрямної (несучого профілю);

4 - опорний регулюючий кронштейн - додатковий (спільно з опорним кронштейном) елемент каркасу, призначений для рухливої установки вертикальної напрямної (несучого профілю);

5 - вертикальна напрямна - довгомірний профіль, призначений для кріплення облицювальної панелі до каркаса;

6 - ковзний кронштейн - елемент кріплення, призначений для фіксування облицювальної панелі;

7 - заклепка витяжна - кріпильний елемент, призначений для кріплення несучого профілю до несучих регулюючим кронштейнів;

8 - гвинт інсталяційний - кріпильний елемент, призначений для фіксації положення ковзних кронштейнів;

9 - гвинт стопорний - кріпильний елемент, призначений для додаткової фіксації верхніх ковзних кронштейнів панелей до вертикальних направляючих профілям щоб уникнути зсуву облицювальних панелей у вертикальній площині;

10 - болт стопорний (у комплекті з гайкою і двома шайбами) – кріпильний елемент, призначений для встановлення основних і додаткових елементів каркаса в проектне положення;

11 - термоізолююча прокладка несучого кронштейна, призначена для вирівнювання робочої поверхні і усунення «містків холоду»;

12 - термоізолююча прокладка опорного кронштейна, призначена для вирівнювання робочої поверхні і усунення «містків холоду»;

13 – мінераловатні плити - в зборі з елементами кріплення. Встановлюються за допомогою ковзних кронштейнів (6) в «розпір» і додатково фіксуються від горизонтального зсуву витяжними заклепками (14) до вертикальних напрямних (5).

15 - теплоізоляція з мінераловатних плит для утеплення фасада;

16 - вітрогідрозахисний матеріал - паропроникна мембрана, що оберігає теплоізоляцію від зволоження і можливого вивітрювання волокон утеплювача;

17 - тарільчастий дюбель для кріплення теплоізоляції і мембрани до стіни будівлі або споруди.

4.2.4 Обґрунтування до схеми організації робіт

До початку виробництва робіт мають бути виконані наступні роботи: робоча зона, а також підходи до неї і прилеглі території, звільняється від будівельних конструкцій, матеріалів, механізмів і будівельного матеріалу – від стіни будівлі до межі зони, небезпечної для перебування людей при експлуатації фасадних підйомників; на будівельному майданчику встановлюють інвентарні мобільні споруди: неопальний матеріально-технічний склад для зберігання елементів вентиляованого фасаду (композитних кузовів або готових до монтажу панелей, утеплювачів, паропроникної плівки, конструктивних елементів несучого каркасу) та майстерню для виготовлення облицювальних панелей та обрамлення завершення фасадного облицювання в будівельних умов; перегляд огляду та оцінку технічного стану фасадних підйомників, засобів механізації, інструменту, їх комплектності та готовності до роботи; у відповідності з проектом виробництва робіт в вихідні на будівництво фасадні підйомники і запускають в роботу; на стіні будівлі відзначають розташування маякових точок анкерування для встановлення несучих і опорних кронштейнів [25-28].

4.2.5 Визначення об'ємів робіт

Використовуючи плани та розрізи будівлі див. графічну частину підраховуємо необхідні площі поверхні утеплення та зводимо в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Площа поверхні утеплення

Поверхня	Головна будівля, м ²	Всього
Фасад 1	2314,7	2314,7
Фасад 2	2314,7	2314,7
Фасад 3	490,7	490,7
Фасад 4	365,2	365,2
Загальна площа, м ²		5485,3

4.2.6 Розбиття об'єкта на захватки і яруси, послідовність виконання робіт

При організації виробництва монтажних робіт площу фасаду будівлі розбивають на вертикальні захвати, в межах яких виконується робота лише ланками монтажників з першим або другим фасадним підйомником. Ширина вертикальної захватки дорівнює довжині робочого настилу люльки фасадного підйомника – 4 м, а довжина вертикальної захватки дорівнює робочій висоті будівлі. Утеплення виконується для кожного фасаду. Налаштування теплоізоляції і вітрогідрозахисту складається з наступних операцій: навішування на стіну через прорізи для кронштейнів плит утеплювача; навішування на теплоізоляційні плити полотнищ вітрогідрозахисної мембрани з перетином 100 мм і тимчасове їх закріплення; висвердлювання через утеплювач і вітрогідрозахисну мембрану отвори в стіні для тарілчастих дюбелів у повному обсязі за об'єктом і встановлення дюбелів [29].

Монтаж теплоізоляційних плит починають з нижнього ряду, який встановлюють на стартовий перфорований профіль і монтують вниз вгору. Плити навішують у шаховому порядку горизонтально поруч одна з одною таким чином, щоб між плитами не було наскрізних щілин. Допустима величина незаповненого шва – 2 мм. Добірні теплоізоляційні плити повинні бути надійно закріплені до поверхні стіни. Для встановлення добрих теплоізоляційних плит їх необхідно підрізати за допомогою ручного інструменту. Ламати плити утеплювача забороняється.

При монтажі, транспортуванні та зберіганні теплоізоляційна мінераловатна плита повинна бути захищена від зволоження, забруднення та механічних пошкоджень. У межах змінної захватки монтаж вентильованого фасаду, що не має вузлів примікань і віконних обрамлень, передбачається в такій технологічній розкладці: розмітка точок анкерування для встановлення несучих і опорних кронштейнів на стіні будівлі; свердління отвори для встановлення анкерних дюбелів; кріплення до стіни несучих і опорних кронштейнів за допомогою анкерних дюбелів; налаштування теплоізоляції і вітрогідрозахисту; кріплення до несучих і опорних кронштейнів регулюючих кронштейнів за допомогою стопорних болтів; кріплення до регулюючих кронштейнів направляючих профілів; встановлення облицювальних панелей.

У межах змінної захватки монтаж вентильованого фасаду, що віконне обрамлення, передбачається в такій технологічній послідовності: розмітка анкерування для встановлення несучих і опорних кронштейнів, а також має точок анкерування для кріплення елементів віконного обрамлення на стіні будівлі; кріплення до стіни елементів підконструкції віконного обрамлення; кріплення до стіни несучих і опорних кронштейнів; налаштування теплоізоляції і вітрогідрозахисту; кріплення до несучих і опорних кронштейнів регулюючих кронштейнів; кріплення до регулюючих кронштейнів направляючих профілів; кріплення віконного обрамлення до напрямних профілів з додатковим кріпленням до рамного профілю; встановлення облицювальних панелей.

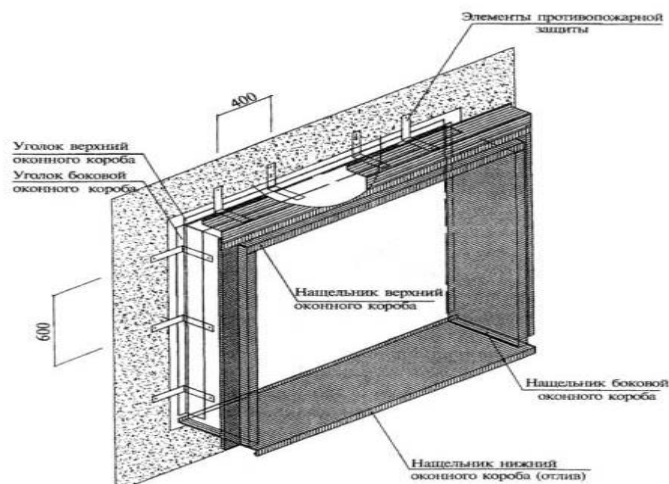


Рисунок 4.3 – Загальний вигляд віконного обрамлення

4.2.7 Калькуляція працевитрат та заробітної плати

Після підрахунку об'ємів робіт визначаємо роботи, які виконуватимуться на нашому об'єкті і розраховуємо працевитрати і заробітну плату. Для складання калькуляції використовуємо ДБНи та РЕКНи України, які є чинними в даний період.

Калькуляцію складаємо за допомогою програми АВК-5 (3.0.6) результатами якої є кошторисні розрахунки приведені в додатку В, та зведені в таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 – Калькуляція працевитрат та заробітної плати

Назва робіт	Шиф. норм.	Од. вим.	Об'єми робіт	Норми на одиницю		На весь об'єм		Розряд Серед. робіт
				Нч люд-год маш-год	Розц. грн-коп	л-зм м-зм	Зпл грн-коп	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Утеплення фасадів мінеральними плитами товщиною 100 мм та оздоблення декоративним розчином по технології CERESIT. Стіни гладкі	ЕД15-266-1	100 м2	6,5364	479,94 0,11	10,69	3137 1	76985	3,0
Перхлорвінілове фарбування фасадів із риштувань з підготовленням поверхні	Е15-156-1	100 м2	6,5364	21,78 0,74	18,18	142 5	6929	3,0

Продовження табл. 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Заповнення віконних прорізів готовими одинарними блоками площею більше 3 м ² з металопластику [виробництва Германия, США] в кам'яних стінах	E10-20-4	100 м ²	1,2650 4	87,22 30,67	1288,96	110 39	81385	3,0
Заповнення віконних прорізів готовими одинарними блоками площею до 3 м ² з металопластику [виробництва Германия, США] в кам'яних стінах	E10-20-3	100 м ²	0,5232 88	102,73 32,02	1361,31	54 17	35887	3,0
Всього:				130,58 1,59	1765,87	58,92 20,087	8413,99	

Технологічний розрахунок виконується на основі даних розрахунків. У другій графі об'єднуються в одній точці всі монтажні роботи, що застосовуються одним потоком із незмінним складом монтажного обладнання та ланки робітників. У всі посилання на пункти розрахунку необхідно включати підсумкові витрати для кожного виду монтажу конструкції з урахуванням допоміжних робіт [26]. Технологічний розрахунок і графік виробництва робіт розроблено і відображено на графічній аркуші даного проекту.

4.2.8 Відомість витрат матеріалів та використання техніки

Потреба в механізмах, обладнанні, інструменті, інвентарі і пристроях наводиться в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Потреба в механізмах, обладнанні, інвентарі і пристроях

№	Найменування	Технічна характеристика	Призначення	Кільк. на ланку
1	2	3	4	5
1	Підйомник фасадний (люлька)	Довжина робочого настилу 4 м, вантажопід. 300 кг, висота підйому до 150 м	Виконання монтажних робіт на висоті	1
2	Отвес, шнур	Маса отвеса 0,4 кг. Довжина шнура 5 м, діаметр 3 мм.	Розмітка захваток, перевірка вертикальності	2
3	Ватерпас	Довжина 1500 мм, 1 верт. и 1 гориз. рівень.	Провірка горизонтальних площин	1
4	Лазерний нівелір	Точність вимірюван. 0,1 мм/м	Вимірювання висот	1
5	Лазерний рівень	Також	Провірка горизонтальних площин	1
6	Дриль	Потужність 1000 Вт. Максимальний діам. свердління отвору в бетоні 20 мм	Свердління отвору в стіні	1
7	Рулетка сталева	Довжина 20 м, маса 0,35 кг	Вимірювання лінійних розмірів	2
8	Викрутка з важільним наконечником	Реверсивно важільна	Загвинчування / відгвинчування гайок, гвинтів, болтів	2
9	Гайковерт ручний	Момент затягування визначається за розрахунком	Загвинчування / відгвинчування гайок, гвинтів, болтів	1
10	Електродріль з насадками для загвинчування	Споживана потуж. 800 Вт, макс. діаметр свердління в бетоні 20 мм, маса 2,5 кг	Свердління отворів і загвинчування болтів	1
11	Ручні клепальні інструменти		Установка заклепок	1
12	Клепальний пістолет акумуляторний	Сила заклепки 8200 Н, маса з акумулятором 2,2 кг	Установка витяжних заклепок	1
13	Ножниці для різання металу (праві, ліві)	Потужність 520 Вт, товщина розрізання алюмінієвого листа до 2,5 мм; праві, ліві, розмір 240 мм	Різання облицювальних панелей	1
14	Молоток		Забивання дюбелів	1
15	Захисні рукавички для укладання теплоізоляції	Спілкові	Безпека праці	2
16	Огородження інвентарних ділянок виробництва робіт		Таке ж	Розміщення по факту
17	Пояс запобіжний		Таке ж	2
18	Каска будівельна	Маса 0,2 кг	Таке ж	2

4.2.9 Розрахунок ТЕП календарного графіка та графіку руху робітників

Оцінка графіку руху робітників

1) Середня кількість робітників

$$R_{\text{сер}} = \frac{Q_{\text{заг.}}}{T_{\text{заг.}}} = \frac{480}{30} = 16 \text{ (люд.)} \quad (4.5)$$

де $Q_{\text{заг}}$ – сумарні трудовитрати по графіку при послідовному виконанні робіт, люд-зм;

$T_{\text{заг}}$ – загальна тривалість робіт на об'єкті, дні.

2) Коефіцієнт нерівномірності руху робітників

$$\alpha_1 = \frac{R_{\text{сер}}}{R_{\text{max}}} = \frac{16}{16} = 1 \Rightarrow 1, \quad (4.6)$$

де R_{max} – максимальна кількість робітників, які працюють на будівництві об'єкту.

3) Коефіцієнт нерівномірності потоку в часі

$$\alpha_2 = \frac{T_{\text{стале}}}{T_{\text{заг}}} = \frac{30}{30} = 1 \Rightarrow 1, \quad (4.7)$$

де $T_{\text{стале}}$ – тривалість робіт (в днях) на графіку, коли працює робочих $R_{\text{сер}}$ та більше.

4) Коефіцієнт нерівномірності потоку по працевитратам

$$\alpha_3 = \frac{Q_{\text{зайве}}}{Q_{\text{заг}}} = \frac{0}{480} = 0 \Rightarrow 0, \quad (4.8)$$

де $Q_{\text{зайве}}$ – працевитрати по графіку вище $R_{\text{сер}}$, (люд-зм.)

4.2.10 Техніко-економічні показники

В цьому підрозділі розраховуємо та наводимо (для даного комплексу робіт) наступні техніко-економічні показники:

1. Тривалість виконання робіт:

$T_{дн} = 30$ днів.

2. Загальна трудомісткість виконання робіт:

$T = 480$ люд.-зм;

$T = 33$ маш.-зм.

3. Трудомісткість розробки 1м^2 утеплення, люд.-зм:

$$T_{од}^n = \frac{T_{заг}^n}{V} = \frac{480}{653,64} = 0,734 \quad (4.9)$$

де: $T_{пзаг} = 480$ люд-зм.

4. Виробіток в зміну:

$$B = V/T_{дн} = 653,64/30 = 21,79 \text{ (м}^2\text{/зм)}, \quad (4.10)$$

Висновок за розділом 4

Розділ 4 демонструє комплексний підхід до архітектурно-будівельного проектування, організації рельєфу, конструктивних рішень та технології монтажу навісного вентиляованого фасаду з використанням композитних плит на основі алюмобонду. Основні результати та висновки:

Проектована будівля гармонійно інтегрується в існуючу забудову м. Вінниця, дотримуючись санітарних, протипожежних та екологічних норм.

Враховано особливості рельєфу, забезпечено ефективне водовідведення та озеленення території.

Об'ємно-планувальні рішення забезпечують функціональність, комфорт та естетичну привабливість будівлі.

Будівля безкаркасна, з несучими цегляними стінами та збірними/монолітними залізобетонними перекриттями.

Утеплення здійснюється мінераловатними плитами, що відповідають вимогам енергоефективності для I температурної зони.

Розрахунки підтверджують відповідність конструкції нормативному опору теплопередачі ($R_f = 4,426 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_n = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$).

Забезпечено евакуаційні шляхи, внутрішнє гасіння пожежі, сигналізацію та систему оповіщення.

Використано негорючі матеріали та передбачено засоби індивідуального захисту.

Детально описано етапи монтажу навісного вентильованого фасаду: підготовка, утеплення, монтаж каркасу, облицювання, перевірка.

Визначено область застосування, номенклатуру робіт, обсяги утеплення ($5485,3 \text{ м}^2$), послідовність виконання та розбиття на захватки.

Розраховано працевитрати, заробітну плату, потребу в техніці та інструменті, а також техніко-економічні показники (тривалість робіт — 30 днів, трудомісткість — 480 люд.-зм, виробіток — $21,79 \text{ м}^2/\text{зм}$).

Розділ 4 підтверджує технічну та економічну доцільність застосування навісного вентильованого фасаду з композитних плит на основі алюмобонду. Проєкт відповідає сучасним вимогам енергоефективності, довговічності, пожежної безпеки та архітектурної виразності. Раціональне планування, точні розрахунки та дотримання нормативів забезпечують високий рівень реалізації проєкту в умовах сучасного будівництва.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Технологічне порівняння зовнішніх огорожувальних іконструкцій виконано в другому розділі. Впровадження композитних плит на основі алюмобонду у навісні фасадні системи розглянуто в третьому розділі. Для цих розглянутих конструкцій в даному розділі виконуємо економічне порівняння [30].

Представлено три варіанта для порівняння:

1 варіант – улаштування композитних плит на основі алюмобонду у навісні фасадні системи;

2 варіант – зовнішнє утеплення плитами з мінераловатної плити «ROCKWOOL ФАСАД БАТТС»

3 варіант – система навісного фасаду з облицюванням керамогранітними плитами розміром 600х600 мм та товщиною 10 мм.

Кошторисний розрахунок утеплення стін виконуємо за допомогою програмного комплексу Будівельні технології (таблиця 5.1-5.3) на 100 м².

Для розрахунку вартості робіт дотримувалися [30].

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітна плата будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатації будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загальновиробничих витрат.

Прямі витрати (ПВ) враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій.

Загальновиробничі витрати (ЗВВ) – це витрати будівельно-монтажної організації, які входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт. Усі затрати, які відносяться до ЗВВ, згруповані в три групи.

Таблиця 5.1 - Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 1

ОСНОВА:
креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість	281.643 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість	0.28548 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата	23.017 тис. грн.
Середній розряд робіт	4.2 розряд

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслуговуванням машин	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КБ15-79-2	Улаштування систем термофасадів, що вентилуються, з облицюванням фасадною керамічною плиткою з риштувань	100 м2 поверхні опорядження	1.0	122179.65	759.99	122180	18958	760	247.0700	247.07
					18957.68	530.01			530	7.8221	7.82
	ТСО-4-2	Витрати труда робітників-будівельників розряду 4,2	люд.год	247.07	76.73	18957.68	18957.68				
				247.07							
	КБМ202-970	Кран переносний, вантажопідйомність 1 т	маш.год	2.63	80.35	80.35	211.32	211.32			
				2.63					70.71	185.97	1.0200
	КБМ203-101	Автовантажувачі, вантажопідйомність 5 т	маш.год	0.08	532.74	532.74	42.62	42.62	8.28	1.3900	0.1112
				0.08					103.48	506.05	506.05
	КБМ233-1400	Верстат каменерізний універсальний	маш.год	4.53	111.71	111.71	506.05	506.05			
				4.53					74.12	335.76	1.1100
КБМ270-119	Шуруповерти	маш.год	31.25	1.58		49.38					
			31.25								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	КБМ270-135	Перфоратори електричні	маш.год	12.76	2.08		26.54				
				12.76							
	П2016-2169	Свердла алмазні, діаметр 10 мм	шт	0.046	1200.00		55.20				
				0.046							
	П2016-2183	Шайби	шт	316.0	21.00		6636.00				
				316.0							
	П2016-3032	Термоізоляційні плити скловолокнисті, товщина 100 мм	м2	105.0	471.00		49455.00				
				105.0							
	П2016-3033	Кронштейни 100x60 мм	шт	316.0	17.00		5372.00				
				316.0							
	П2016-3034	Дюбелі фасадні 12x80 мм	шт	316.0	12.00		3792.00				
				316.0							
	П2016-3035	Несучий сталевий оцинкований профіль 45x45 мм, товщина 0,8-1,0 мм	м	222.0	33.00		7326.00				
				222.0							
	П2016-3036	Монтажний сталевий оцинкований профіль, товщина 0,55-0,7 мм, довжина 3 м	м	401.0	35.00		14035.00				
				401.0							
	П2016-3037	Гвинти самонарізні 6,3x19 мм	шт	400.0	5.43		2172.00				
				400.0							
	П2016-3038	Гвинти самонарізні 4,8x13 мм	шт	1500.0	4.19		6285.00				
				1500.0							
	П2016-3039	Жерсть оцинкована лакована біла, товщина 0,5 мм	м2	22.54	322.00		7257.88				
				22.54							
	С126-1211	Алюмінієва композитна панель	м2	100.0	1486.59		148659				
Разом прямих витрат по кошторису							270839	18958	760		247.07
									530		7.82
Разом прямі витрати						грн.	270839				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів і комплектів						грн.	251121				
вартість ЕММ						грн.	760				
в т.ч. заробітна плата в ЕММ						грн.		530			
заробітна плата робітників						грн.		18958			
всього заробітна плата						грн.		19488			
Загальновиробничі витрати						грн.	10804				
трудомісткість в загальновиробничих витратах						люд-г					30.59

Будівельні Технології: Кошторис 8.3 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		заробітна плата в загальноновиробничих витратах				грн.		3529			
		Всього по кошторису				грн.	281643				
		Кошторисна трудомісткість				люд-г					285.48
		Кошторисна заробітна плата				грн.		23017			

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Керівник проєктної
організації

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Разом прямі витрати				грн.	129976				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	96451				
		заробітна плата робітників				грн.		33525			
		всього заробітна плата				грн.		33525			
		Загальновиробничі витрати				грн.	18090				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах				люд-г					50.14
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		5794			
		Всього по кошторису				грн.	148066				
		Кошторисна трудомісткість				люд-г					468.00
		Кошторисна заробітна плата				грн.		39319			

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Керівник проєктної
організації

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Таблиця 5.3 - Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи №3

на

З система навісного фасаду з облицюванням керамогранітними плитами розміром 600х600 мм та товщиною 10 мм

(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:
креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість207.613 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість0.93283 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата75.301 тис. грн.
Середній розряд робіт4.2 розряд

Складений в поточних цінах станом на 2024 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслуговуванням машин	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
					заробітної плати	в тому числі заробітної плати			в тому числі заробітної плати		
										на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КБ15-78-1	Утеплення фасадів мінеральними плитами товщиною. Стіни гладкі	100 м2 поверхні опорядження	1.0	63619.93	-	63620	33525	-	417.8600	417.86
					33524.91	-			-		
2	Ц1-245	Ceresit СТ 19 Грунтівка адгезионна Бетонконтакт (пласт.ведро 15 кг)	кг	17.0	62.39		1061				
3	C1555-4	Суміш клеюча суха	кг	1200.0	17.68		21216				
4	C1600-57	склосітка	м2	115.0	23.79		2736				
5	Ц1-228	Дюбель для кріплення теплоізоляційних плит	100шт	8.0	189.22		1514				
6	КБ15-20-1	Зовнішнє облицювання керамогранітними плитами розміром 600х600 мм та товщиною 10 мм	100 м2 поверхні облицювання	1.0	82123.58	66.58	82124	30189	67	414.5200	414.52
					30189.49	39.30			39		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Разом прямих витрат по кошторису					172271	63714	67		832.38
									<u>39</u>		<u>0.51</u>
		Разом прямі витрати				грн.	172271				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	108490				
		вартість ЕММ				грн.	67				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		39			
		заробітна плата робітників				грн.		63714			
		всього заробітна плата				грн.		63753			
		Загальновиробничі витрати				грн.	35342				
		трудоємність в загальновиробничих витратах				люд-г					99.94
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		11548			
		Всього по кошторису				грн.	207613				
		Кошторисна трудоємність				люд-г					932.83
		Кошторисна заробітна плата				грн.		75301			

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірів

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Керівник проєктної
організації

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Результати порівняння варіантів наведені в таблиці 5.4.

Всі вищенаведені показники, окрім первісної вартості і-тої машини та нормативної тривалості роботи машини за рік, узяті з локальних кошторисів. При порівнянні варіантів приймається той варіант, який має мінімальне значення приведених витрат.

Розрахунок виконується за такою формулою

$$P_v = K_v + \sum_{i=1}^t C_i \cdot (1 + E_m)^i, \quad (5.1)$$

де P_v – приведені витрати, грн.;

C_i – річні витрати на ремонт у відповідні роки, грн/рік;

t – термін функціонування основних фондів, років;

K_v – обсяги інвестицій у будівництво об'єкта, грн.

E_m – дисконтна ставка приведення різночасових витрат, $E_m = 0,25$.

Розглянуті варіанти мають особливості в експлуатації, мають різні терміни експлуатації. Кароїд і плитка більш схильні до фізичних пошкоджень і це передбачено в розрахунках приведених витрат.

Таблиця 5.4 – Порівняння варіантів

Показники	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
1	2	3	4
Прямі витрати, тис. грн.	270,839	129,976	172,271
Кошторисна трудомісткість, тис. люд.-год.	0,285	0,468	0,932

Продовження табл. 5.4

1	2	3	4
Кошторисна заробітна плата, тис. грн.	23,017	39,319	75,301
Загальновиробничі витрати, тис. грн.	10,804	18,09	35,342
Усього за кошторисом, тис. грн.	281,643	148,066	207,613
Обігові кошти, тис. грн.	63,86	37,02	69,20
Основні виробничі фонди, тис. грн.	4,236	3,034	1,979
Річні витрати на ремонт, тис. грн.	21,12	106,23	98,12
Показник приведених витрат, тис. грн.	302,763	254,296	305,733
Економічний ефект, тис. грн.	48,467		

Висновок за розділом 5

В даному розділі виконано техніко-економічне порівняння утеплення стін. Для трьох варіантів розроблений локальний кошторис за допомогою програмного комплексу Будівельні технології. В кошторисних документах визначена кошторисна вартість виконання робіт, з урахуванням заробітної плати, вартості матеріалів, вартості експлуатації машин та трудовитрат. Усі загальні витрати зведені в порівняльну таблицю, в якій пораховані приведені витрати. Приведені витрати враховують в своєму складі майбутню вартість експлуатації та ремонт стін. Кошторисна вартість першого варіанту дорожча із усіх варіантів за рахунок використаного матеріалу для оздоблення – композитних плит на основі алюмобонду. Для варіанту утеплення стін мін ватою із оздобленням кароїду та утеплення стін мін ватою із оздобленням керамічною плиткою експлуатаційні витрати становлять більше ніж для варіанту вентильованого фасаду із оздобленням композитних плит.

Порівнюючи кожний варіант із таблиць 6.4 ми бачимо, що найбільш економічним є 1 варіант застосування системи вентиляованого фасаду з використанням композитних плит на основі алюмобонду. Кошторисна вартість на влаштування 100 м² становить – 281,643 тис. грн., кошторисна трудомісткість – 0,285 тис. люд-год., приведені витрати – 281,643 тис. грн.

ВИСНОВКИ

Згідно поставлених задач:

1. Вивчити властивості та технічні характеристики алюмобонду для огорожувальних конструкцій.

Завдання виконано. У процесі дослідження проаналізовано фізико-механічні характеристики алюмобонду, зокрема його легкість, міцність, стійкість до корозії та тривалий термін експлуатації. Встановлено, що багатошарова структура алюмобонду, яка складається з полімерного сердечника та алюмінієвих обшивок, забезпечує високу ефективність матеріалу для огорожувальних конструкцій.

2. Проаналізувати методи кріплення та оздоблення композитними плитами з урахуванням архітектурних і функціональних вимог.

Завдання виконано. Проведено аналіз основних методів кріплення композитних плит, зокрема касетного та кляммерного способів монтажу, які відповідають вимогам швидкості виконання робіт, надійності конструкції та сучасного архітектурного вигляду будівлі. Встановлено, що використання вентилярованих фасадних систем дозволяє забезпечити циркуляцію повітря, запобігти утворенню конденсату та оптимізувати теплові характеристики будівлі.

3. Запропонувати енергоефективні рішення щодо використання алюмобонду в сучасному будівництві.

Завдання виконано. Запропоновано застосування вентилярованих фасадів з композитними плитами на основі алюмобонду, що забезпечують високі показники енергоефективності. Завдяки створенню повітряного прошарку між стіною та облицюванням знижуються тепловтрати, що сприяє зменшенню енергоспоживання будівлі. Техніко-економічний аналіз

підтвердив доцільність використання алюмобонду у порівнянні з іншими утеплювальними рішеннями.

4. Запропонувати ефективну, архітектурно виразну, багат шарову конструкцію структурної плити з алюмобонду та утеплювача для її подальшого використання у практиці оздоблення фасадів будівель.

Завдання виконано. Розроблено конструкцію вентиляваного фасаду, що складається з багат шарової системи: утеплювача (мінеральної вати) та композитних плит на основі алюмобонду. Запропонована система поєднує естетичну виразність, раціональне використання ресурсів та енергоефективність. Техніко-економічне порівняння підтвердило переваги даної конструкції за критеріями кошторисної вартості, трудомісткості та приведених витрат на довгострокову експлуатацію.

Таким чином, усі поставлені задачі дослідження виконано. Запропоновані рішення демонструють високий рівень технічної ефективності та економічної доцільності використання алюмобонду у вентиляваних фасадних системах. Розроблені конструктивні пропозиції є практичними для впровадження у сучасному будівництві, сприяючи підвищенню енергоефективності, довговічності та архітектурної виразності будівель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вознюк В. А. Використання адаптивних фасадів для зниження енерговитрат у сучасних будівлях [Електронний ресурс]/ В. А. Вознюк, В. М. Андрухов, // Матеріали LIV Всеукраїнської науково-технічної конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2025), Вінниця, 24-27 березня 2025 р. Електрон. текст. дані. 2025. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2025/paper/view/24501/20408>
2. Гасій Г. М. Технологічні та конструктивні особливості плоских стрижневих елементів з використанням композитного залізобетону // Металургійна та гірнича промисловість. 2014. № 4. Стор. 23–25. Режим доступу: <http://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/5.2014.pdf>. [Дата звернення: 12 грудня 2024].
3. Маланюк В. Ніздрюватий бетон. Можливості та перспективи ефективного стінового матеріалу. ДП УКРНДПІЦИВІЛЬБУД, 2024. URL: <https://civilbud.com.ua/index.php/articles/budivelni-materialy-ta-sumishi/304-nizdryuvatij-beton-mozhливosti-ta-perspektivi-efektivnogo-stinovog-materialu>. [Дата звернення: 12 грудня 2024].
4. Лабай В., Верещинська Г. Спосіб улаштування внутрішньої теплоізоляції зовнішніх захисних конструкцій приміщення // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. 2023. Вип. 47. Національний університет «Львівська політехніка», Львів. С. 6–17. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2023/nov/32055/vse-18-26.pdf>. [Дата звернення: 12 грудня 2024].
5. Дудар І.Н., Швець В.В., Максименко М.А. Експлуатація утеплювачів з невентильованими повітряними прошарками та енерговідбиваючими екранами // Сучасні технології, матеріали і конструкції в

будівництві. 2022. № 2. С. 6–11. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/36614?show=full>. [Дата звернення: 12 грудня 2024].

6. ДСТУ Б В.2.6-34:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги. [Чинний від 2009-06-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 16 с. (Національні стандарти України).

7. Попов В.О., Цісавий О.М., Степанюк С.В. Ефективні системи утеплення типу «бетоль» та «веліт» для фасадів безкаркасних житлових будівель [Електронний ресурс] // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Інноваційні технології в будівництві» (2024), Вінниця, 20–22 листопада 2024 р. Електрон. текст. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2024/paper/view/22542/18645>. [Дата звернення: 12 грудня 2024].

8. Офіційний сайт компанії «Веліт». Електронні текстові дані. Режим доступу: <https://velit.ua/gallery/>. [Дата звернення: 12 грудня 2024].

9. Єрмоленко Д.А. Об'ємний напружено-деформований стан трубобетонних елементів: монографія. Полтава: Видавець Шевченко Р.В., 2012. 316 с.

10. Клімов Ю.А., Солдатченко О.С., Орешкін Д.О. Експериментальні дослідження зчеплення композитної неметалевої арматури з бетоном. URL: http://www.frp-rebar.com/frp-rebar_test_adhesion_concrete.html. [Дата звернення: 12 грудня 2024].

11. Bradberry, T. E. 2001. "Concrete Bridge Decks Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer Bars," Transportation Research Record, 1770, pp. 94-104. Decks Reinti 720. pp. 154-155.

12. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель [Чинний від 2021-05-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2021. 30 с.

13. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного

матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2013-01-01]. Київ : Мінрегіон України, 2013. 52 с.

14. Чапюк О.С., Кислюк Д.Я., Гришкова А.В. Дослідження дотичних напружень зчеплення склокомпозитних і металевих арматурних стержнів з важким бетоном. Ресурсозберігаючі матеріали, конструкції, будівлі та споруди. 2019. 37. С. 240-247.

15. Porter, M.L., B. Barnes, B. Hughes, and K. Viswanath. 1993. Non-Corrosive Tie Reinforcing and Dowel Bars for Highway Pavement Slabs, Final Report. HR-343 Submitted to Highway Division of the Iowa Department of Transportation and Iowa Highway Research Board. Iowa State Univer, Engineering Research Institute, Ames, IA.

16. Porter, M. L., and Guinn, Robert. 2002. "Assessment of Highway Pavement Slab Dowel Bar Research". Final Report No. HR-1080. Submitted to Iowa Highway Research Board, Center for Transportation Research and Education, Iowa State University.

17. J. Choi, H.L. Chen, Design Consideration of GFRP-Reinforced CRCP, in: ACI SP-215, F. Appl. FRP Reinforcement Case Stud., 2003: pp. 139-158.

18. Wei Han, Yujing Jiang, Yuan Gao and Dairiku Koga Study on "Design of Tunnel Lining Reinforced by Combination of PCM Shotcrete and FRP Grid Technique", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 570, China Rock 2020 23-26 October 2020, Beijing, China

19. Guo R., Pan Y., Cai L.H., Hino SC., 2018. Study on design formula of shear capacity of RC beams reinforced by CFRP grid with PCM shotcrete method. Engineering Structures. 166, pp 427–40.

20. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. [Чинний від 2019-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2019. 179 с.

21. ДБН В.1.2.-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. [Чинний від 2007-01-01]. Київ : Мінбуд України, 2006. 59 с. (Система

забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів).

22. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с. (Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі).

23. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинний від 2011-06-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 71 с. (Конструкції будинків і споруд).

24. Дудар І.Н., Прилипко Т.В., Потапова Т.Е. Довідник нормативно-технічних даних для проектів виконання комплексу робіт по зведенню надземної частини будівель та споруд: учеб. видання. Вінниця : ВНТУ, 2006. 114 с.

25. ДБН Г.1-5-96. Будівельна техніка, оснастка, інвентар та інструмент. [Чинний від 1996-01-09]. Вид. офіц. Київ : Держкоммістобудування України, 1997. - 161 с. – (Нормативна база оснащення будівельних організацій (бригад) засобами механізації, інструментом і інвентарем).

26. ДСТУ Б Д.2.7-1:2012. Ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин та механізмів. Зміна №2. [Чинний від 2014-01-01]. - Київ : Мінрегіон України, 2013. 239 с.

27. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Бетонні та залізобетонні конструкції збірні (Збірник 7) [Чинний від 2023-02-22]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2023. 216 с.

28. ДБН Д.2.2-8-99. РЕКН на будівельні роботи. "Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Конструкції із цегли і блоків (Збірник 8) [Чинний від 2000-01-01]. - Київ: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики, 2000. 101 с. (Державні стандарти України).

29. Порядок виконання підготовчих та будівельних робіт. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 13 квітня 2011 р. № 466 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 26 серпня 2015 р. № 747) К: Держбуд України, 2015. 28 с. (Національні стандарти України).

30. ДСТУ Б Д 1.1.1-2013. Правила визначення вартості будівництва. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 97 с

ДОДАТКИ

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Використання адаптивних фасадів для зниження енерговитрат у житлових будинках

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра БМГА, ФБЦЕІ, гр. Б-23м
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 16,13 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

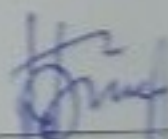
Експертна комісія:

Бікс Ю. С. доцент, гарант ОП

(прізвище, ініціали, посада)

Швець В. В. доцент, зав.каф. БМГА

(прізвище, ініціали, посада)



(прізвище, ініціали)



(прізвище, ініціали)

Блащук Н. В.

(прізвище, ініціали)

Особа, відповідальна за перевірку



(підпис)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

(підпис)

Андрухов В.М., доц.

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач

(підпис)

Вознюк В.А.

(прізвище, ініціали)

Додаток Б – Відомість графічної частини

Лист	Зміст листа
Лист №1	Актуальність, мета, задачі, предмет дослідження, об'єкт дослідження, наукова новизна
Лист №2	Загальна характеристика композитних матеріалів, властивості композитних матеріалів, поняття про композитні матеріали, основні типи композитів
Лист №3	Опис алюмобонду, переваги використання алюмобонду, застосування формування фасадів, вентильовані фасадні системи
Лист №4	Характеристика енергоефективних фасадів, оцінка ефективності фасадних систем, основні результати дослідження, рекомендації щодо подальших досліджень
Лист №5	Аналіз енергоефективності фасадних систем: підходи та інновації
Лист №6	Схема кріплень алюмобондових сендвіч панелей
Лист №7	Висновки по науковій частині
Лист №8	Фасад 1-5, фасад 5-1, план поверху на відмітці +0,300, план поверху на відмітці +5,700 - +23,700, фасад Г-А, ТЕП
Лист №9	Розріз 1-1, вузол 1, вузол 2
Лист №10	Графік виконання робіт, графік руху робітників, схема утеплення кута будівлі, схема кріплення мінераловатних плит до стіни, схема фасадного підйомника, схема руху фасадного підйомника по плоскій покрівлі, вказівки з техніки безпеки, вказівки до якості робіт, ТЕП.

АКТУАЛЬ- НІСТЬ	→ Сучасне будівництво комерційних будівель вимагає не лише функціональності, але й естетичності та високої енергоефективності. У цьому контексті інноваційні композитні матеріали, зокрема алюмобонд, залишаються незамінними для оздоблення огорожувальних конструкцій. Використання забезпечує не лише привабливий зовнішній вигляд, але й значне зниження їх енергетичних витрат завдяки високим характеристикам теплозахисту, стійкості до кліматичних впливів та довговічності. Враховуючи тенденції розвитку будівельної галузі, застосування таких матеріалів дозволяє підвищити ефективність будівель та створити комфортні умови для їх використання.
МЕТА	→ Виконати ґрунтовний науковий аналіз методів використання композитних структурних плит з алюмобонду та утеплювача для енергоефективного оздоблення огорожувальних конструкцій комерційних будівель із розробкою рекомендацій щодо раціонального використання цих плит та підвищення їх ефективності.
ЗАДАЧІ	→ · Вивчити властивості та технічні характеристики алюмобонду для огорожувальних конструкцій. · Проаналізувати методи кріплення та оздоблення композитними плитами з урахуванням архітектурних і функціональних вимог. · Запропонувати енергоефективні рішення щодо використання алюмобонду в сучасному будівництві. · Запропонувати ефективну, архітектурно виразну, багат шарову конструкцію структурної плити з алюмобонду та утеплювача для її подальшого використання у практиці оздоблення фасадів будівель.
ОБ'ЄКТ	→ Інноваційні композитні плити на основі алюмобонду для оздоблення огорожувальних конструкцій.
ПРЕДМЕТ	→ Технології монтажу та застосування алюмобонду для забезпечення високої енергоефективності та естетики комерційних будівель.
НОВИЗНА	→ У дослідженні пропонуються інноваційні підходи до застосування алюмобонду, які забезпечують не лише поліпшення теплотехнічних характеристик будівель, але й підвищення їхньої експлуатаційної надійності та естетичної привабливості. Запропоновано ефективне конструктивне рішення фасадної сендвіч-панелі з лицьовим елементом з алюмобонду, яке може бути застосоване у практиці будівництва.



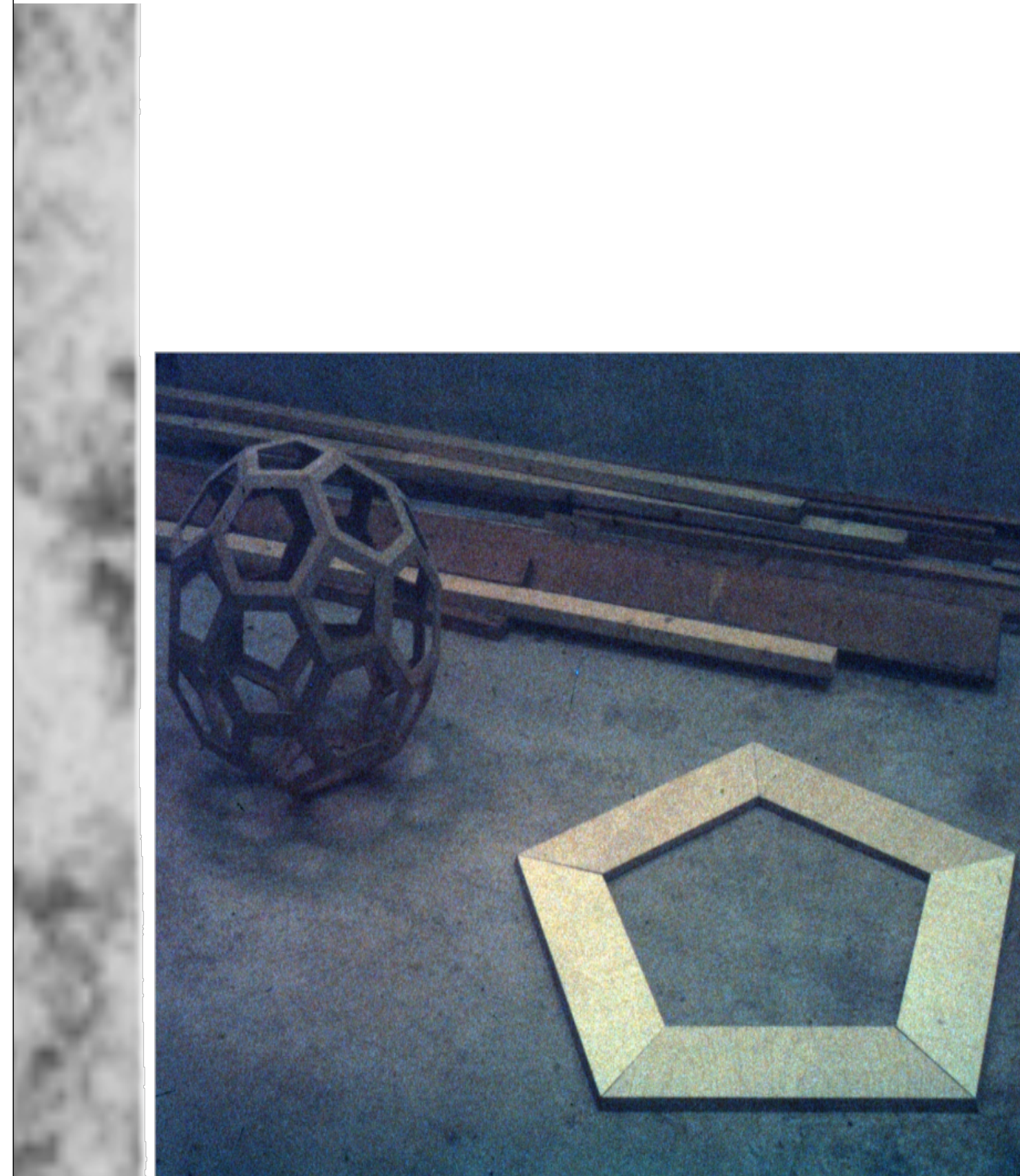
Загальна характеристика композитних матеріалів

Композитні матеріали складаються з двох або більше елементів, що забезпечує їм унікальні властивості в різних застосуваннях.



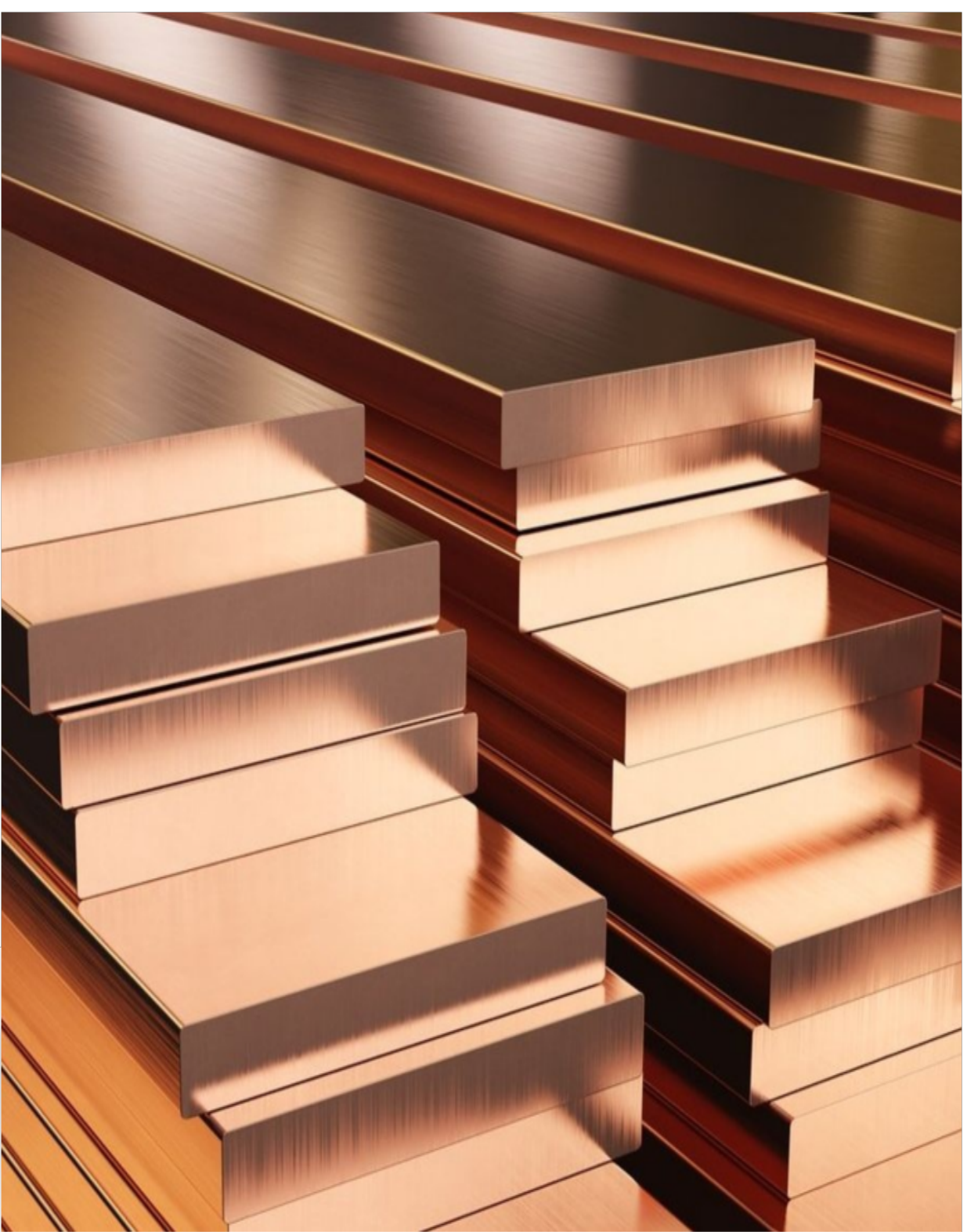
Поняття про композитні матеріали

Композитні матеріали (КМ) - це комбінація двох або більше фізичних елементів, які разом формують новий матеріал з поліпшеними характеристиками. Вони виготовляються шляхом поєднання компонентів, які не розчиняються один в одному, але взаємодіють на рівні, що дозволяє досягти значного підвищення якості готового виробу.



Властивості композитних матеріалів

Основні властивості композитних матеріалів включають високу міцність, легкість, стійкість до корозії, а також можливість налаштування їхніх характеристик. Завдяки цим властивостям, композити широко використовуються в будівництві, авіації та автомобілебудуванні.



Основні типи композитів

Види композитних матеріалів варіюються від полімерних до металевих та керамічних. Кожен тип відрізняється своїми механічними властивостями, що впливають на їх використання в різних галузях, зокрема в будівництві.

Опис алюмобонду

Алюмобонд складається з двох алюмінієвих листів, які обрамляють поліетиленовий чи інший пластиковий модуль. Завдяки своїй будові, він поєднує чудову жорсткість та легкість, що робить його ідеальним для використання в сучасному будівництві.



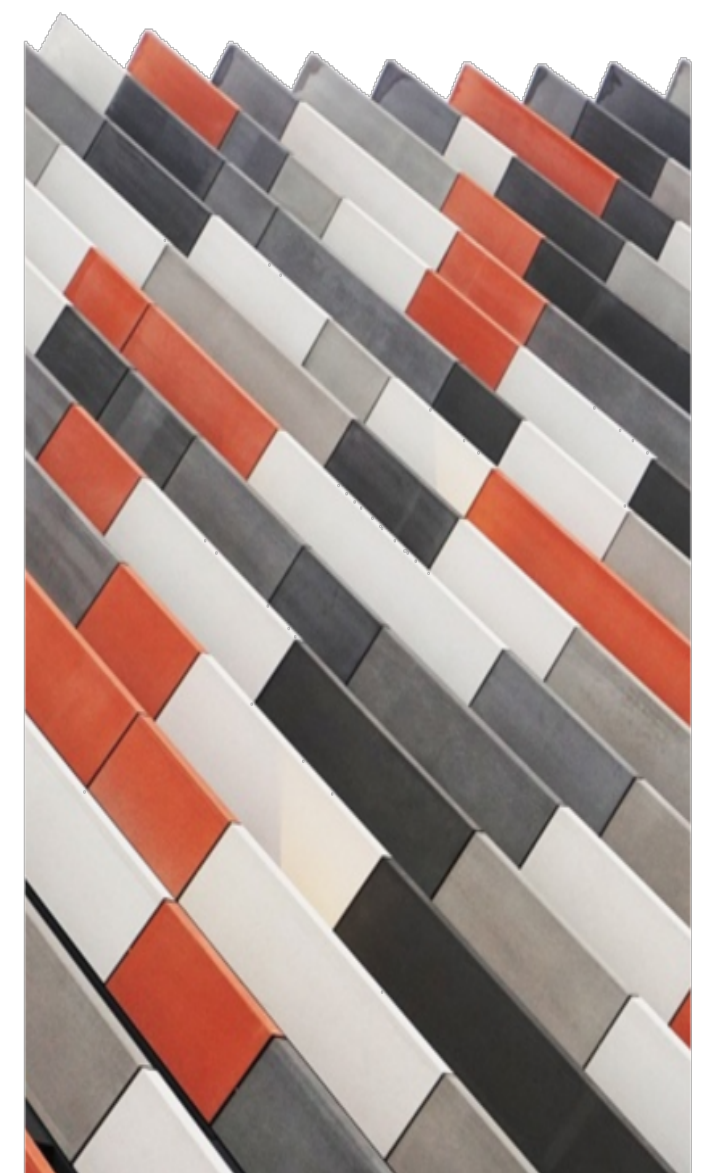
Переваги використання алюмобонду

Алюмобонд має численні переваги, серед яких відзначаються легкість, простота монтажу, а також висока стійкість до погодних умов. Цей матеріал також забезпечує звуко- та теплоізоляцію, що є критично важливими для комерційних будівель.



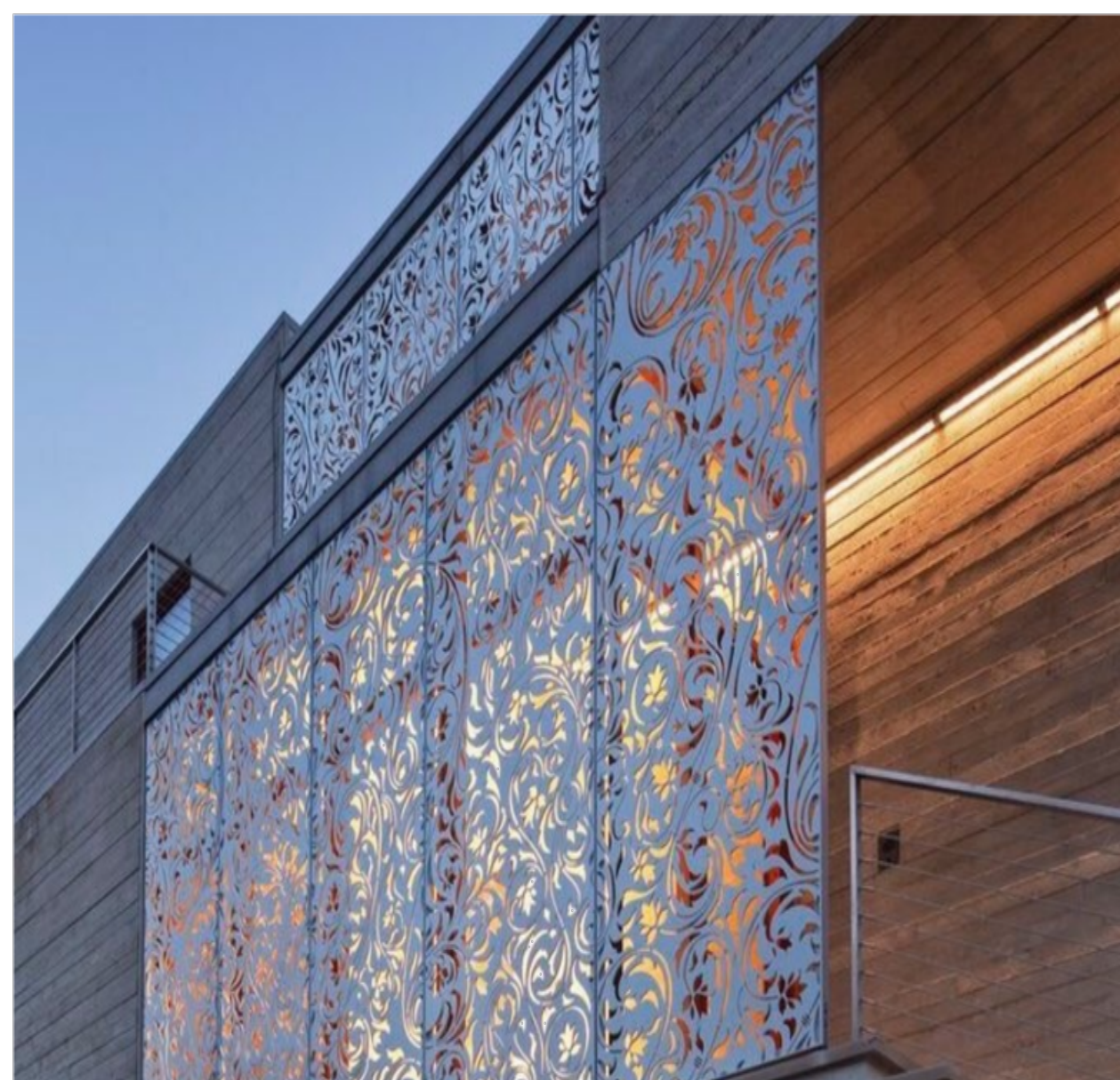
Вентильовані фасадні системи

Вентильовані фасади з алюмобонду забезпечують ефективний повітряний обмін, що допомагає підтримувати комфортну температуру і зменшувати енергетичні витрати. Такі системи виявились критичними для підвищення енергоефективності сучасних будівель.



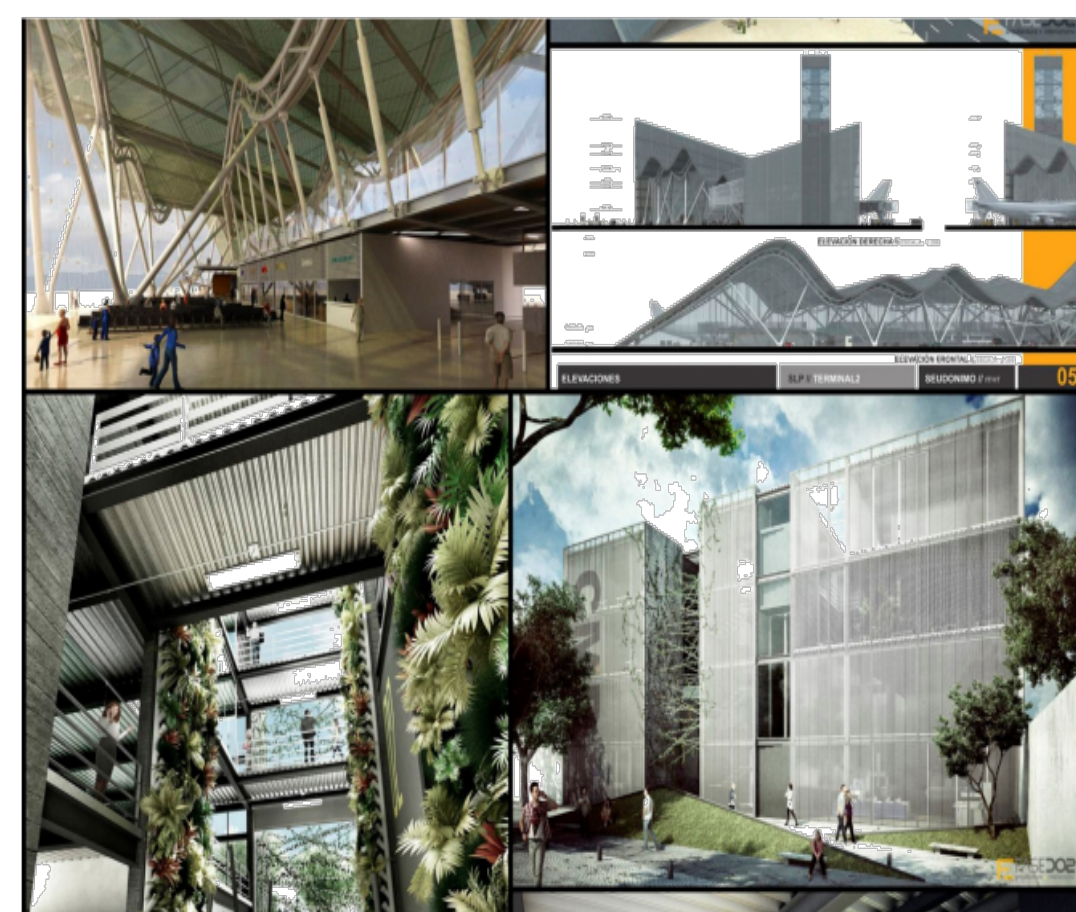
Застосування формування фасадів

Алюмобонд широко застосовується для облицювання фасадів завдяки своїй естетичній привабливості та різноманіттю кольорів. Він не лише прикрашає будівлі, але й покращує їхні енергетичні характеристики за рахунок теплоізоляції.



Характеристики енергоефективних фасадів

Енергоефективні фасади повинні бути спроектовані з урахуванням високих теплоізоляційних характеристик та стійкості до температурних коливань. Використання сучасних матеріалів, таких як композитні плити, забезпечує оптимізацію теплопередачі і зменшує тепловтрати.



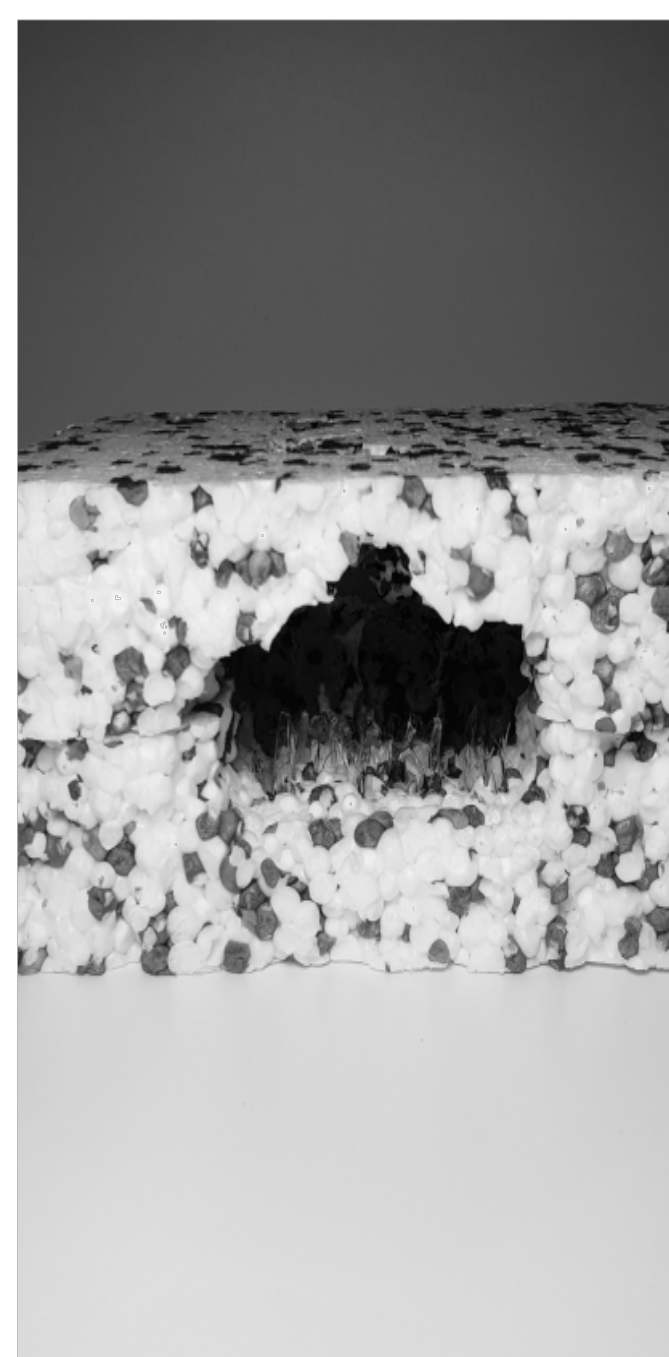
Оцінка ефективності фасадних систем

Оцінка енергоефективності фасадних систем включає аналіз теплових втрат, стисло рекомендовані нормативи, та впровадження нових енергозберігаючих технологій. Результати вимірювань і розрахунків повинні відповідати енергетичним стандартам і рекомендаціям, що підтверджує їх ефективність.



Основні результати дослідження

Дослідження показали, що композитні матеріали, зокрема алюмобонд, забезпечують довговічність, високу міцність та легкість. Результати підкреслюють важливість інноваційних рішень для підвищення витривалості будівель.



Рекомендації щодо подальших досліджень

Необхідні подальші дослідження для вдосконалення технологій виробництва композитів. Важливо також проводити оцінку їх впливу на екологію та життєвий цикл матеріалів.



АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ФАСАДНИХ СИСТЕМ: ПІДХОДИ ТА ІННОВАЦІЇ

Перший варіант - система навісного фасаду з облицюванням керамогранітними плитами розміром 600х600 мм та товщиною 10 мм.

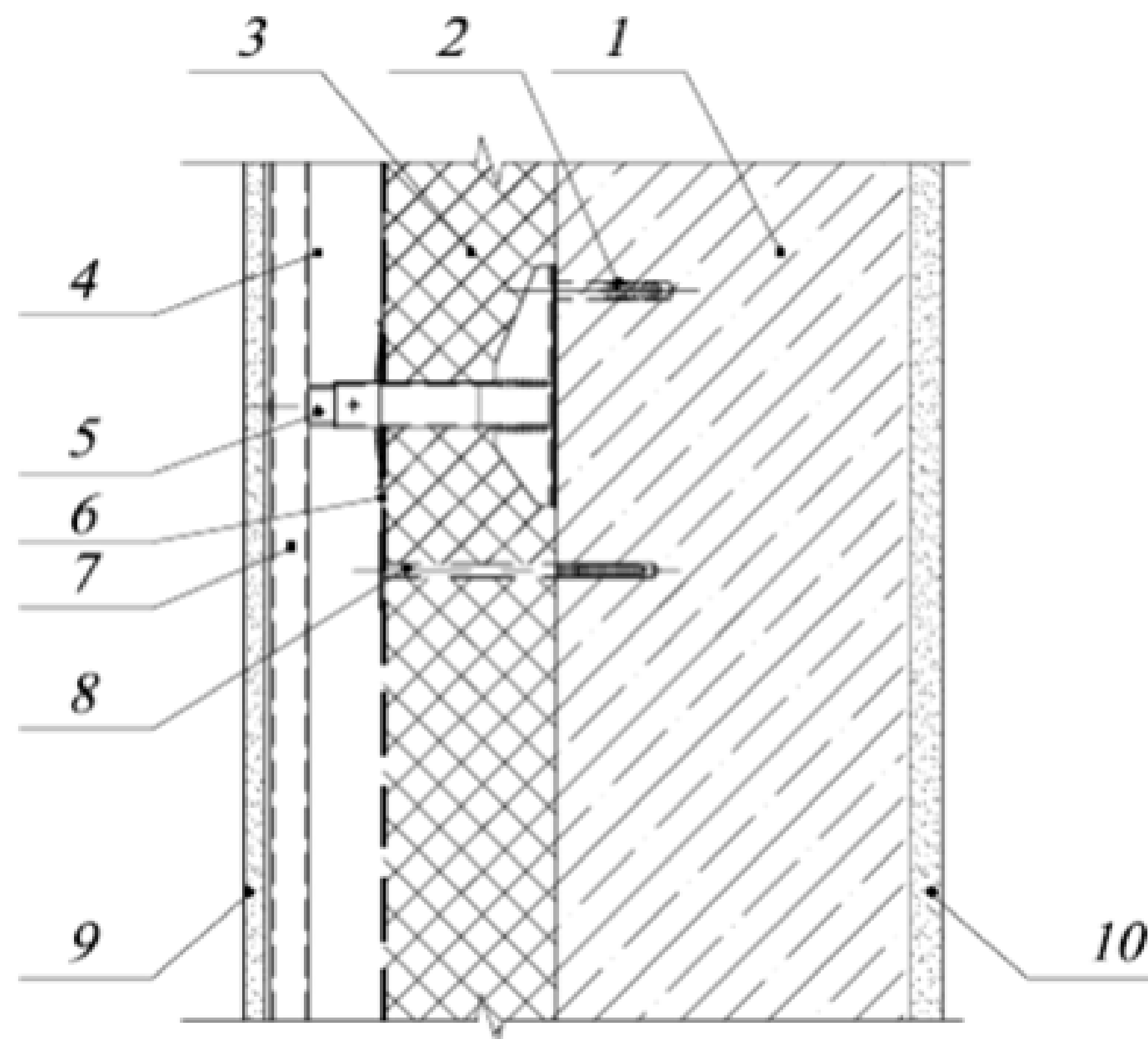


Рисунок 1 - Система утеплення фасадів з оздоблювальним шаром із штукатурки 1 - газосилікатні блоки товщиною 300 мм; 2 - анкерний дюбель для кріплення кронштейна до стіни; 3 - зовнішнє утеплення плитами з мінераловатної плити «ROCKWOOL ФАСАД БАТТС», товщиною 120 мм; 4 - повітряний зазор товщиною 30 мм; 5 - кронштейн; 6 - вітрозахисна мембрана; 7 - направляюча; 8 - тарілчастий дюбель; 9 - керамогранітні плити товщиною 10 мм; 10 - штукатурка на цементно-піщаному розчині товщиною 20 мм.

Другий досліджуваний варіант - конструкція зовнішнього оздоблення фасаду, що демонструє собою оздоблювальний шар із штукатурки по сітці товщиною 20 мм, із коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,76$ Вт/м°C та густиною $\rho = 1800$ кг/м³.

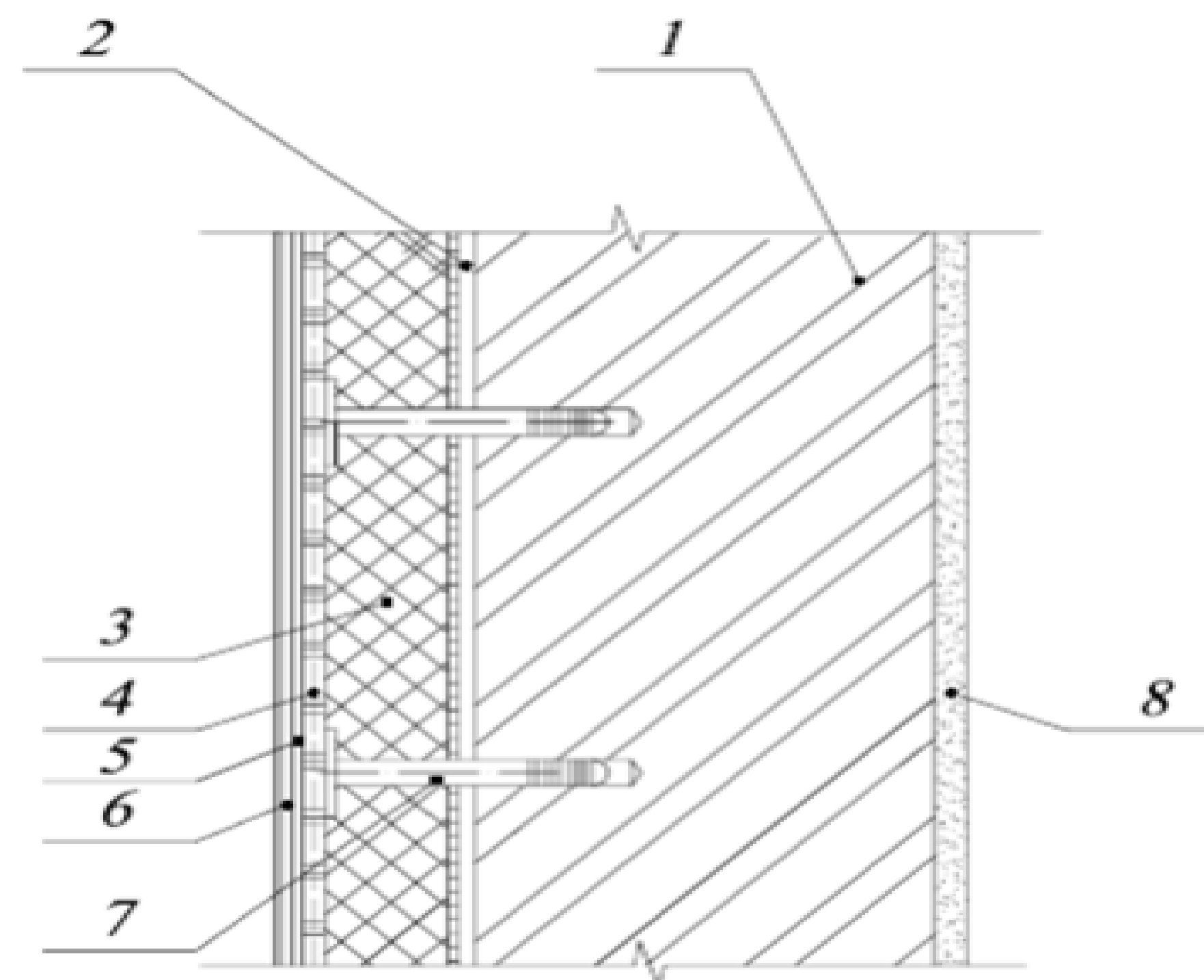


Рисунок 2 - Система утеплення фасадів із зовнішнім шаром із штукатурки 1 - силікатна цегла товщиною 250 мм; 2 - проникаюча основка, шар клейового складу; 3 - зовнішнє утеплення плитами з мінераловатної плити «ROCKWOOL ФАСАД БАТТС»; 4 - армувальна сітка; 5 - кварцова ґрунтовка; 6 - декоративний штукатурний шар ROCKdecorsil S; 7 - дюбель; 8 - штукатурка на цементно-піщаному розчині товщиною 20 мм.

Третій варіант - багат шарова система з облицюванням фасаду пустотілою керамічною цеглою товщиною 120 мм (традиційний фасад) з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,52$ Вт/м°C та густиною $\rho = 1300$ кг/м³.

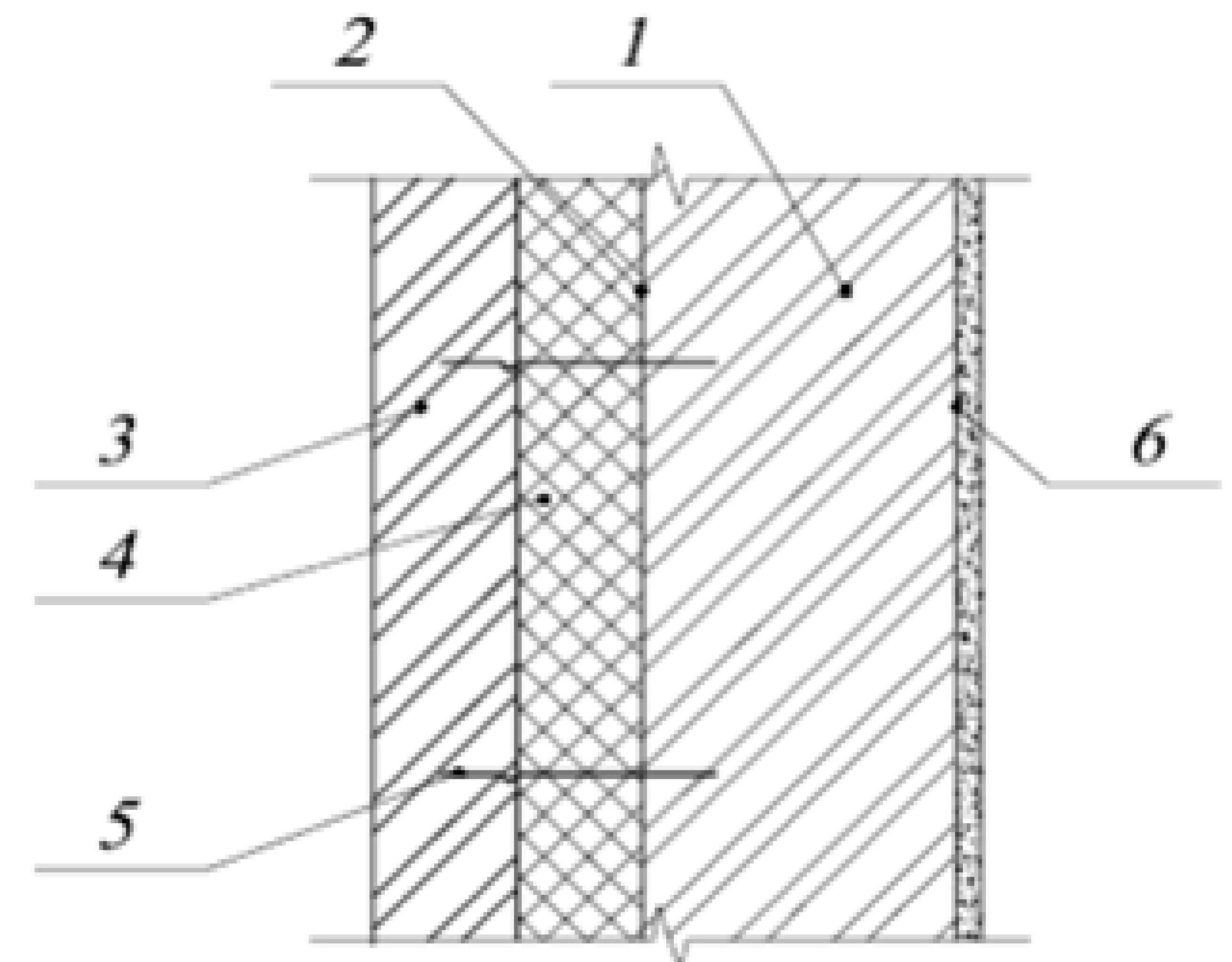
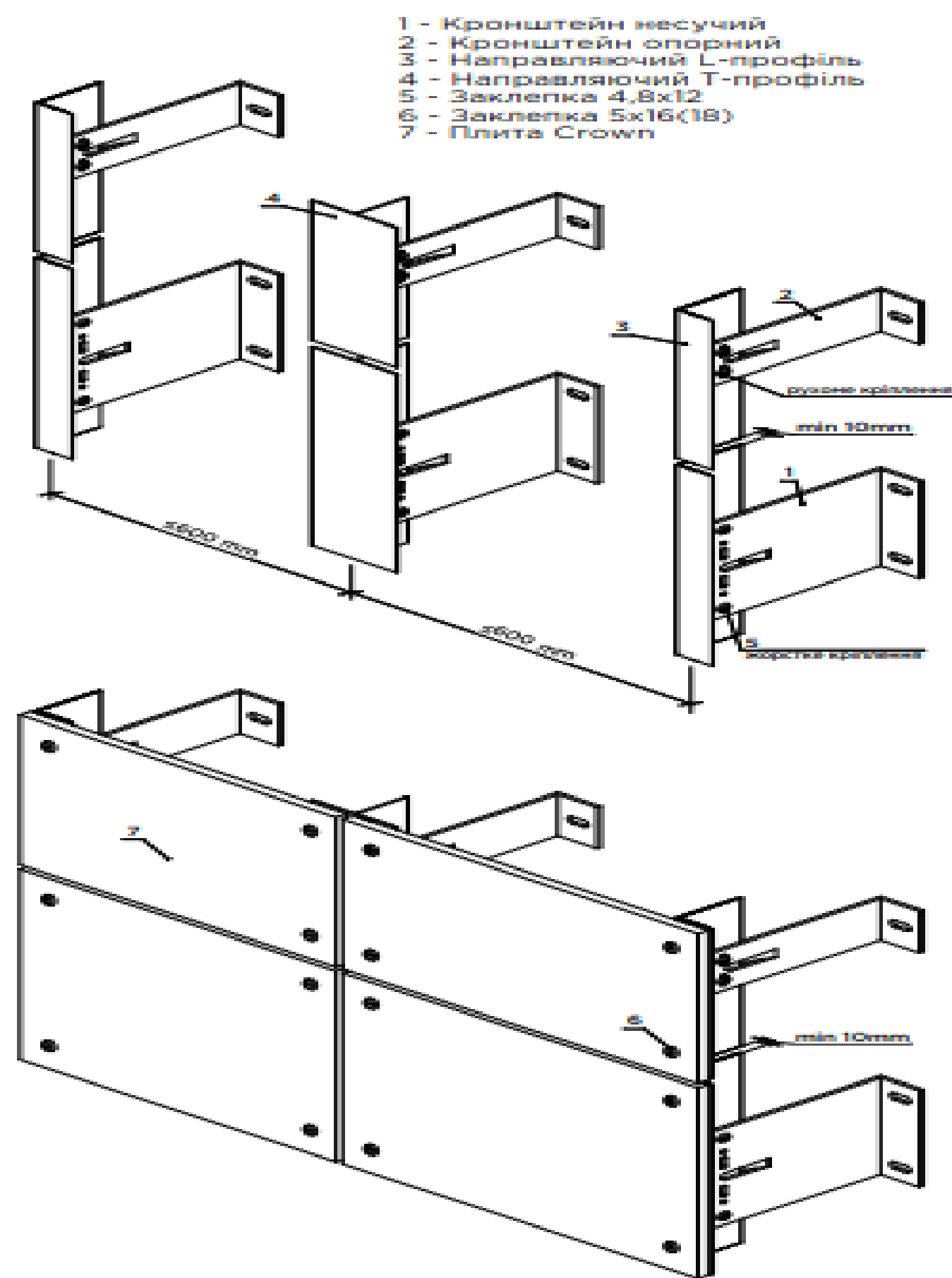


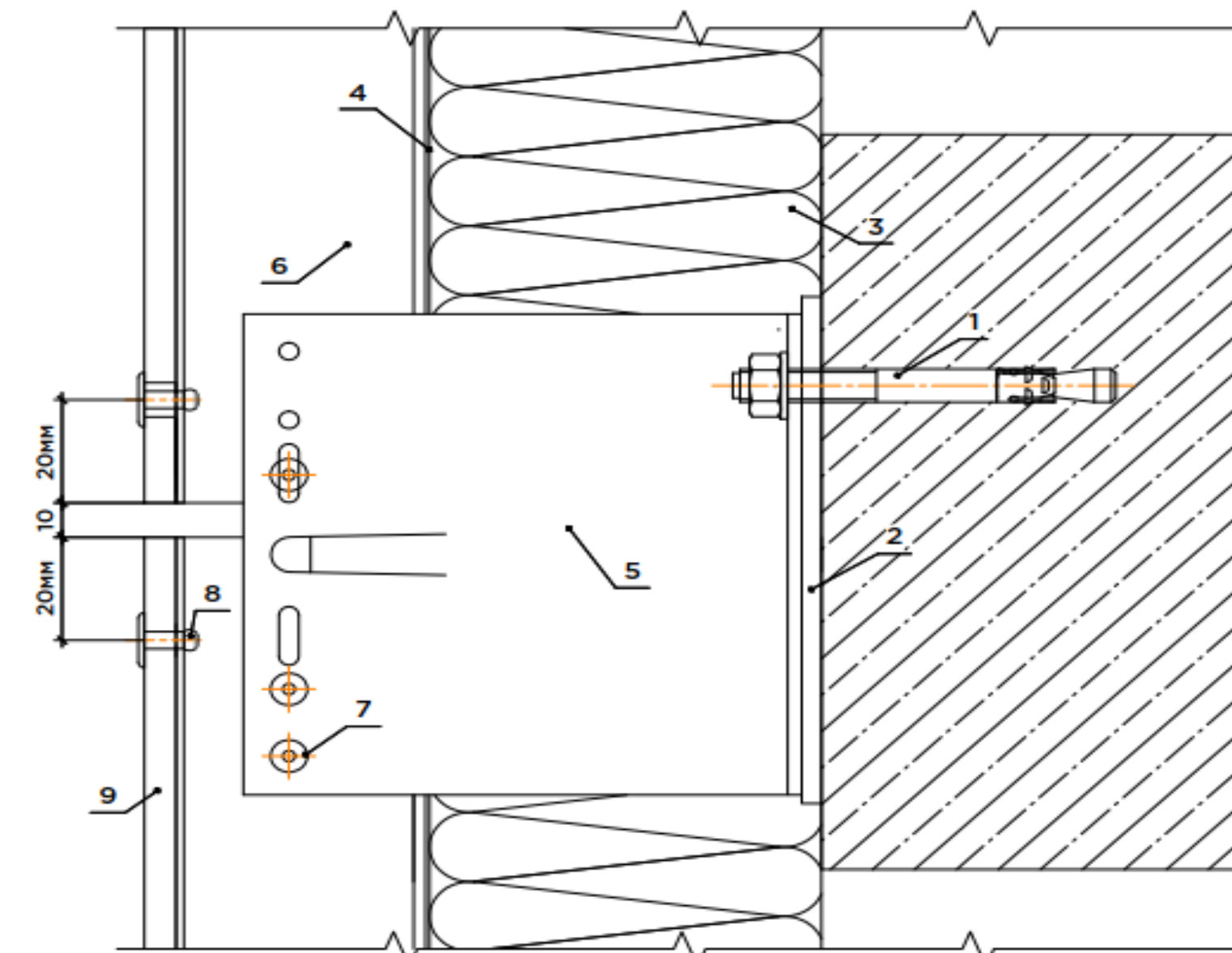
Рисунок 3 - Традиційний фасад 1 - силікатна цегла товщиною 250 мм; 2 - проникаюча основка, шар клейового складу; 3 - облицювальний шар із керамічної пустотилової цегли товщиною 120 мм; 4 - зовнішнє утеплення плитами з мінераловатної плити «ROCKWOOL» товщиною 110 мм; 5 - гнучкі зв'язки; 6 - штукатурка на цементно-піщаному розчині товщиною 20 мм.

Схеми кріплень алюмобондових сендвіч панелей

Установка плит з алюмобонду на заклепки

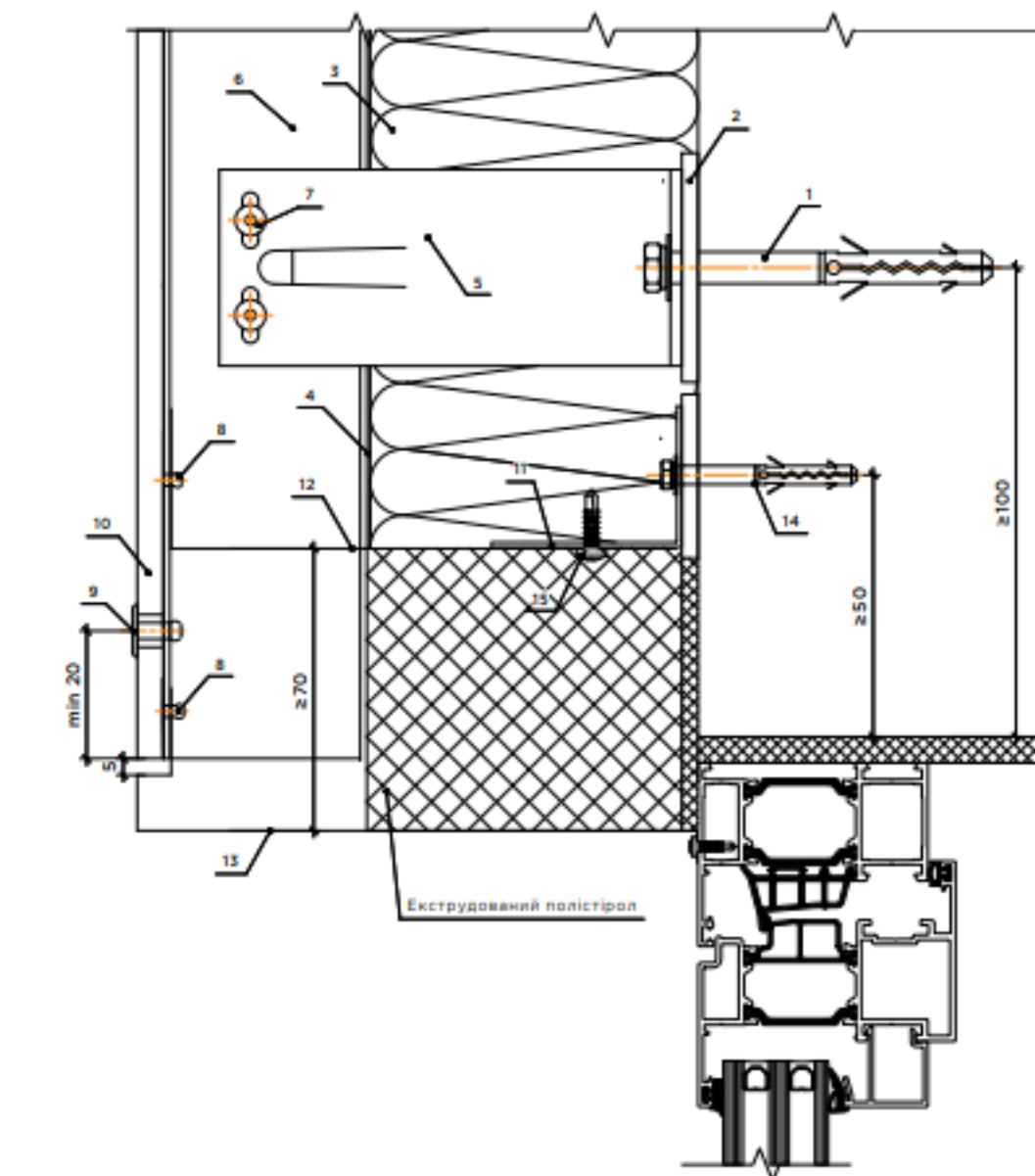


Вертикальний розріз. Температурний шов



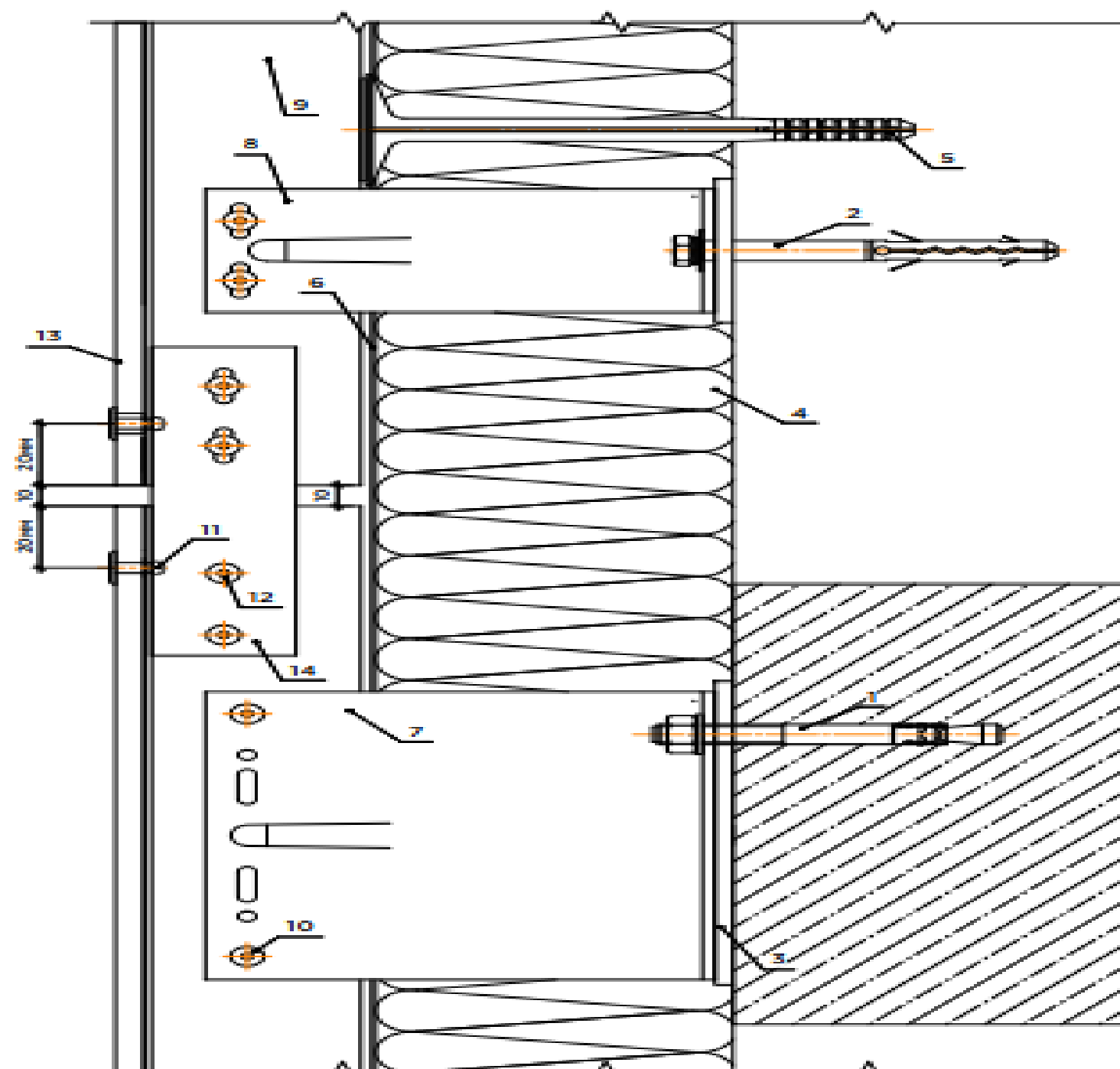
1. Анкерный болт (крепления в перекрытии)
2. Терморозрыв
3. Утеплитель
4. Витробарьерная мембрана
5. Кронштейн несущий
6. Направляющий вертикальный профиль (тавр/кутик)
7. Заклепка 4,8x12
8. Заклепка 5x16(18)
9. Панель з алюмобонду

Верхнє віконно-дверне примикання



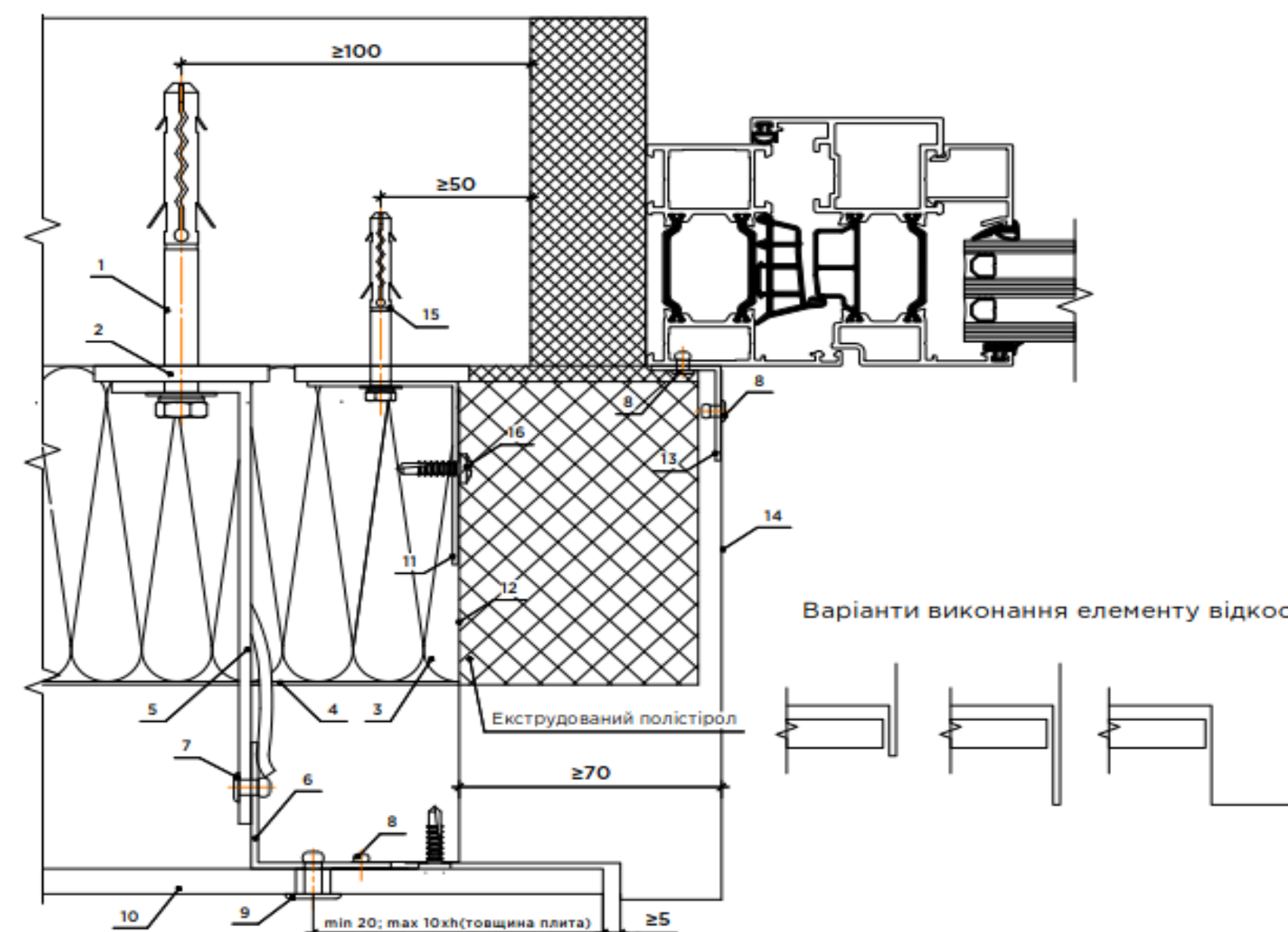
1. Фасадный дюбель (анкерный болт)
2. Терморозрыв
3. Утеплитель
4. Витробарьерная мембрана
5. Кронштейн
6. Направляющий вертикальный профиль (тавр/кутик)
7. Заклепка 4,8x12
8. Заклепка 3,2x8
9. Заклепка 5x16(18)
10. Плита з алюмобонду
11. Кронштейн защитного экрана з оцинкованої сталі (h=1-2 мм)
12. Протипожежний захисний екран з оцинкованої сталі (h=0,5 мм)
13. Елемент відкосу з оцинкованої сталі покриття PE, (h=0,5 мм)
14. Фасадный дюбель 5x50
15. Саморез 3,9x19

Вертикальний розріз. Температурний шов



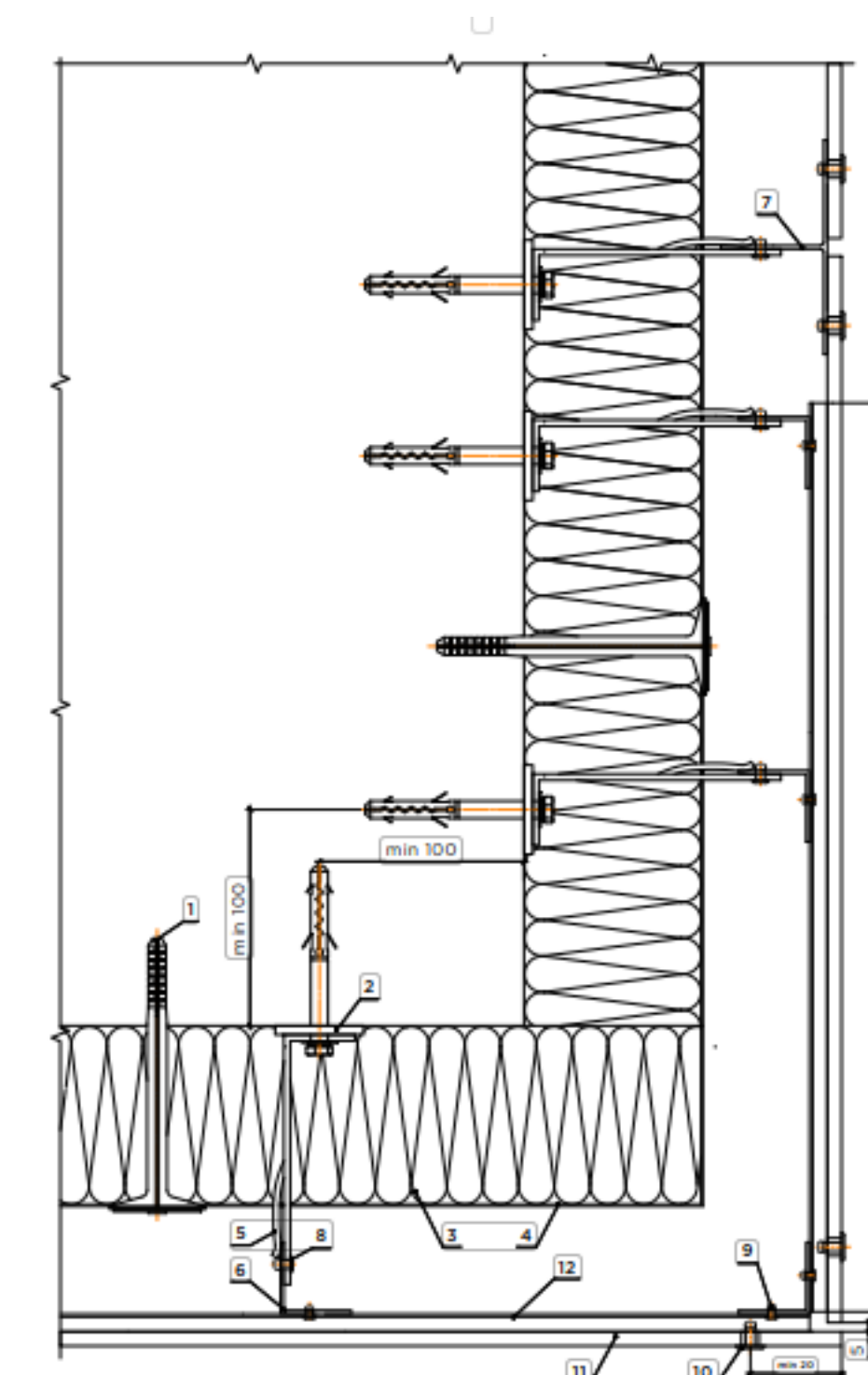
1. Анкерный болт (крепления в перекрытии)
2. Фасадный дюбель
3. Терморозрыв
4. Утеплитель
5. Тарельчатый дюбель
6. Витробарьерная мембрана
7. Кронштейн несущий
8. Кронштейн опорный
9. Направляющий вертикальный профиль (тавр/кутик)
10. Заклепка 4,8x12
11. Заклепка 5x16(18)
12. Заклепка 3,2x8
13. Панель з алюмобонду
14. З'єднувач профілю направляющего 150mm

Бічне віконно-дверне примикання



1. Фасадный дюбель (анкерный болт)
2. Терморозрыв
3. Утеплитель
4. Витробарьерная мембрана
5. Кронштейн
6. Направляющий вертикальный профиль (тавр/кутик)
7. Заклепка 4,8x12
8. Заклепка 3,2x8
9. Заклепка 5x16(18)
10. Панель з алюмобонду
11. Кронштейн защитного экрана з оцинкованої сталі (h=1-2 мм)
12. Протипожежний захисний екран з оцинкованої сталі (h=0,5 мм)
13. Куттик 20x30
14. Елемент відкосу з оцинкованої сталі покриття PE, (h=0,5 мм)
15. Фасадный дюбель 5x50
16. Саморез 3,9x19

Зовнішній кут



1. Фасадный дюбель (анкерный болт)
2. Терморозрыв
3. Утеплитель
4. Витробарьерная мембрана
5. Кронштейн
6. Направляющий вертикальный L-подобный профиль 40 мм
7. Направляющий вертикальный T-подобный профиль 120mm
8. Заклепка 4,8x12
9. Заклепка 3,2x8
10. Заклепка 5x16(18)
11. Плита з алюмобонду
12. Профиль алюминизированный омега 50x80x10

Висновки по науковій частині МКР

У науковій частині дослідження надано комплексний аналіз композитних матеріалів, їхньої структури, властивостей та технічних характеристик, особливо в контексті використання алюмобонду для озгороджувальних конструкцій. Композитні матеріали, зокрема алюмобонд, відзначаються багатопшаровою структурою, що забезпечує поєднання легкості, міцності та стійкості до зовнішніх впливів. Основу алюмобонду складають алюмінієві листи та полімерний сердечник, що надає матеріалу відмінні експлуатаційні характеристики, зокрема корозійну стійкість, високу теплопровідність та естетичну привабливість.

У рамках дослідження проаналізовано методи кріплення композитних плит з урахуванням архітектурних і функціональних вимог. Найпоширенішими методами є касетний і кляммерний способи, які забезпечують простоту монтажу, надійність конструкції та можливість створення архітектурно виразних фасадів. Оздоблення алюмінієвими композитами дозволяє досягти високої естетичної цінності будівлі, а також забезпечує її довговічність і захист від впливу зовнішніх чинників.

Особливу увагу у дослідженні приділено питанням енергоефективності будівель та інтеграції активних і пасивних стратегій енергозбереження. Вентильовані фасадні системи на основі алюмобонду є ефективним рішенням для зменшення тепловтрат завдяки повітряному прошарку між стіною та облицювальним матеріалом. Ця конструктивна особливість забезпечує циркуляцію повітря, що запобігає утворенню конденсату, зберігає теплоізоляційні властивості та підвищує комфортність внутрішнього середовища будівлі. Крім того, вентильовані фасади сприяють зниженню шумового забруднення, що є додатковою перевагою для будівель у міських умовах.

На основі аналізу запропоновано архітектурно виразну та ефективну багатопшарову конструкцію структурної плити з алюмобонду та утеплювача. Поєднання теплоізоляційного шару з композитними плитами дозволяє оптимізувати теплофізичні показники фасадної системи, що є ключовим у контексті сучасних вимог до енергоефективності будівель.

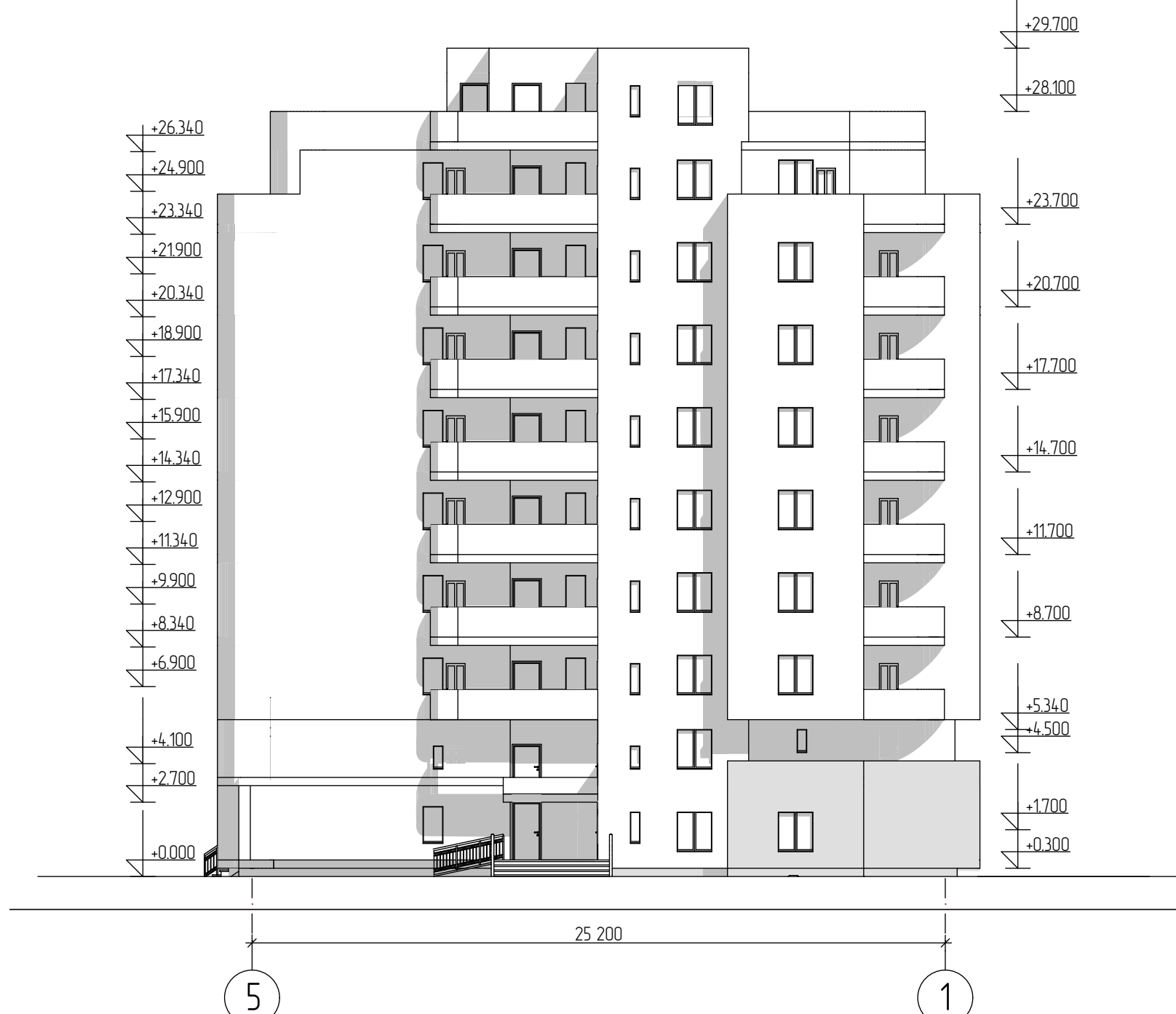
Важливим аспектом дослідження є визначення тенденцій розвитку композитних матеріалів у контексті сталого будівництва. Наголошено на необхідності використання екологічно чистих матеріалів, які відповідають вимогам сталого розвитку та можуть підлягати вторинній переробці. Алюмобонд як перспективний матеріал для фасадних систем забезпечує баланс між енергоефективністю, естетикою та економічною доцільністю.

Таким чином, наукова частина дослідження демонструє, що застосування композитних плит з алюмобонду у вентильованих фасадних системах є ефективним технічним рішенням для покращення енергоефективності та функціональності будівель. Запропоновані конструктивні рішення та методи монтажу сприяють підвищенню довговічності, зниженню енергоспоживання та створенню архітектурно привабливих фасадів, що відповідають сучасним вимогам будівельної галузі.

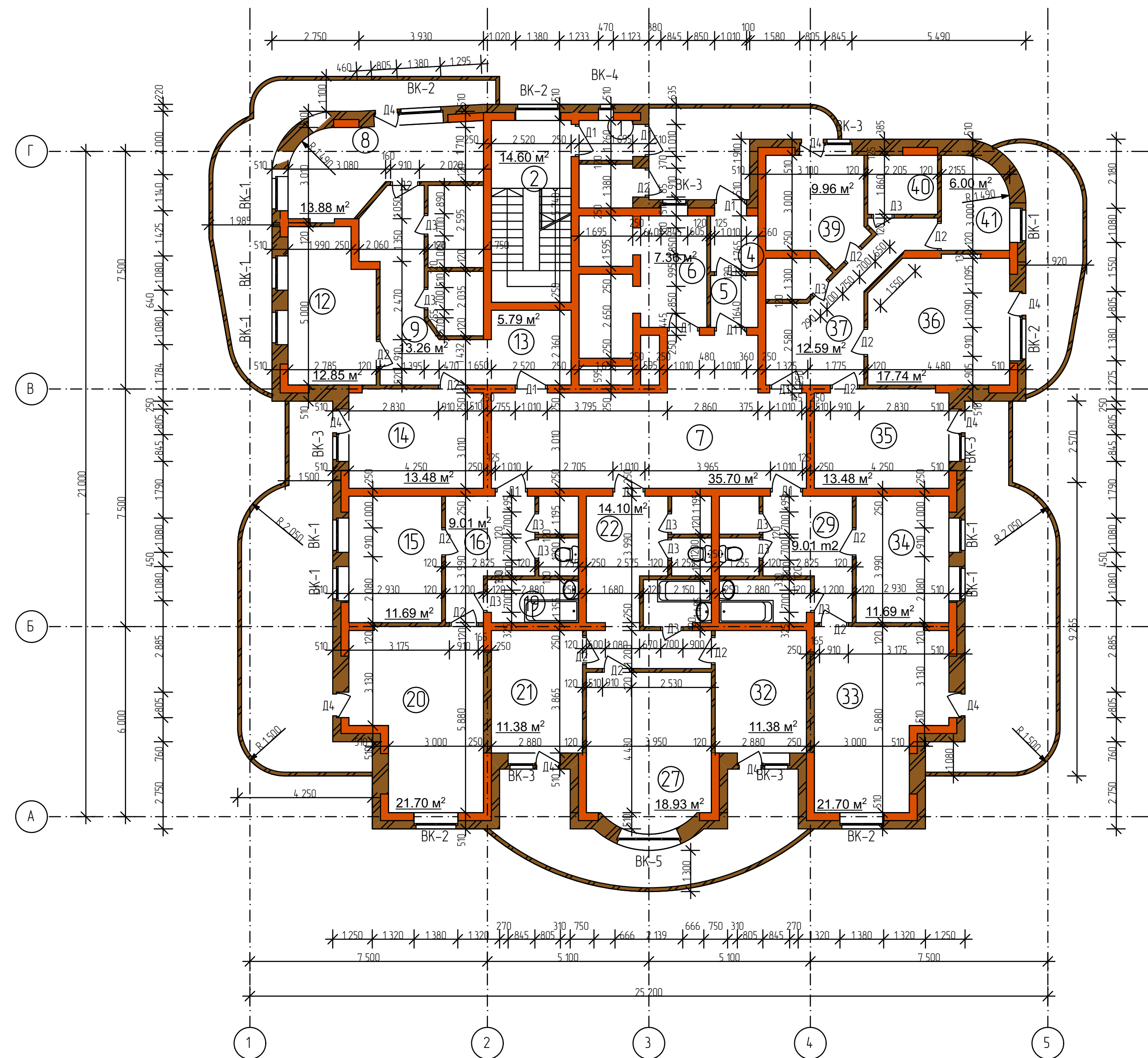
Фасад 1-5



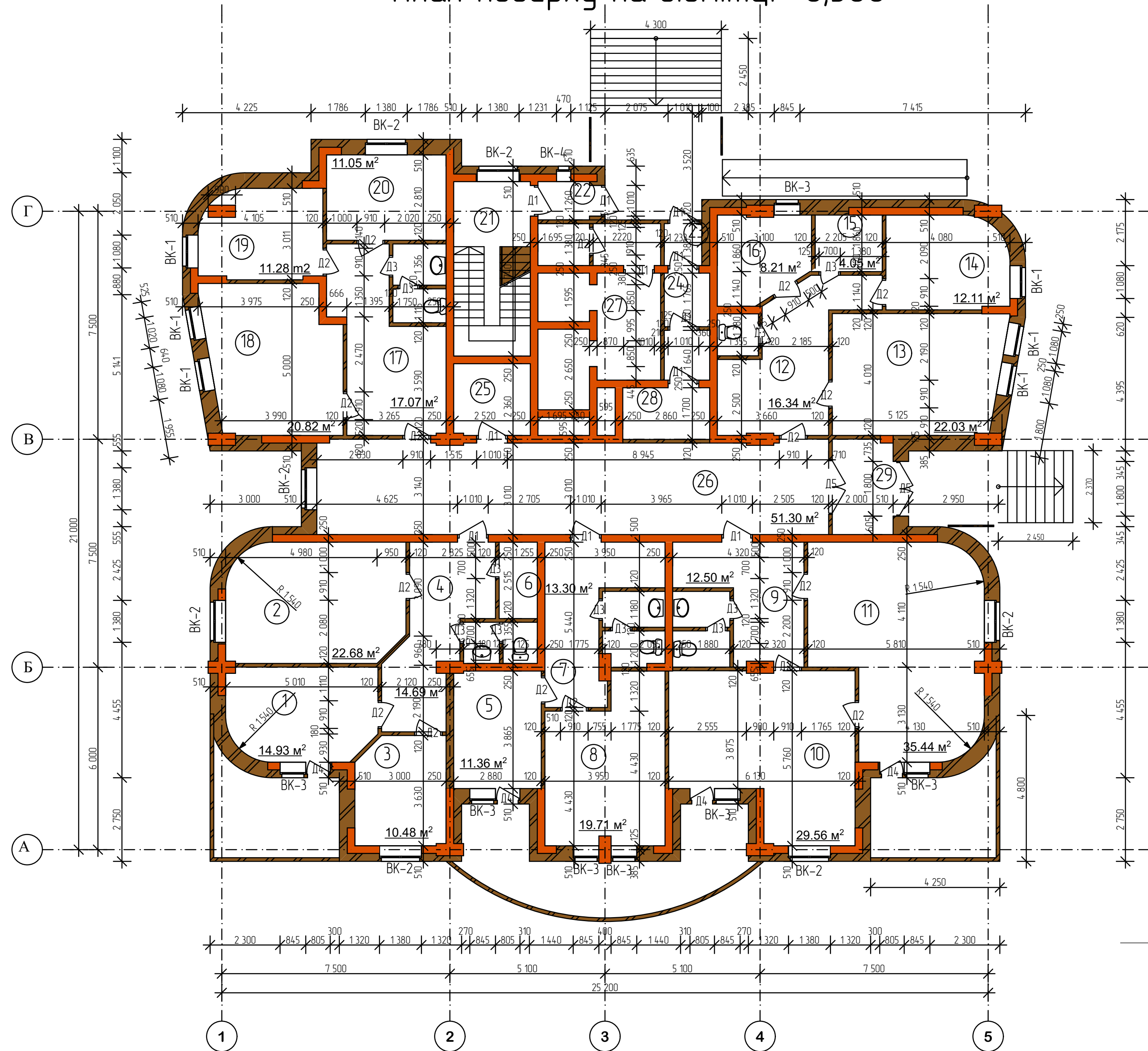
Фасад 5-1



План поверху на відмітці +5,700 – +23,700



План поверху на відмітці +0,300



Фасад Г-А



ТЕП

№	Показник	Одиниця виміру	Кількість
1	Площа забудови	м ²	529.2
2	Будівельний об'єм	м ³	15876
3	Житлова площа	м ²	12
4	Загальна площа	м ²	6789.43
5	Робоча площа салону краси	м ²	190.17
6	Робоча площа спортзалу	м ²	263.23
7	Планувальний коефіцієнт	–	0.5
8	Об'ємний коефіцієнт	м ³ /м ²	7.7
9	Об'єм буд. на укруп. показник	м ³ /м ²	3.8

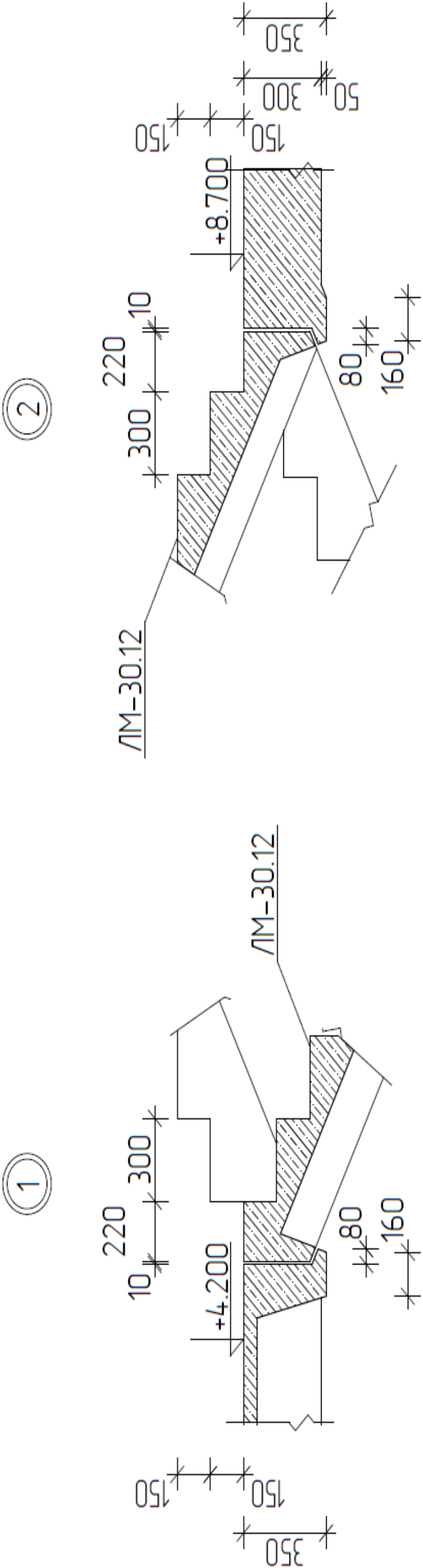
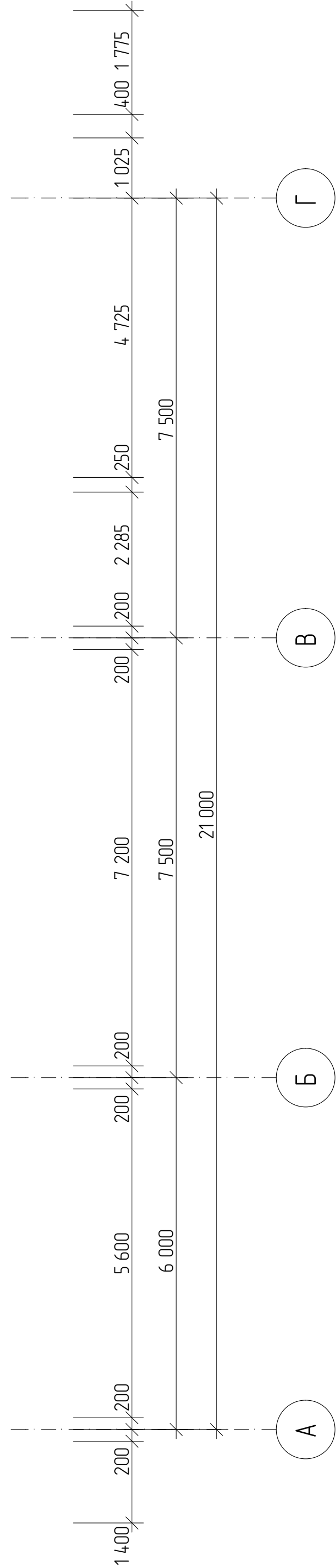
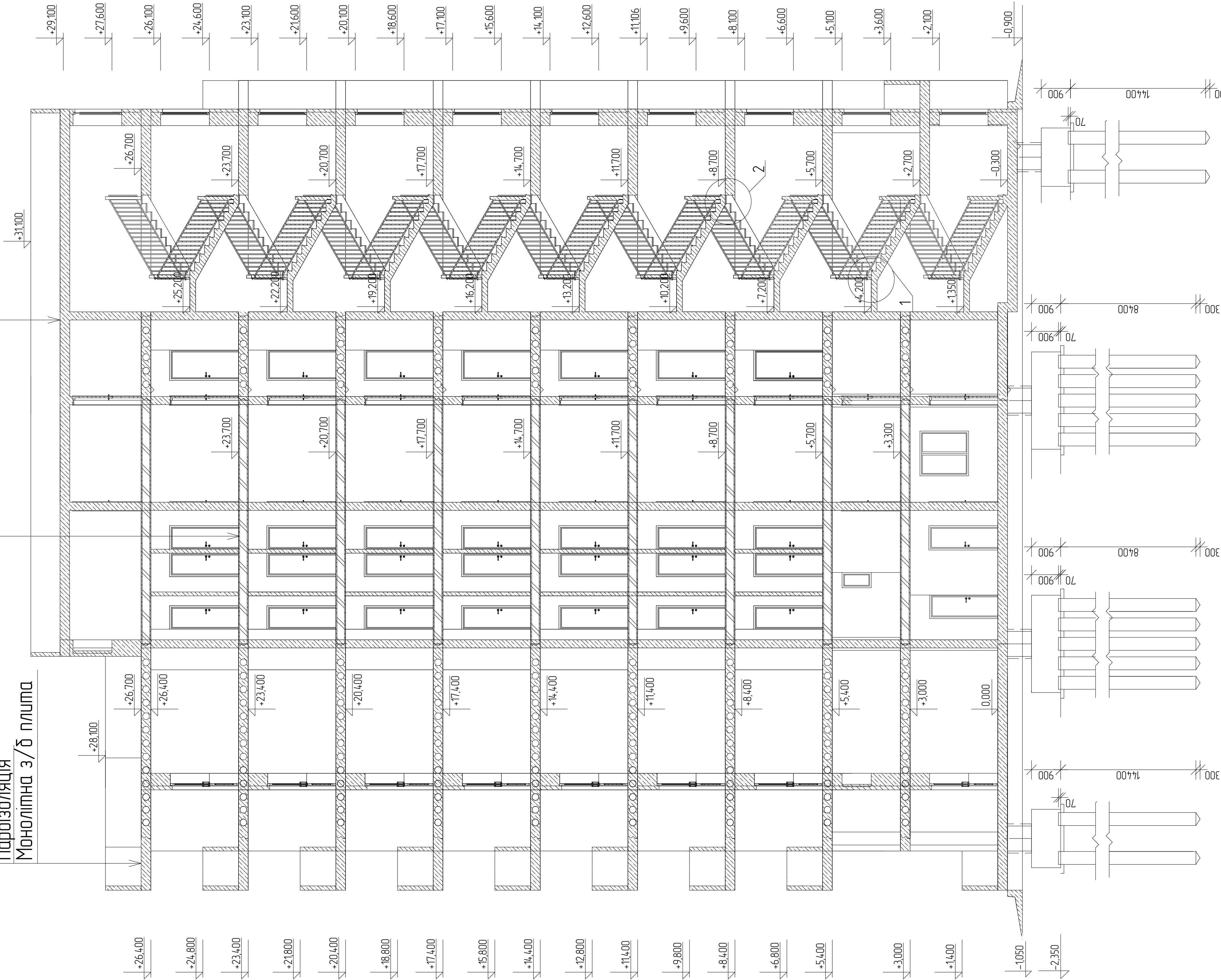
08-11МКР.004-АБ					
Житловий будинок					
Зм.	Коль.	Лист	№ док.	Підпис	Дата
Розробник	Возник В. А.				
Перевірив	Андрійчук В. М.				
Керівник	Андрійчук В. М.				
Норм. контроль	Моклицько І. В.				
Опонував	Панкевич О. І.				
Затвердив	Швець В. В.				
Використання адаптивних фасадів для зниження енергозатрат у житлових будинках				Сторінка	Аркуш
Фасад 1-5, фасад 5-1, план поверху на відмітці +0,300, план поверху на відмітці +5,700 – +23,700, фасад Г-А, ТЕП				п	8
				Аркушів	10
ВНУЧ, гр. Б-23мз					

Розріз 1-1

Техноеласт – TITAN TOP
Техноеласт – TITAN BASE
Цементна стяжка
Монолітна з/б плита

Мозаїчне покриття
Ц/П стяжка
Теплоізоляція керамзита
Монолітна з/б плита

Килимове покриття (3 шари)
Утеплювач
Пароізоляція
Монолітна з/б плита

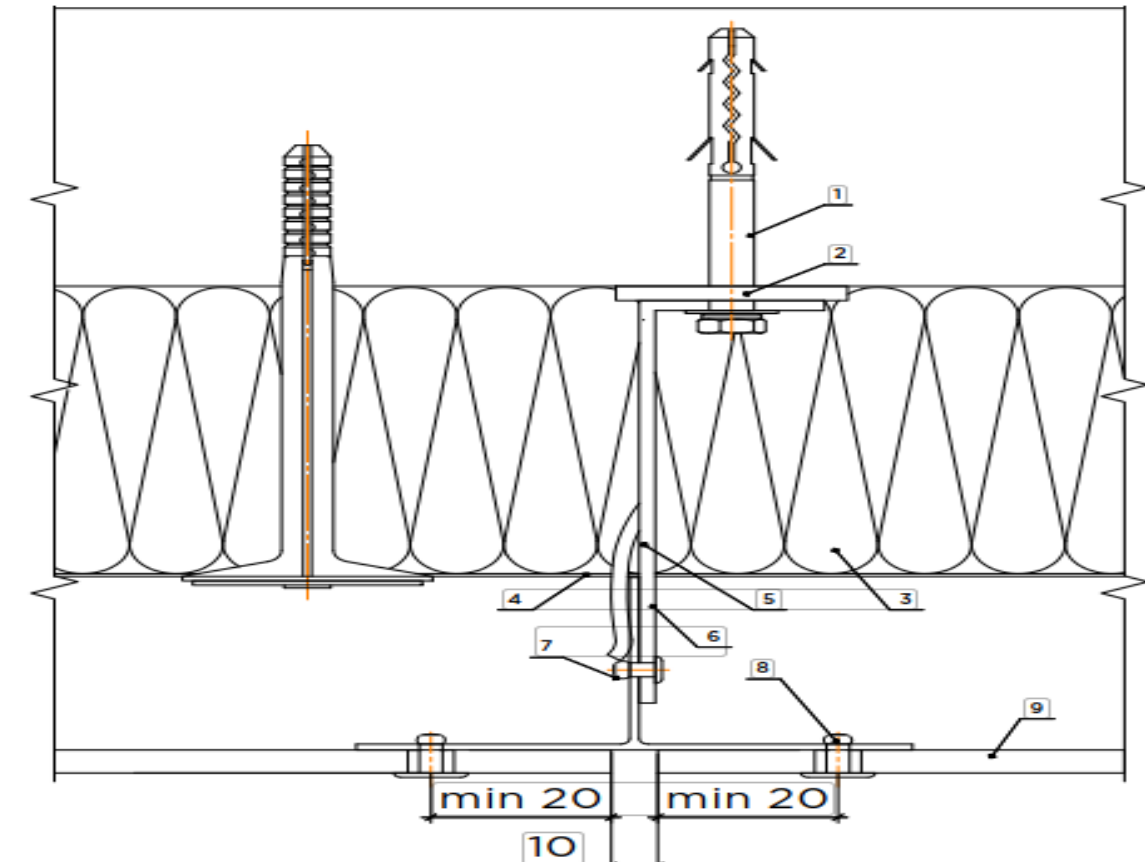
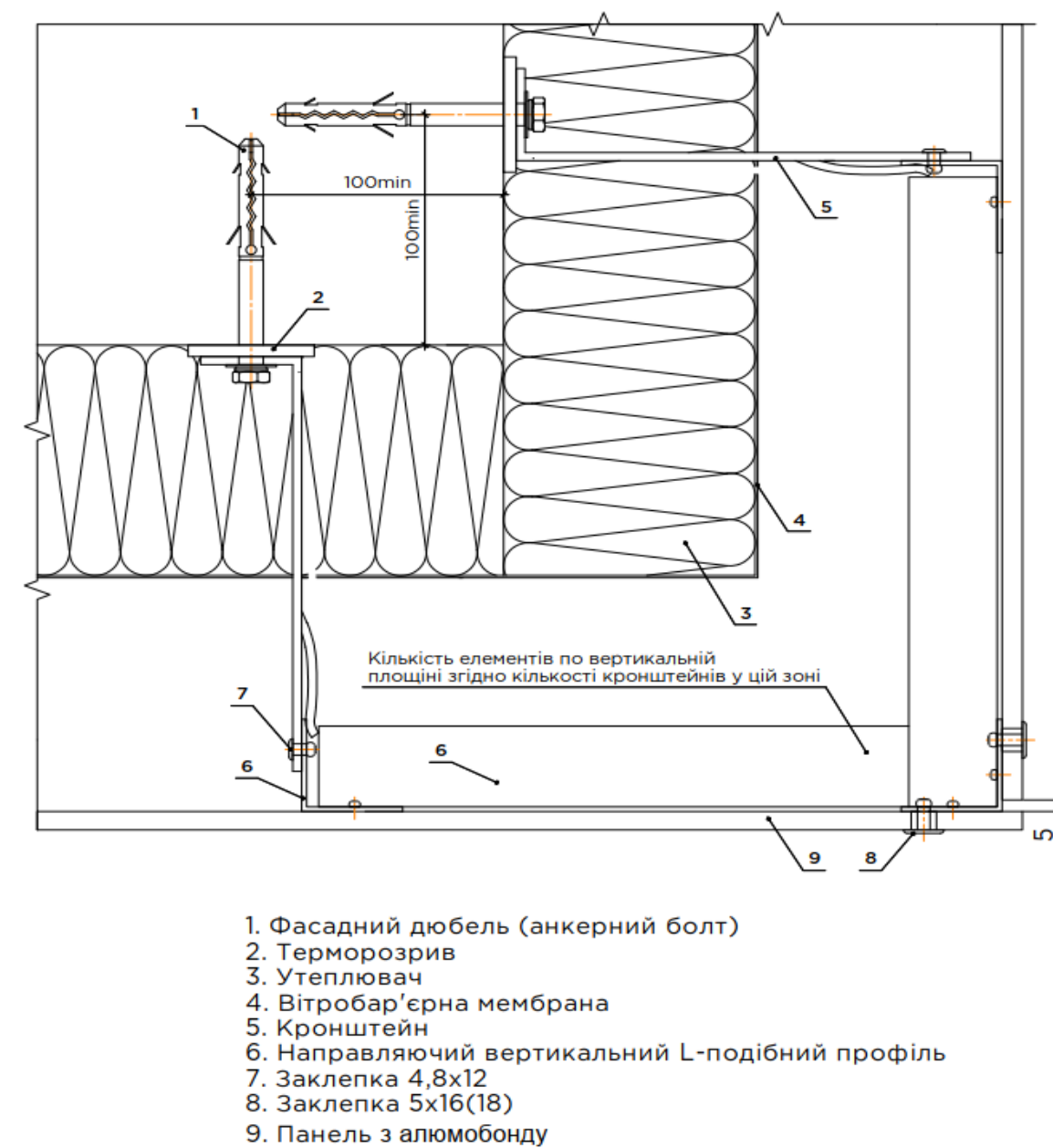
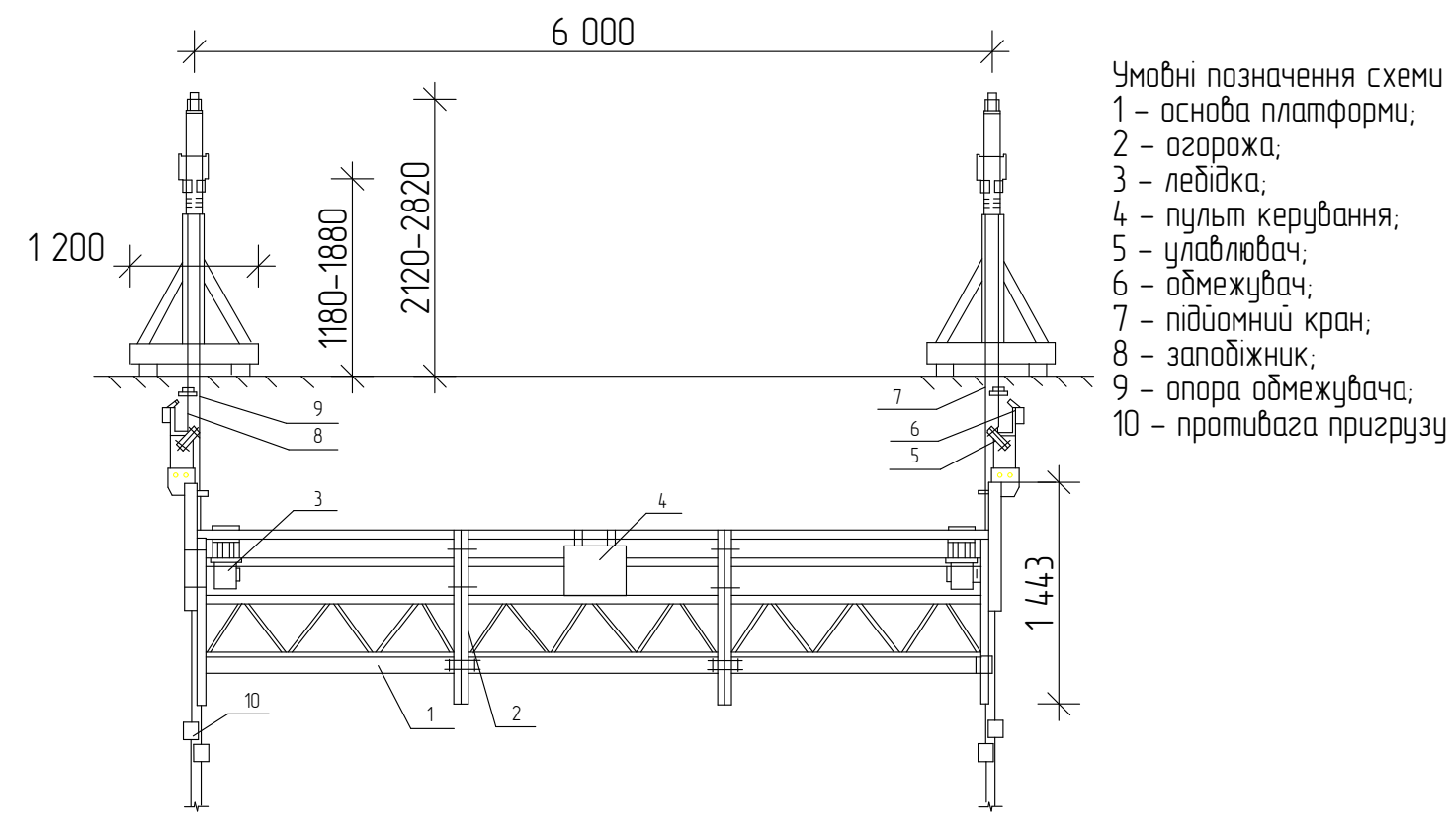
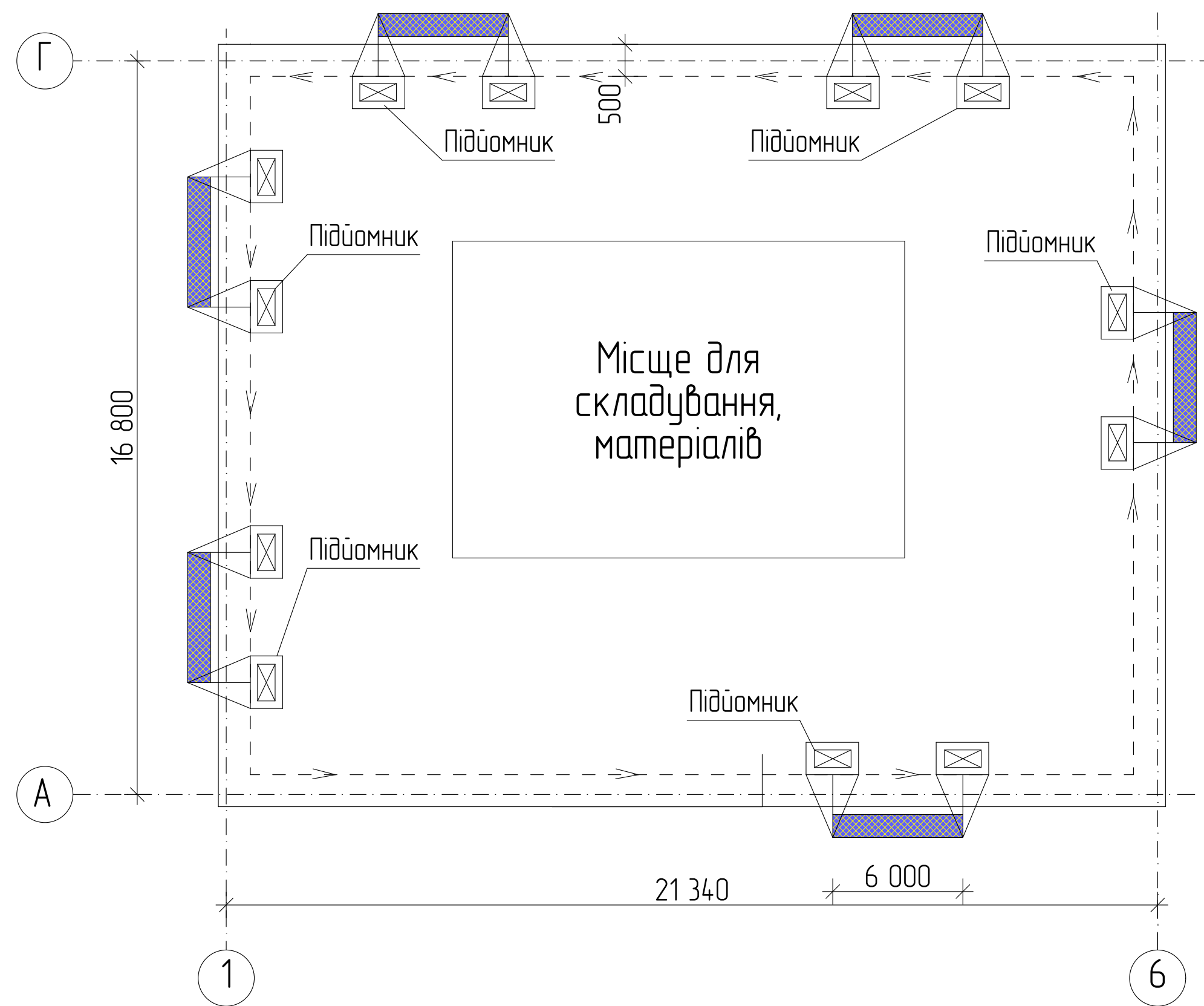


							08-11МКР.004-АБ
							Житловий будинок
Зм.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Використання адаптивних фасадів для зниження енерговитрат у житлових будинках	Сторінка п
Розробник	Возник В. А.						Аркш 9
Перевірив	Андрій В. М.						Аркш 10
Керівник	Андрій В. М.						
Норм. контроль	Масловська І. В.						
Опонував	Панкевич О. Д.						
Затвердив	Швець В. В.						

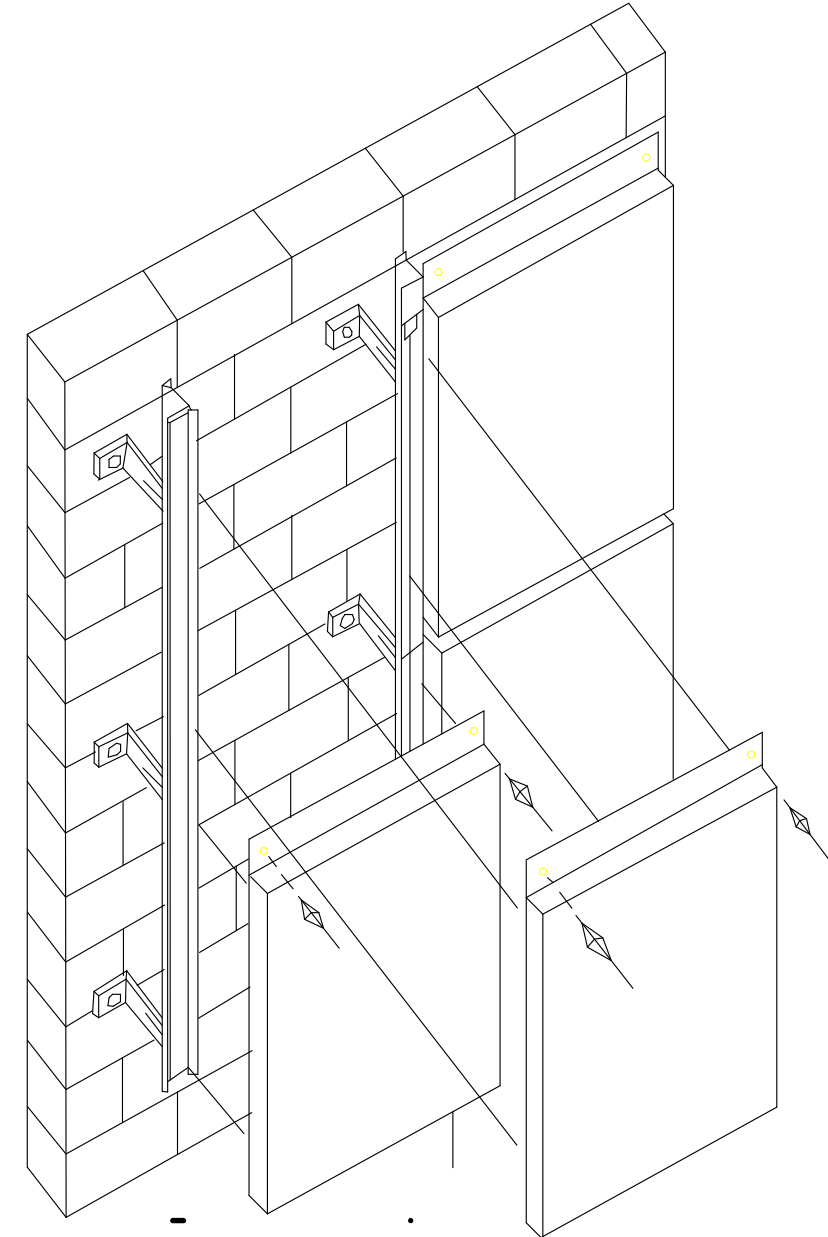
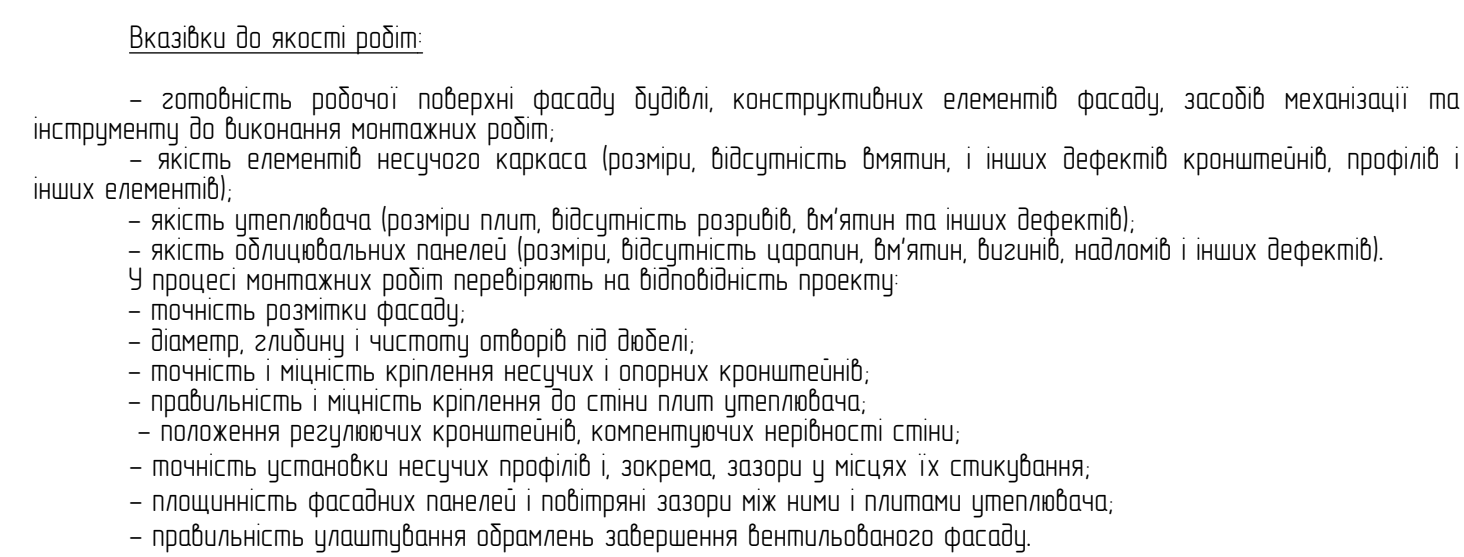
Розріз 1-1, вузол 1, вузол 2

ВНТУ, гр. Б-23мз

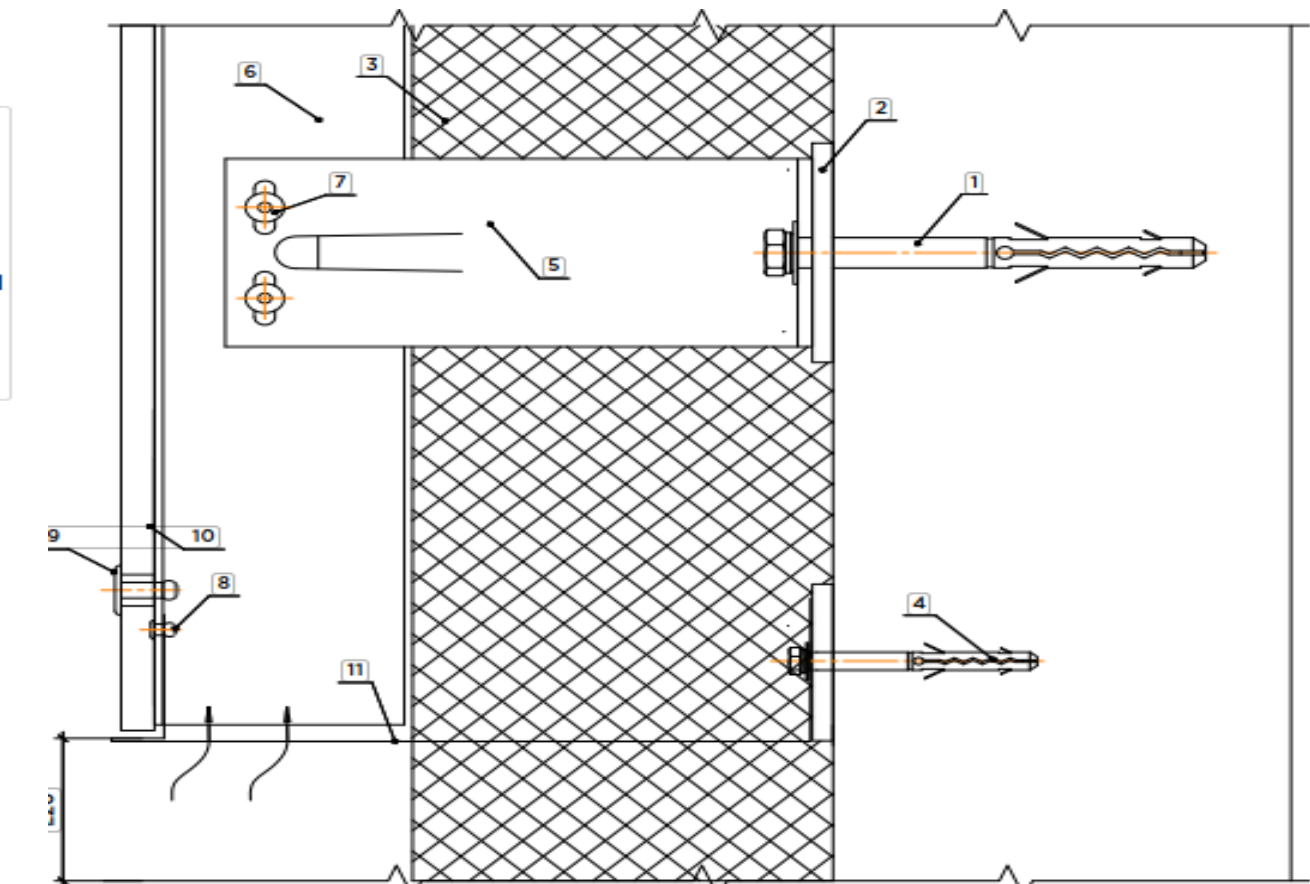
Схема фасадного підйомника



1. Фасадний дюбель (анкерний болт)
2. Терморозрив
3. Утеплювач
4. Вітробар'єрна мембрана
5. Кронштейн
6. Направляючий вертикальний Т-подібний профіль 120мм
7. Заклепка 4,8х12
8. Заклепка 5х16(18)
9. Панель з алюмінію



Вертикальний розріз.
Примикання до цоколю



1. Фасадний дюбель (анкерний болт)
2. Терморозив
3. Утеплювач екструдований полістірол
4. Фасадний дюбель 5х50
5. Кронштейн
6. Направляючий вертикальний профіль (тавр/кутик)
7. Заглекка 3,2х8
8. Заглекка 5х16(18)
9. Панель з алюмінію
10. Перфорований цв'язальник з оцинкованої сталі (φ10-15 мм)

Техніко-економічні показники

№ п/п	Показники	Од. виміру	Значення
1	Тривалість виконання робіт	днів	30
2	Трудомісткість виконання робіт	люд-зм маш-зм	480 33
3	Працевитрати на влаштування 1 м ² утеплення	люд-зм	0,734
4	Виробіток в зміну	м ² /зм	21,79
5	Вартість витрат праці	грн.	80413,54

					08-11МКР.004-ПВР			
					Житловий будинок			
Зм.	Кільк.	Лист	№ док	Підпис	Дата			
Розробив	Возняк В. А.				Використання ізоляційних фасадів для зниження енергозбитку у житлових будинках	Стандія	Архуш	Архушів
Перевірив	Андрухов В. М.					п	10	10
Керівник	Андрухов В. М.							
Нач. контролю	Мадеська І. В.							
Оптовик	Понкевич О. В.				Горік, фасадна розробка, розробку раціоналізації, схеми утеплення купів будівель, схеми фасадної раціоналізації, схеми розробки фасадних покриттів на плоскій покрівлі, раціоналізації розр. Вертикальних розр. призначення до шкільної будівлі з пенсії будівлі, фасадів до виступу пер. ІП	ВНТУ, зр. 6-23м3		
Замовив	Шейн В. Д.							

Графік виконання робіт

[illegible]

Графік руху родітників

[illegible]

ВІДГУК
керівника магістерської кваліфікаційної роботи
здобувача Вознюка В'ячеслава Анатолійовича
на тему: «*Використання адаптивних фасадів для зниження
енерговитрат у житлових будинках*»

Актуальність теми зумовлена тим, що ефективність використання енергоресурсів у житловому секторі безпосередньо впливає на рівень енергоспоживання міст і комфорт проживання мешканців. Застарілий житловий фонд, зведений у період 1960–1990-х років, має низький рівень теплозахисту та не відповідає сучасним стандартам енергоефективності. У цьому контексті перспективним напрямом модернізації є впровадження адаптивних фасадів — інтелектуальних систем, що автоматично реагують на зміну кліматичних умов і внутрішніх потреб будівлі.

Під час опрацювання теми здобувач ґрунтувався на наявному інженерному досвіді за напрямком дослідження, проявив певну зацікавленість обраною темою в плані аналізу сучасних інженерних рішень. Було здійснено рамковий порівняльний аналіз різновидів адаптивних фасадів, а також оцінки їх ефективності з точки зору зниження енерговитрат, довговічності та відповідності будівельним нормам. В магістерській кваліфікаційній роботі представлено декілька варіантів конструктивних рішень елементів за напрямком дослідження з визначенням потенційної економії енергії.

Результати апробовані: опубліковані матеріали доповіді, 24-27 березня 2025 р., у науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ.

Здобувач представив магістерську роботу перед завершенням роботи екзаменаційної комісії.

Недоліки роботи:

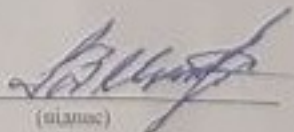
1. Мають місце неузгодженості між назвою роботи та предметом дослідження;
2. В презентаційній частині до МКР приведено загальну інформацію ознайомчого характеру;
3. Ні перелік виконаних досліджень, ні їх предмет чи результати в презентаційній частині роботи не представлено.

Висновки: рівень підготовки здобувача в основі відповідає вимогам освітньої програми підготовки «Промислове та цивільне будівництво» за спеціальністю 192- «Будівництво та цивільна інженерія» і Вознюк В'ячеслав Анатолійович заслуговує присвоєння ступеня магістра та на оцінку «С».

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи**

К.Т.Н., доцент

(посада, науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

В.М. Андрухов

(ініціали, прізвище)

РЕЦЕНЗІЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу

здобувача Вознюка В. А.

(прізвище, ім'я, по батькові)

**на тему: Використання адаптивних фасадів для зниження
енерговитрат у житлових будинках**

Магістерська кваліфікаційна робота, яку подано на опонування, виконана у повному обсязі та у встановлений термін на кафедрі будівництва, міського господарства та архітектури. Робота відповідає затвердженій темі та завданню. Актуальність даної роботи полягає в всебічному аналізі питань оновлення фасадів житлових будівель з урахуванням сучасних містобудівних вимог, підвищення енергоефективності та забезпечення архітектурної виразності.

Матеріал роботи подано у розгорнутому та доступному для розуміння вигляді, повністю відповідають встановленим методичним вимогам. У першому розділі досліджено естетичний і технічний стан фасадів житлового фонду 50–90-х років, визначено чинники їхнього фізичного та морального зносу, а також узагальнено міжнародний досвід модернізації.

Другий розділ присвячено порівняльному аналізу сучасних технологій реконструкції фасадів — штукатурних систем та навісних вентиляованих фасадів — з урахуванням їх енергоефективності, довговічності та архітектурної привабливості.

У третьому розділі розглянуто систему чинників, що впливають на ефективність реконструкції, та запропоновано методику ієрархічного оцінювання пріоритетів на основі аналітико-ієрархічного підходу.

Четвертий розділ містить архітектурно-будівельні рішення модернізації типового житлового будинку з розрахунками теплотехнічних показників, описом технології монтажу навісних вентиляованих фасадів.

У п'ятому розділі наведено економічне обґрунтування вибору варіанту утеплення фасаду. Правильно проведені усі розрахунки і розроблені конструкторсько-технологічні рішення.

Виконання текстової частини пояснювальної записки, ілюстративних матеріалів графічної частини відповідає до стандартів та з дотриманням усіх необхідних вимог.

До недоліків роботи можна віднести:

- у графіку виконання робіт не всі вказані роботи;
- є незначні помилки в оформленні роботи.

Проте вказані недоліки не впливають на позитивне враження від роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота в цілому виконана на високому рівні та у відповідності з завданням із дотриманням всіх вимог. Робота заслуговує оцінки С, а її автор Вознюк В'ячеслав Анатолійович присвоєння кваліфікації «магістра будівництва» за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія».

Рецензент

Доцент кафедри ІСБ, к.т.н.

(посада, науковий ступінь,чене звання)



Панкевич О.Д.

(ініціали, прізвище)