

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, циклової комісії))

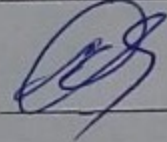
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Ефективні технології влаштування огорожувальних конструкцій при
будівництві громадської будівлі»

Виконав: студент 2 курсу, групи Б-21мз
спеціальності 192 «Будівництво та
цивільна інженерія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

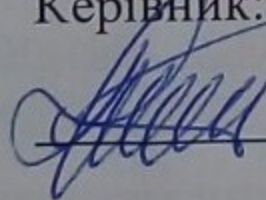


Авдєєва О.Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент

(науковий ступінь, посада)

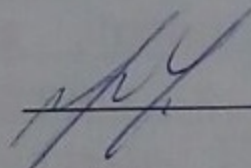


Христич О.В.

(прізвище та ініціали)

Опонент: к.т.н., доцент

(науковий ступінь, посада)



Стетсько М.Р.

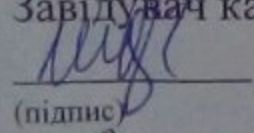
(прізвище та ініціали)

« 20 » 06

2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри БМГА



В.В.Швець.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 20 » 06 2023 року

факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії

кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури

світньо-кваліфікаційний рівень магістр

напрямок підготовки 19 Архітектура та будівництво
(шифр і назва)

спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва)

світня програма Промислове та цивільне будівництво

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БМГА

Швець В.В.

“22” 03 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Авдєєвої Олени Дмитрівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту (роботи) Ефективні технології влаштування огорожувальних
конструкцій при будівництві громадської будівлі

рівень роботи Христич О.В., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

тверджені наказом вищого навчального закладу від “20” березня 2023 року № 68

Строк подання магістрантом роботи 6.06.2023 р.

Вихідні дані до роботи Інженерно-геологічні умови. Фрагмент ситуаційного
плану. Нормативна література.

Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ
актуальність та новизна наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і задачі, практична
значимість).

розділ 1. Нормативні вимоги та національні стандарти в галузі енергоефективного
будівництва (огляд літературних джерел). Огляд та порівняння сучасних систем з
фасадною теплоізоляцією

розділ 2. Дослідити переваги інноваційних високоефективних теплоізоляційних
матеріалів, що використовуються для зовнішніх огорожувальних конструкцій
громадських будівель. Провести порівняння їх фізико-механічних властивостей із
традиційними теплоізоляційними матеріалами. Провести дослідження ефективності
теплоізоляційних властивостей вакуумних ізоляційних панелей в залежності від
матеріалу оболонки та матеріалу для серцевини ВІП.

розділ 3. Дослідити системи «мокрого» та «вентильованого» фасаду із застосуванням
вакуумних ізоляційних панелей в якості утеплювача. Розробити варіанти ефективних
зовнішніх стінових конструкцій та розрахувати їх теплотехнічні характеристики.

розділ 4. Технічна частина (архітектурно-будівельні рішення, енергетичний сертифікат,
технологічна карта).

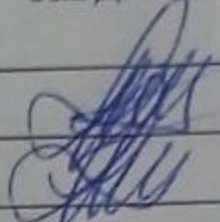
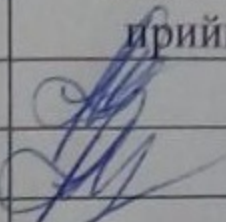
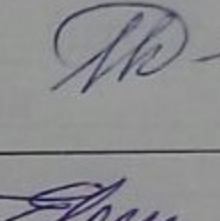
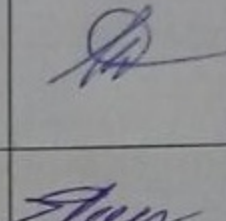
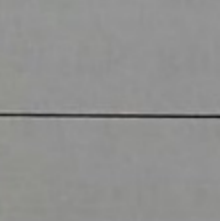
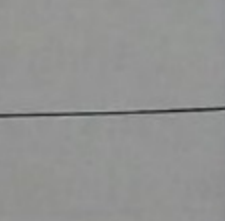
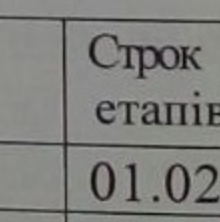
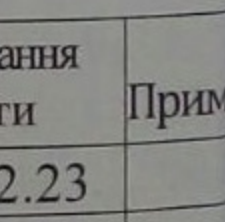
розділ 5. Розробка заходів з охорони праці та цивільного захисту.

розділ 6. Економічна частина (техніко-економічне порівняння 2-х варіантів конструкцій
зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією вакуумними ізоляційними панелями).

Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Науково-дослідна частина (розділи 1-3) – 11 арк. (плакати, що ілюструють результати науково-дослідної роботи)
 2. Архітектурно-будівельні рішення – 3 арк. (План підвалу; план першого поверста; план покрівлі; фасад в осях 4-12; фасад в осях А-П; розріз 1-1; план благоустрою вузлів)
 2. Організація та технологія будівельного виробництва – 2 арк. (будівельний генеральний план; календарний графік виконання робіт по об'єкту; графік роботи робочих кадрів по об'єкту)

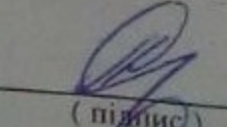

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконав прийняв
Розділ 1-3	Христич О.В. доц., к.т.н.		
Технічний розділ	Христич О.В., доц., к.т.н.		
Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Кобилянська І. М., доц., к.пед.н.		
Економічна частина	Лялюк О. Г. доц., к.т.н.		

7. Дата видачі завдання 30.03.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
1	Складання вступу до МКР	01.02-06.02.23	
2	Науково-дослідна частина	07.02-12.03.23	
3	Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту	13.03-25.03.23	
4	Технологічні рішення	27.03-03.04.23	
5	Подання роботи на перевірку на плагіат	04.04-08.08.23	
6	Охорона праці та цивільний захист	10.04-20.04.23	
7	Економічна частина	21.04-05.05.23	
8	Оформлення МКР	06.05-14.05.23	
9	Подання МКР на кафедру для перевірки	15.05-20.05.23	
10	Попередній захист	29.05-31.05.23	
11	Опонування	29.05-03.06.23	

Магістрант 
 Керівник роботи 
 Авдєєва О.Д.
 Христич О.В.

АНОТАЦІЯ

УДК 691-4 + 698.7

Авдєєва О.Д. Ефективні технології влаштування огорожувальних конструкцій при будівництві громадської будівлі. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма – Промислове та цивільне будівництво. Вінниця: ВНТУ, 2023. 136 с.

Укр. Мовою. Бібліогр.: 51 назви; рис. 34; табл. 20.

Магістерська кваліфікаційна робота на тему «Ефективні технології влаштування огорожувальних конструкцій при будівництві громадської будівлі» складається з шести розділів пояснювальної записки, а також представлена на 16 аркушах графічної частини.

В науковій частині представлено результати теоретичних досліджень існуючих науково-технічних рішень з проектування ефективних елементів огорожувальних конструкцій будівель. Виконано аналіз наявних матеріалів з розробки варіантів елементів огорожувальних конструкцій будівель і проведено обґрунтування доцільності використання в будівельній практиці запропонованого варіанту у якості елемента температуро-захисного покриття вакуумних панелей.

Основний акцент роботи полягає у порівнянні варіантів сучасних високоефективних теплоізоляційних матеріалів, а саме вакуумних ізоляційних панелей; дослідження факторів, що впливають на основні характеристики запропонованого елемента огорожувальної конструкції. Проведено розрахунок кількісних параметрів характеристик теплоізоляційного покриття для запропонованих варіантів огорожувальних конструкцій. У відповідності з діючими методиками перевірки достовірності регламентованих експлуатаційних параметрів, наведеними в ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель», складено енергетичний паспорт об'єкта.

Робота також включає технічну частину з представленими архітектурними та технологічними рішеннями при будівництві громадської будівлі. В розділі охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях розроблені технічні рішення з

безпечного виконання роботи й технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, розрахований коефіцієнт протирадіаційного захисту підвального приміщення.

В економічній частині виконано порівняння варіантів огорожувальних конструкцій у різних конструкційних виконаннях.

Ключові слова: огорожувальні конструкції, теплоізоляція, вакуумні ізоляційні панелі, громадські будівлі, енергоефективність.

ABSTRACT

Avdieieva O. Effective technologies for the installation of fencing structures during the construction of public buildings. Master's qualification thesis on specialty 192 - construction and civil engineering, educational program - industrial and civil construction. Vinnytsia: VNTU, 2023. 136 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 51 titles; fig. 34; tabl. 20.

The master's qualification work on the topic "Effective technologies for the installation of fencing structures during the construction of a public building" consists of six sections of the explanatory note, and is also presented on 16 sheets of the graphic part.

The scientific part presents the results of theoretical studies of existing scientific and technical solutions for the design of effective elements of the enclosing structures of buildings. The analysis of the available materials for the development of variants of the elements of the enclosing structures of buildings was carried out, and the justification of the feasibility of using the proposed variant as an element of the temperature protective coating of vacuum panels in construction practice was carried out.

The main emphasis of the work is a comparison of the options of modern highly efficient thermal insulation materials, namely vacuum insulation panels; study of factors affecting the main characteristics of the proposed element of the fencing structure. The calculation of the quantitative parameters of the characteristics of the heat-insulating coating for the proposed variants of the enclosing structures was carried out. In accordance with the current methods of verifying the reliability of the regulated operating parameters, given in DBN V.2.6-31:2021 "Thermal insulation and energy efficiency of buildings", the facility's energy passport was drawn up.

The work also includes a technical part with presented architectural and technological solutions for the construction of a public building. In the section on labor protection and safety in emergency situations, technical solutions for safe

performance of work and technical solutions for occupational hygiene and industrial sanitation have been developed, the radiation protection coefficient of the basement has been calculated.

In the economic part, a comparison of options for fencing structures in different structural versions is performed.

Keywords: enclosing structures, thermal insulation, vacuum insulation panels, public buildings, energy efficiency.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	12
РОЗДІЛ 1 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ЗОВНІШНІ ОГОРОЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ІЗ ФАСАДНОЮ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЄЮ.....	17
1.1 Нормативні вимоги та національні стандарти в галузі енергоефективного будівництва	17
1.1.1 Аналіз нормативних джерел щодо енергоефективності в Україні.....	17
1.1.2 Стандарти енергетичної сертифікації країн світу.....	19
1.2 Загальні конструктивні принципи зовнішніх огорожувальних конструкцій із фасадною теплоізоляцією. Огляд та порівняння сучасних фасадних систем	22
1.2.1 Система «мокрого фасаду»	23
1.2.2 Система навісного «вентильованого фасаду»	27
Висновки до розділу 1	31
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕВАГ СУЧАСНИХ ВИСОКОЕФЕК- ТИВНИХ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	32
2.1 Інноваційні високоефективні теплоізоляційні матеріали, що використовуються для зовнішніх огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель	32
2.1.1 Класифікація теплоізоляційних матеріалів.....	32
2.1.2 Основні властивості теплоізоляційних матеріалів	34
2.1.3 Порівняльний аналіз традиційних та сучасних теплоізо- ляційних матеріалів.....	36
2.1.4 Теплоізоляційні матеріали на основі аерогелю	40
2.2 Вакуумні ізоляційні панелі, основні характеристики та застосування у будівництві.....	43
2.2.1 Аналіз та вибір оптимального матеріалу серцевини для ВІП.....	48
2.2.1.1 Пінокремнезем.....	49

	9
2.2.1.2 Аерогель кремнезему.....	49
2.2.1.3 Пінополістирол і пінополіуретан.....	50
2.2.1.3 Скловолокно.....	50
2.2.2 Дослідження властивостей матеріалів оболонки ВІП.....	51
2.2.2.1 Швидкість передачі газу (GTR).....	53
2.2.2.2 Швидкість пропускання водяної пари.....	54
2.2.2.3 Фактори, що впливають на газопроникність та швидкість пропускання водяної пари.....	55
2.2.3 Визначення залежності основних характеристик вакуумних ізоляційних панелей від типу наповнювача та матеріалу оболонки.....	56
2.2.3.1 Теплопровідність.....	56
2.2.3.2 Газопровідність.....	57
2.2.3.3 Старіння та термін служби.....	58
Висновки до розділу 2.....	63
РОЗДІЛ 3 ОБГРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ВАКУУМНИХ ІЗОЛЯЦІЙНИХ ПАНЕЛЕЙ.....	64
3.1 Дослідження систем «мокрого» та «вентильованого» фасаду із застосуванням вакуумних ізоляційних панелей.....	64
3.1.1 Теплотехнічний розрахунок системи «мокрого фасаду» із застосуванням ВІП.....	64
3.1.2 Теплотехнічний розрахунок системи вентильованого фасаду із застосуванням вакуумних ізоляційних панелей в якості утеплювача.....	67
3.1.3 Порівняння результатів теплотехнічних розрахунків.....	70
Висновки до розділу 3.....	72
РОЗДІЛ 4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	73
4.1 Архітектурно-будівельні рішення.....	73
4.1.1 Загальні дані.....	73

4.1.2 Основні рішення та показники генерального плану, інженерних мереж та комунікацій	73
4.1.3 Основні техніко-економічні показники.....	75
4.1.4 Об'ємно-планувальні рішення.....	75
4.1.5 Конструктивні рішення	76
4.1.6 Санітарно-технічна частина.....	77
4.1.7 Відомість основних будівельно-монтажних робіт.....	78
4.2 Енергетичний сертифікат	81
4.2.1 Вихідні дані.....	82
4.2.2 Розрахункові кліматичні та теплоенергетичні параметри.....	84
4.2.3 Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій.....	86
4.2.4 Зовнішні стіни.....	86
4.2.5 Суміщені перекриття.....	88
4.2.6 Перекриття над неопалюваним підвалом.....	89
4.2.7 Об'ємно-планувальні характеристики.....	91
4.2.8 Витяг з енергетичного сертифікату будівлі.....	92
4.3 Технологічна карта	95
4.3.1 Сфера застосування.....	95
4.3.2 Загальні положення.....	96
4.3.3 Організація і технологія виконання робіт.....	96
4.3.4 Монтаж кронштейнів.....	98
4.3.5 Монтаж вертикальних напрямних.....	101
4.3.6 Установка HPL панелей на приховане кріплення.....	104
Висновки до розділу 4.....	107
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	108
5.1 Технічні рішення з безпечного виконання роботи в процесі дослідження ефективності процесів та систем.....	109
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.	109

5.1.2 Електробезпека.....	111
5.2 Технічні рішення з виробничої санітарії.....	112
5.2.1 Мікроклімат	112
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	113
5.2.3 Виробниче освітлення.....	114
5.2.4 Виробничий шум.....	116
5.2.5 Виробничі вібрації.....	117
5.2.6 Психофізіологічні фактори.....	118
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	120
5.3.1 Розрахунок коефіцієнту протирадіаційного захисту підвального приміщення громадської будівлі.....	120
Висновки до розділу 5.....	125
РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	126
6.1 Вихідні дані	126
6.2 Розрахунок кошторисного прибутку	127
6.3 Техніко-економічні показники по об'єкту	128
Висновки до розділу 6.....	129
ВИСНОВКИ.....	130
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	132
Додаток А. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	137
Додаток Б. Локальні кошториси.....	138
Додаток В. Відомість аркушів графічної частини.....	142

ВСТУП

В сучасних умовах енергоефективність та ресурсозбереження визначають основний вектор економічного розвитку будь-якої розвиненої країни. На сьогоднішній день основним показником рівня розвитку суспільства є показники питомого споживання енергоресурсів на одиницю продукції, а також витрати енергії, необхідно для забезпечення нормованих показників мікроклімату і комфортного середовища всередині приміщень будівель. Приймаючи до уваги, що близько 30% енергетичних ресурсів витрачається на забезпечення цих комфортних умов перебування у приміщення будівель, особлива увага приділяється до продукції промисловості будівельних матеріалів і до самих будівельно-технологічних і архітектурних рішень.

Розробка проектів, будівництво та подальша експлуатація житлових, громадських і промислових будівель за принципом зниження обсягів енергоспоживання є одним із перспективних шляхів вирішення важливих народногосподарських задач сьогодення. Будівництво енергоефективних, енергозберігаючих будівель передбачає використання для проектування і влаштування елементів огорожувальних конструкцій нових конструктивних рішень, технологій, теплоізоляційних будівельних матеріалів.

В сучасних умовах проектування і будівництва, кожен із напрямків удосконалення науково-технічних рішень стосовно забезпечення регламентованих показників енергоефективності житлових та громадських будівель передбачає перелік заходів, спрямованих на скорочення обсягів експлуатаційних витрат. У загальному переліку слід виділити чотири основні напрями економії енергоресурсів, що враховують практику проектування і експлуатації будівель:

- вдосконалення архітектурних і об'ємно-планувальних рішень будівель і приміщень всередині них;
- розробка нових типів огорожувальних конструкцій, які володіють

підвищеними теплозахисними показниками;

- підвищення ефективності роботи систем опалення, водопостачання, вентиляції та кондиціювання повітря;

- оптимальне використання природного освітлення.

Особливу увагу слід приділити розробці та створенню будівельних теплоізоляційних матеріалів нового покоління. Протягом останніх років активно ведуться дослідження зі створення ефективних теплоізоляційних матеріалів нового покоління на основі мінеральних порошоків, з використання технології вакуумування у спеціальних пакетах. Такі розвинені країни, як Німеччина, Японія, США, Китай виробляють і використовують у будівництві вакуумні теплоізоляційні панелі, форму і геометрію яких надає мінеральний порошок, який виконує роль заповнювача. Виготовлені з використанням такого матеріалу теплоізоляційні панелі мають коефіцієнт теплопередачі в межах 0,002-0,02 Вт/(м·К), що значно нижче, ніж будівельні теплоізоляційні вироби з пінополістиролу або пінополіуретану.

Таким чином, постає актуальне завдання створення нових фізико-технічних та конструктивно-технологічних основ влаштування теплоефективних огороджувальних конструкцій будівель для забезпечення потрібних показників з ефективності експлуатації житлових і громадських будівель.

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена розробці ефективної технології влаштування огороджувальних конструкцій при будівництві громадських будівель, яка в розрізі теоретично-аналітичних досліджень і обґрунтувань технічних рішень передбачає використання вакуумних ізоляційних панелей. Такі вироби характеризуються надвисокими показниками теплоізоляційних характеристик.

Актуальність теми.

Будівництво, як комплексний процес створення нових будівель і споруд, є одним з основних споживачів енергії у загальному переліку сфер народного господарства, що становить близько 41%. Цей показник

характерний як для країн Європейського союзу, так і для України, про що свідчать статистичні дані. Тема економії енергоспоживання у будівництві є достатньо актуальною і є найбільш поширеним предметом досліджень науковців в різних країнах світу. Завдяки зменшенню обсягів споживання енергетичних ресурсів в усіх сферах нашого життя буде отримана можливість не тільки заощадити їх витрати, але й значно покращити екологію навколишнього середовища. Створення та використання нових типів енергозберігаючих технологій при виготовленні будівельних матеріалів та конструктивних елементів будівель є надто гострою проблемою, що і є підтвердженням актуальності досліджень.

Одним із напрямків наукових розробок стосовно досягнення зниження витрат паливно-енергетичних ресурсів, що йдуть на експлуатацію будівель, є створення комплексного підходу до енергозбереження за рахунок вдосконалення архітектурно-планувальних, конструктивних рішень та інженерного обладнання будинків з урахуванням регіональних кліматичних, техніко-економічних, соціальних і екологічних особливостей.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дана магістерська кваліфікаційна робота виконана в рамках напрямків наукових досліджень кафедри Будівництва, міського господарства та архітектури ВНТУ, спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Мета та задачі дослідження.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка ефективних типів огорожувальних конструкцій, які дадуть змогу мінімізувати теплові втрати і створять комфортні умови мікроклімату в приміщеннях громадських будівель у кліматичних умовах України, відповідно до нормативних теплофізичних характеристик.

У відповідності з поставленою метою необхідно було вирішити наступні задачі:

– провести аналіз сучасного стану питання щодо енергозберігаючих огорожувальних конструкцій та технологій ефективної теплоізоляції в

Україні і за кордоном;

– дослідити теплотехнічні властивості зовнішніх огороджувальних конструкцій, виготовлених з використанням інноваційних теплоізоляційних матеріалів, з метою підвищення енергоефективності будівель;

– провести теплотехнічні розрахунки для варіантів огороджувальних конструкцій із застосуванням вискоефективних теплоізоляційних матеріалів;

– виконати роботи з проектування і розрахунок архітектурно-будівельних та конструкторських рішень для будівництва громадської будівлі;

– запроєктувати і розрахувати технологічні параметри будівельних процесів для об'єкту будівництва;

– розрахувати клас енергетичної ефективності проєктованої громадської будівлі, розробити енергетичний сертифікат;

– виконати розрахунок економічного ефекту для запропонованих варіантів огороджувальних стінових конструкцій із застосуванням інноваційних теплоізоляційних матеріалів;

– розробити заходи з охорони праці та оцінки впливів надзвичайних ситуацій при будівництві та подальшій експлуатації громадської будівлі.

Об'єкт дослідження.

Об'єктом даного дослідження є енергоефективні багат шарові огороджувальні конструкції громадських будівель, їх теплотехнічні та економічні показники.

Предмет дослідження.

Предметом дослідження є оцінка енергоефективності зовнішніх огороджувальних конструкцій із застосуванням інноваційних теплоізоляційних матеріалів.

Наукова новизна.

– розкрито комплексний механізм встановлення та обґрунтування факторів, що впливають на теплотехнічні характеристики інноваційних

теплоізоляційних матеріалів;

– запропоновано і розроблено новий варіант елементів зовнішніх огорожувальних конструкцій на прикладі стіни з максимальними показниками енергозбереження.

Практичне значення результатів роботи.

Запропоновані в магістерській кваліфікаційній роботі варіанти енергоефективних огорожувальних конструкцій можуть бути використані для вибору раціонального конструктивного рішення при проектуванні громадських та житлових будівель, яке буде відповідати сучасним нормативним вимогам щодо енергозбереження.

Апробація та публікації.

За тематикою досліджень магістерської кваліфікаційної роботи підготовлено наукові публікації і зроблені доповіді:

- на тему «Сучасні ефективні технології влаштування огорожувальних конструкцій при будівництві громадської будівлі» на ЛІІ Науково-технічній конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2023). [Електронний ресурс]. Режим доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/18510>.

Структура та обсяг роботи.

Робота складається із вступу, шістьох розділів, загальних висновків, списку використаної літератури та додатків. Графічна частина представлена на 16 аркушах формату А1.

РОЗДІЛ 1

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ЗОВНІШНІ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ

1.1 Нормативні вимоги та національні стандарти в галузі енергоефективного будівництва

Енергетична ефективність будівлі - це властивість будівлі, її конструктивних елементів та інженерного обладнання забезпечувати протягом очікуваного життєвого циклу будівлі побутові потреби людини та оптимальні мікрокліматичні умови для її перебування та/або проживання у приміщеннях такої будівлі при нормативно допустимому (оптимальному) рівні витрат енергетичних ресурсів на опалення, освітлення, вентиляцію, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання з урахуванням місцевих кліматичних умов за ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [2] та Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» [1].

1.1.1 Аналіз нормативних джерел щодо енергоефективності в Україні

З виходом ДБН В.2.6-31-2006 «Теплова ізоляція будівель» 2007-го року в Україні почала втілюватися на нормативному рівні енергоефективність у новому будівництві та реконструкції існуючих будівель житлового й громадського призначення і була підкріплена ДСТУ Б А.2.2- 8:2010 «Розділ Енергоефективність у складі проектної документації об'єктів» [12], який ввів окремий розділ «Енергоефективність» у складі проектної документації .

Українські нормативи енергоефективності будівель на той момент відповідали прийнятій у Європі Директиві 2002/91/ЄС.

Основні методологічні чинники цієї директиви наступні: загальні методології розрахунків; мінімальні вимоги у новому будівництві; мінімальність при реконструкції; енергетична сертифікація будівель;

регулярна інспекція.

На сучасному рівні нормативного забезпечення Україна має зобов'язання в реалізації ще трьох основних директив Європейського Союзу:

- Директива 2010/30/ЄС. Про вказування обсягів споживання енергії та інших ресурсів енергоспоживчими продуктами за допомогою маркування та стандартної інформації про товар;

- Директива 2010/31/ЄС. Про енергетичні характеристики будівель (EPED);

- Директива 2006/32/ЄС. Про енергетичні послуги та ефективність кінцевого використання енергії (з 25.10.2012 EED 2012/27/ЄС Про енергоефективність).

Перша директива перебуває у стадії технічної підготовки, обговорення та необхідного погодження. Друга і третя директиви вже знайшли своє втілення у нормативних документах України.

З виходом у 2013 році стандарту ДСТУ Б ENISO 13790:2011 [9] відбувся перехід на новий рівень оцінки енерговитрат будівлі, коли крім опалення передбачається враховувати й охолодження.

Переходом на новий рівень проектування є вихід ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель». У стандарті прописано три основних методи оцінки енерговитрат: сезонний або місячний, спрощений погодинний та метод деталізованого моделювання. В Україні прийнято перший метод, як більш простий і який спирається на існуючий досвід визначення сезонних енерговитрат на опалення.

З виходом у 2022 році нового ДБН В.1.2-11:2021 «Енергозбереження та енергоефективність» на заміну ДБН В.2.6-11:2008 було визначено основні вимоги щодо економії енергії та енергетичної ефективності, які здійснюються за рахунок використання системи заходів з [14]:

- проектування теплоізоляційної оболонки об'єктів будівництва з забезпеченням зниження теплових витрат через її елементи;

- використання об'ємно-планувальних рішень об'єктів будівництва, що

одночасно забезпечують зниження теплових витрат через теплоізоляційну оболонку та теплові надходження від сонячної радіації;

- застосування конструктивних рішень та обладнання, що забезпечують використання відновлюваних джерел енергії (включаючи сонячну радіацію) для потреб забезпечення необхідних параметрів внутрішнього повітря та для гарячого водопостачання;

- забезпечення регульованого повітрообміну допустимого санітарними нормами;

- проектування інженерного устаткування з урахуванням експлуатаційних температурних, вологісних режимів та технологічних процесів об'єктів будівництва;

- проектування конструктивних рішень елементів теплоізоляційної оболонки з урахуванням змін теплофізичних характеристик матеріалів в процесі експлуатації виробів.

1.1.2 Стандарти енергетичної сертифікації країн світу

Аналіз літературних джерел дозволяє виділити наступні стандарти енергетичної сертифікації країн світу:

Leadership in Energy and Environmental Design [25] – один з найбільш популярних видів добровільної сертифікації у галузі будівництва (США) (англ. LEED). Цей стандарт сприяє впровадженню енергоефективних технологій будівництва, зокрема з натуральних матеріалів завдяки розробці і впровадженню універсальних інструментів оцінки показників енергоефективності. В нашій країні за цим стандартом сертифіковані будівлі посольства США, та офіс компанії Shell (в бізнес-центрі «Торонто»);

German Sustainable Building Certificate [27], сертифікат стійкого будівництва (DGNB) – (Німеччина). Характеризується основними шістьма показниками: екологічним, економічним, соціокультурним і функціональним, технологічним, експлуатаційним і за місцем розташування.

В нашій державі цим стандартом виконано сертифікацію одного об'єкту – супермаркет компанії Billa в Києві;

The Building Research Establishment [26], метод екологічної експертизи – (Великобританія). Дана методика має дев'ять основних критеріїв: відходи, землекористування та екологія, матеріали, шкідливі викиди в атмосферу, водокористування, транспорт, енергетика, менеджмент та здоров'я та благоустрій. В нашій країні попередню сертифікацію за цим стандартом отримали бізнес-центри «Оптіма» у Львові та «Астарта» в Києві;

Французька система Високої якості навколишнього середовища (Haute Qualité Environnementale – HQE) – визначає 14 екологічні мети будівництва, розділених на чотири групи: місце будівництва, управління, здоров'я, комфорт. Ці цілі впливають на всі етапи процесу проектування і будівництва, а також враховують землекористування, ландшафти, інфраструктуру і транспортні системи.

В Україні, на жаль, ще не створено національного стандарту, який би нормував «зелене» будівництво та мав би чітку шкалу маркування критеріїв для визначення класності, як це практикується у світі.

В якості прикладу, що відображує позитивну динаміку змін щодо енергозбереження у країнах Євросоюзу, наведемо приклад сусідньої Польщі. У табл. 1.1 представлені максимальні значення коефіцієнтів теплопередачі (U) для різних типів непрозорих огорожувальних конструкцій (дійсні з січня 2014 року, відповідно до наказу Міністра інфраструктури, будівництва та морського господарства [28]). Вона демонструє прогресивні зміни та ступінь посилення вимог у цій сфері щодо внутрішньої температури в опалюваному приміщенні або з різницею між опалюваним та неопалюваним приміщенням не менше 16 °С.

Таблиця 1.1 - Значення коефіцієнта теплопередачі непрозорих огороджувальних конструкцій для житлових та громадських будівель в Польщі

Тип огороджувальної конструкції	Коефіцієнт теплопередачі U (Вт/(м ² К))								
	1974	1982	1991	1998	2002	2008	Згідно наказу Міністра [33]		
							з 01.01.2014	з 01.01.2017	з 01.01.2021
Зовнішня стіна при $t_i \geq 16$ °C	1,16	0,75	0,55	0,30	0,30	0,25	0,25	0,23	0,20
Внутрішні стіни, що відділяють опалювані приміщення від неопалюваних	1,45	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,30	0,30	0,30
Покрівлі, плоскі покрівлі, перекриття над переходами	0,70	0,45	0,30	0,30	0,25	0,22	0,20	0,18	0,15
Перекриття нижче неопалюваного горища	0,93	0,40	0,30	0,30	0,25	0,22	0,20	0,18	0,15
Перекриття над опалюваними та неопалюваними приміщеннями	1,16	1,00	0,60	0,60	0,45	0,50	0,25	0,25	0,25
Підлога по ґрунту	1,16	0,60	0,67	0,67	0,50	-	0,30	0,30	0,30

1.2 Загальні конструктивні принципи зовнішніх огороджувальних конструкцій із фасадною теплоізоляцією. Огляд та порівняння сучасних фасадних систем

Огороджувальні конструкції мають основну функцію - це створення захисного бар'єру для забезпечення параметрів мікроклімату внутрішніх приміщень та комфортних умов проживання для мешканців. Інженерно-технічні фахівці будівельної галузі повинні володіти методиками інтегрування характеристик будівельних матеріалів, систем та компонентів в огороджувальній конструкції будівлі, щоб задовольнити потреби мешканців житлових приміщень, створюючи поліфункціональну конструкцію. Серед найпоширеніших негативних факторів, що можуть призводити до порушень цілісності та теплофізичних характеристик огороджувальної конструкції будівлі, фахівці виділяють понаднормові тепловтрати та вологопроникність у товщу огороджувальної конструкції будівлі.

Зовнішні вертикальні огороджуючі конструкції громадських та житлових будівель (стіни) не тільки створюють загальний архітектурний вигляд будівлі, а й відіграють важливу роль при формуванні мікроклімату приміщень.

Сучасні нормативні вимоги щодо забезпечення комфортних умов проживання та підвищення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій висуваються не лише до об'єктів нового будівництва, а й до вже побудованих будинків. Розробка нових інженерно-проектних рішень для збільшення опору теплопередачі елементів огороджувальних конструкцій передбачає як правило влаштування багатошарових конструкцій. При цьому теплозахист конструкції прийнято виконувати ззовні будівлі. У складі проектних рішень фахівцями приймаються до уваги два основних типи технологій виконання робіт: технологія «морого фасаду» і технологія вентиляованого фасаду.

Вимоги до фасадних (збірних) систем встановлюються ДБН В.2.6-

ЗЗ:2018 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування» [4].

1.2.1 Система «мокрого фасаду»

Система *«мокрого» фасаду»,* або згідно ДБН В.2.6-33:2018 – конструкція зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням легкою/товстошаровою штукатуркою [4]- є найбільш традиційною, розповсюдженою з сучасних фасадних систем. Незважаючи на це, у випадку застосування сучасних ефективних матеріалів належної якості, а також ретельного дотримання технологічної послідовності та регламентів виконання операцій, такі системи виявляються ефективними навіть при зведенні нових та реконструкції існуючих будівель та споруд.

Приклад будівлі з фасадною системою типу «мокрый фасад» зображено на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 - Фасадна система типу «мокрый фасад»

Такий фасад являє собою багатошарову фасадну систему, яка отримала значне розповсюдження для житлових та громадських будівель [3, 5]. У

складі даної фасадної системи комбінуються шари з матеріалів різного призначення, які закріплюються на самонесучу або несучу стіну будівлі в певній послідовності з зовнішнього боку. Розробником фасадної системи жорстко регламентується перелік елементів та порядок їх розташування, при якому комбінація функціонального призначення кожного з них призводить до досягнення необхідного рівня тепло-, вітро-, звукоізоляції в порівнянні з довговічністю та сприятливими естетико-психологічними властивостями готового фасаду протягом всього терміну експлуатації.

Різні виробники фасадних систем типу «мокрый фасад» можуть дещо змінювати перелік та порядок шарів системи, проте у загальному випадку склад постійний (рис.1.2) та частіше всього представлений наступною послідовністю:

а) Основа. Даний шар представлений безпосередньо конструкційним матеріалом стіни – цегла, газобетон, керамічні блоки, тощо. Єдина вимога до цього матеріалу відносно придатності до застосування системи мокрого фасаду – можливість кріплення утеплювача та послідуєчих шарів, а також достатня міцність для сприйняття навантаження від них. Крім того, матеріал стіни має бути проникним для повітря та водяної пари для сприяння ефективного виведення вологи крізь фасадну систему;

б) Старий шар покриття (при реконструкції будівлі). Деякі регламенти реконструкції від виробників фасадних систем дозволяють використання старого оздоблення фасаду як додаткового захисного шару, але тільки за умови його надійного кріплення. Проте в більшості випадків його все ж демонтують перед улаштуванням фасадної системи;

в) Закріплююча ґрунтовка. Заповнює нерівності, пори, тріщини, інші конструктивні недоліки; забезпечує міцну основу для укладання наступних шарів;

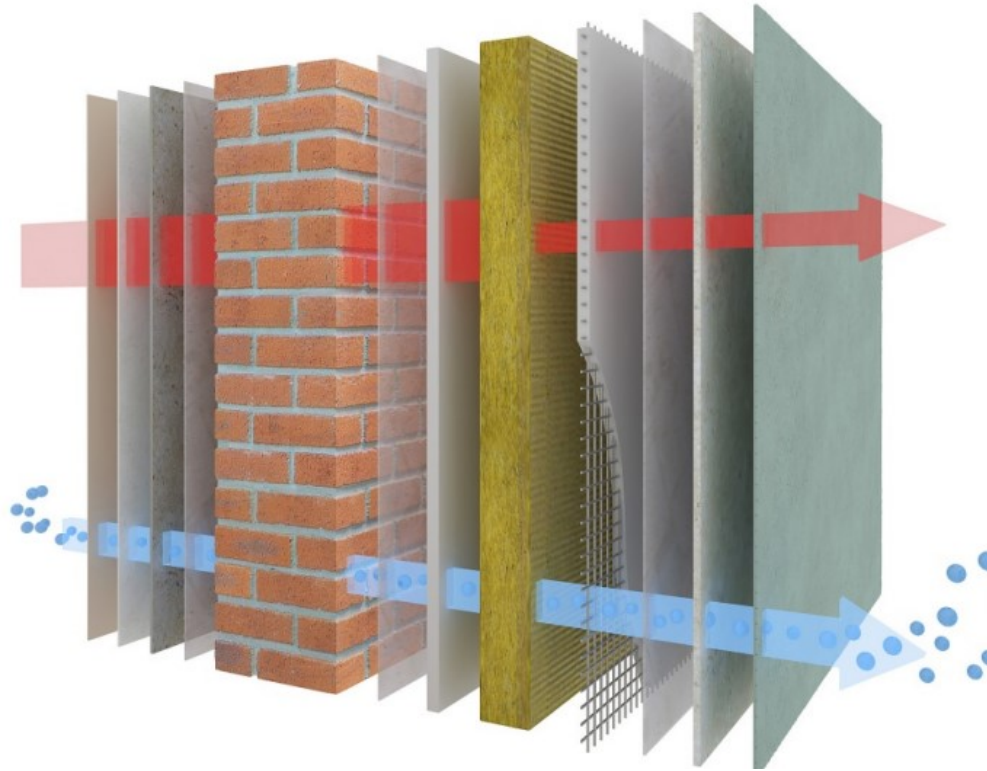


Рисунок 1.2 - Конструкція системи типу «мокрый фасад»

г) Клейовий шар. Даний шар одночасно закріплює наступний шар (утеплювач), забезпечує його щільне прилягання, а також рівномірне передавання зусиль між шарами. Під час виконання робіт клей готується безпосередньо на місці виконання робіт шляхом затворювання водою сухої суміші в певній пропорції, проте можливе і використання готової клейової суміші. Оптимальна клейова суміш повинна забезпечувати тривалий термін укладання матеріалів та їх вирівнювання до початку тужавіння, а також швидкий набір міцності в процесі тужавіння.

д) Утеплювач. Плити з базальтового волокна, мінеральної вати, екструдованого пінополістиролу, інших теплоізоляційних матеріалів. Вказані матеріали наклеюються на заґрунтовану конструкцію стіни, і додатково закріплюються фасадними дюбелями.

е) Армуюча сітка. Шар утеплювача також покривається ґрунтовкою (тонкою штукатуркою), але по сітці. Таким чином утворюється перший захисний шар утеплювача, який закриває його від шкідливих впливів, атмосферних опадів, силових факторів, тощо. Склопластикова чи металева

сітка підсилює роботу штукатурного шару на розтяг, а також збільшує опір точковим навантаженням.

ж) Адгезійна ґрунтовка. Шар ґрунтовки, який призначений для підсилення прилягання зовнішнього оздоблювального шару до утеплювача та забезпечення їх сумісної роботи.

з) Декоративна обробка. Шар декоративної штукатурки, фарбування, тощо. Забезпечує безпосередньо зовнішній естетично привабливий вигляд, основний захист від дії зовнішніх факторів, тощо.

До переваг системи «мокрого» фасаду традиційно відносять:

- гарні теплоізоляційні властивості;
- відсутність необхідності застосування спеціалізованого інструменту для улаштування фасадної системи;
- зменшення ваги елементів фасадної системи призводить до зменшення навантаження на несучі конструкції будівлі;
- невелика вартість фасадної системи;
- різноманітність матеріалів та можливість поєднання складових систем різних виробників;
- різноманіття кольорів, фактур, структурних обробок зовнішнього шару фасаду.

Серед недоліків такої фасадної системи виділяють наступні:

- зовнішній шар фасадної системи мало піддається очищенню, відповідно підвержений забрудненню та зволоженню;
- можливий вплив погодних умов на якість виконання робіт;
- наявність «мокрих» процесів, виконання яких можливе тільки за умови температури повітря понад +5°C;
- пошкодження зовнішнього шару одразу викликає оголення нижче розташованих шарів, що збільшує вірогідність їх пошкодження та зниження ізоляційних властивостей.

1.2.2 Система навісного «вентильованого фасаду»

З приходом нових індустріальних методів виготовлення сучасних будівельних матеріалів та виробів, розвитком хімічної промисловості та утворення складних високоякісних довговічних виробів, отримав поширення інший тип фасадної системи – система навісного фасаду з вентильованим повітряним прошарком [5, 29], або, згідно ДБН В.2.6-33:2018 – конструкція зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією з вентильованим повітряним прошарком та опорядженням індустріальними елементами [4]. Даний тип фасадної системи застосовується як при спорудженні нових будівель, так і для реконструкції (термомодернізації) існуючих будівель. Зовнішній вигляд системи вентильованого фасаду показаний на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 - Зовнішній вигляд будівлі з системою «вентильованого фасаду»

На відміну від мокрого фасаду, дана система у своєму складі має безпосередньо незайнятий простір між основними шарами – утеплювачем та зовнішнім огорожувальним шаром – який природнім чином заповнюється

повітрям з навколишнього середовища (рис.1.4). Причому товщина цього прошарку може складати 50-100-150 мм, а зовнішній шар можуть виконувати не суцільним, з метою сприяння вільного повітрообміну. При цьому фасадна система набуває ряду властивостей, які підвищують її огорожувальні функції.



Рисунок 1.4 - Конструкція фасадної системи з вентиляльованим повітряним прошарком

Вентилюваний повітряний прошарок фактично утворює вентиляційну трубу на всю висоту стіни будівлі. Внаслідок різниці тиску в нижній та верхній частинах утворюється постійний вертикально спрямований потік повітря, який сприяє ефективному відведенню вологи з конструкції стіни будівлі та внутрішніх приміщень. Ефективний утеплювач забезпечує роботу конструктивного шару стіни в зоні додатніх температур навіть взимку. А відсторонення зовнішнього оздоблювального шару підвищує захист утеплювача від перегріву прямими сонячними променями, а також «косого» дощу, що призводить до підвищення тривалості служби. Схема функціонування вентиляльованого фасаду показана на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 - Функціонування вентиляованого фасаду

У загальному випадку перелік шарів наступний:

а) Основа. Як і у випадку «мокрого фасаду», основа має забезпечувати можливість переважно анкерного кріплення. В якості анкерів застосовуються анкери різного типу, в тому числі і хімічні, в залежності від властивостей конкретного матеріалу (щільності, міцності, несучої здатності, твердості, тощо) та параметрів конкретної системи.

б) Утеплювач. Плити з мінеральної вати, базальтового волокна, екструдованого пінополістиролу, та інших теплоізоляційних матеріалів. Прикріплюються дюбелями особливої конструкції безпосередньо до основи. При цьому для більшості технологічних регламентів улаштування фасадних систем даного типу не передбачається використання адгезійних шарів – штукатурок, ґрунтовок, тощо.

в) Мембрани. На відміну від системи мокрого фасаду, до складу вентиляованого фасаду входять одна або декілька сучасних ефективних мембран, які виконують вітро-, парозахисні функції. Можуть мати односторонню або двосторонню непроникність.

г) Система кріплення зовнішнього шару фасадної системи [30].

Основний несучий елемент фасадної системи. Навіщується безпосередньо на основу стіни. Послідуючі шари утеплювача та мембран наносяться на систему кріплення, на зовні випускаються тільки спеціальні випуски для кріплення зовнішнього оздоблювального шару. Саме дана система кріплення забезпечує розташування зовнішнього ізоляційного шару на деякій відстані від утеплювача та мембран – 50...150 мм – з метою утворення повітряного прошарку.

д) Оздоблювальний шар. Шар керамічних, керамогранітних, металевих, пластикових, інших елементів. Можуть мати різноманітний розмір, товщину, вагу, колір, міцність, тощо. Забезпечують захист внутрішніх шарів фасадної системи від зовнішніх силових та несилових впливів.

До переваг системи вентильованого фасаду традиційно відносять:

- висока ремонтпридатність системи через модульність елементів та відсутність мокрих процесів при виконанні робіт;
- естетичність внаслідок різноманіття матеріалів, кольорів, розмірів та форм елементів оздоблення;
- захист від опадів. Зовнішня волога навіть під час косоного дощу не потрапляє на утеплювач внаслідок наявності спеціальних дренажних каналів;
- значна теплоізоляційна властивість фасадної системи. Оскільки конструкція вентильованого фасаду призводить до постійного виведення вологи з конструкції стіни назовні, утеплювач залишається сухим, що підвищує його довговічність та унеможлиблює розвиток грибків та плісняви. Крім того, можливий періодичний огляд утеплювача з метою визначення його поточного стану та своєчасної заміни;
- можливість миття фасадної системи і як наслідок збільшення тривалості служби та естетичних властивостей;
- підвищена довговічність фасадної системи, що сягає 40-50 років;
- пожежостійкість внаслідок використання ефективних важкогорючих та негорючих матеріалів;
- стійкість до деформації. Несуча система виготовляється з

високоміцних алюмінієвих або нержавіючих сталевих профілів. В результаті механічна міцність складових системи в декілька разів вища за міцність елементів системи «мокрих» фасадів.

Недоліки системи вентильованого фасаду в порівнянні з іншими системами представлені наступними факторами:

- висока вартість фасадної системи в порівнянні з системою мокрого фасаду;

- складність монтажу та низька уніфікованість між системами різних виробників. Процес монтажу передбачає низку навичок та вимагає застосування спеціалізованого інструменту при дотриманні технологічного регламенту виробника. Системи різних виробників не сумісні між собою, тому потребують комплексного обслуговування та ремонту з використанням відповідних рішень виробника. Це підвищує вартість виконання робіт.

Висновки до розділу 1.

1. Основою для визначення принципів підвищення енергоефективності житлових та громадських будівель є теплоізоляційна оболонка будинку, як збірна система, що складається з огорожувальних та теплоізоляційних конструкцій. Від теплофізичних властивостей даної системи безпосередньо залежить рівень забезпеченості комфортних умов в приміщеннях будівель та енергетичні витрати.

2. Енергоефективність як огорожувальних конструкцій, так і будівлі в цілому залежить від широкого спектру різноманітних критеріїв. Факторами, які прямо впливають на енергоефективність конструкції стіни, є фізико-механічні та теплофізичні параметри стінових матеріалів, послідовність їх розташування у зовнішній огорожувальній конструкції.

3. В розділі розглянуто сучасні конструктивні принципи зовнішніх огорожувальних конструкцій із фасадною теплоізоляцією - система «мокрый фасад» та система «вентильований фасад». Проведено порівняльний аналіз переваг та недоліків цих систем.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕВАГ СУЧАСНИХ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1 Інноваційні високоефективні теплоізоляційні матеріали, що використовуються для зовнішніх огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель

2.1.1 Класифікація теплоізоляційних матеріалів

Теплоізоляційні матеріали – будівельні вироби та матеріали, що мають забезпечити теплову ізоляцію будівель та споруд, різноманітної апаратури, установок, холодильних камер, трубопроводів, транспортних засобів тощо, з метою забезпечення теплових втрат у навколишнє середовище. Теплозахисні властивості теплоізоляційних матеріалів обумовлені їх малою щільністю, а також пористою структурою.

Теплоізоляційні матеріали класифікують за такими ознаками: вид сировини, форма і зовнішній вигляд, структура, середня щільність, твердість, теплопровідність та еластичність.

За типом первинної сировини теплоізоляційні матеріали поділяються на три групи – неорганічні, органічні та композиційні.

До *неорганічних* відносяться теплоізоляційні матеріали на мінеральній основі. До *органічних* відносяться матеріали, що отримані з переробки деревини, соломи, очерету, відходів торфу, а також газонаповнені пластмаси. *Композиційні* матеріали являють собою суміш неорганічних матеріалів або різні композиції органічної та неорганічної сировини. До них відносяться, наприклад, вироби з латоніту, що складаються з піску, цементу і целюлозних волокон; вулканічні продукти, отримані із суміші діатоміту, азбесту та вапняку; включають арболітові та фібролітові вироби, сформовані з відходів деревини та цементу.

За формою та зовнішнім виглядом теплоізоляційні матеріали бувають:

- тверді штучні (фасонні плити, блоки, цегла, сегменти, циліндри, напівциліндри);
- рулонні та шнурові (мати, шнури, стрічки, смуги);
- м'які насипні (скловата, мелений діатоміт, перлітовий порошок тощо).

За структурою теплоізоляційні матеріали поділяються на: волокнисті (мінеральне волокно, скловата та ін.), зернисті (спучений перліт, вермикуліт), пористі (пінопласт, пінополістирол, газо- та пінобетонні вироби).

За *середньою щільністю* теплоізоляційні матеріали поділяються на кілька груп і марок.

До першої групи належать спеціальні матеріали низької щільності марок 15, 25, 35, 50 і 75 (базальтове волокно, каолінове волокно, набряклий перліт та ін.). До другої групи відносяться матеріали низької щільності марок 100, 125, 150 і 175 (мінераловатні плити, шиті мінераловатні мати). До третьої групи відносяться матеріали середньої щільності 200, 225, 250, 300 і 350 (бітумно-мінераловатні плити, різні вапняково-кремнеземні та перліто-цементні вироби). До четвертої групи відносяться щільні: 400, 450, 500, 600 (ніздрюваті бетони, вироби з діатоміту).

За *твердістю* теплоізоляційні матеріали поділяються на: м'які, напівтверді, тверді, високо тверді та міцні. Такий відрив зумовлений відносною деформацією виробу при стисненні. Наприклад, стиснення м'яких матеріалів становить 30% при питомому навантаженні 0,002МПа, а стиснення твердих матеріалів – 10% при питомому навантаженні 0,1 МПа.

За теплопровідністю теплоізоляційні матеріали розділяють на три класи:

- до класу А належать матеріали з низькою теплопровідністю (до $\lambda=0,06$ Вт/(м·К));

- до класу В - матеріали з середньою теплопровідністю ($\lambda=0,06-0,115$ Вт/(м·К));

- до класу С - матеріали з високою теплопровідністю ($\lambda=0,115-0,18$ Вт/(м·К)).

При розподілі на ці класи коефіцієнт теплопровідності матеріалу

визначається при температурі 25⁰С.

Ще одна класифікація – розподіл теплоізоляційних матеріалів на негорючі та горючі.

2.1.2 Основні властивості теплоізоляційних матеріалів

За властивостями теплоізоляційні матеріали поділяються на функціональні та будівельно-цільові.

До функціональних властивостей, що визначають основне призначення, відносяться теплопровідність, а також пористість, розміри і структура яких істотно впливають на якість теплоізоляційних матеріалів. Функціональні властивості визначаються основним призначенням матеріалу. Для теплоізоляційних матеріалів такими властивостями є теплопровідність, температура застосування.

Теплопровідність – основна функціональна характеристика конструкцій з теплоізоляційних матеріалів, під якою розуміють здатність матеріалу пропускати тепло через свій шар, що обумовлено різницею температур на протилежних поверхнях. Цей показник характеризується кількістю теплової енергії (Дж), що проходить через зразок матеріалу товщиною 1м і площею 1м², при різниці температур 1К на протилежних поверхнях за 1с. Теплопровідність позначається грецькою літерою λ , вимірюється у Вт/(м·К) або Вт/(м·⁰С).

На теплопровідність матеріалів впливають умови використання матеріалу, які визначаються середньою щільністю, структурою матеріалу, напрямком теплового потоку, хімічним складом і наявністю добавок, пористістю і характером матеріалу, сумісним впливом температури, вологості та тиску.

Коефіцієнт теплопровідності різних матеріалів має дуже широкі діапазони, наприклад: 0,024 Вт/(м·К) – при 0⁰С в нерухомому стані та 0,075 Вт/(м·К) для повітря при 1000⁰С; 0,55 Вт/(м·К) при 0⁰С і 0,7 Вт/(м·К) при 100⁰С для води; 2,5 – для льоду; 0,11-0,17 – для деревини; 0,45-0,8 – для

глиняної цегли; 45-60 – для сталі і чавуну.

Питома температура застосування – властивість цих теплоізоляційних матеріалів за умов тривалої експлуатації матеріалу, характеризується значенням T_n . Ця температура трохи нижча за температурну стабільність матеріалу, оскільки враховує дію руйнівних процесів у матеріалі при впливі на нього високих температур.

Значення T_n , °C для деяких теплоізоляційних матеріалів: мінеральної вати – 600, скловати – 450, вогнестійкої мулітокремнеземної вати – 1150, пінопласту – 400, ніздрюватого бетону – 400-700, мінераловатних виробів – 60-180, торф'яних плит – 100, газонаповненої пластмаси – 60-180.

Пористість – одна з важливих характеристик теплоізоляційних матеріалів, яка визначає частку (відсотковий склад) газової (повітряної) фази в об'ємі матеріалу. Пористість поділяється на загальну, відкриту та закриту.

Загальна пористість описує відношення всіх пор до об'єму матеріалу від загального об'єму (пропорційно або у відсотках).

Відкрита пористість пропускає в середину продукту вологу і газ, погіршуючи експлуатаційні властивості теплоізоляційних матеріалів. Це підвищує теплоємність і теплопровідність, прискорює хімічну і фізичну корозію твердої фази.

Закрита пористість відображує об'єм закритих пор в об'ємі матеріалу. Конструкція із закритою пористістю забезпечує теплоізоляційну стійкість виробу. При виробництві теплоізоляційних матеріалів з комірчастою структурою рекомендується збільшувати саме закриту пористість. Це досягається шляхом контролю кінетики.

До будівельних властивостей теплоізоляційних матеріалів можна віднести – зручне транспортування, обслуговування та ефективне використання. Крім того, основними характеристиками для теплоізоляційних матеріалів є міцність, вогнестійкість, а також хімічна стійкість, біо- та атмосферна стійкість.

2.1.3 Порівняльний аналіз традиційних та сучасних теплоізоляційних матеріалів

З кожним роком стрімко зростає ринок теплоізоляційних матеріалів. До найбільш відомих традиційних ізоляційних матеріалів відносяться:

- *Пінополістирол*, є синтетичним матеріалом, створеним шляхом спінювання гранул полістиролу. Це найпопулярніший ізоляційний матеріал, в основному через його ціну та відносно просту обробку;
- *Графітовий полістирол (сірий)* — різновид пінополістиролу з додаванням графіту, який за рахунок покриття EPS зводить до мінімуму теплопередачу за рахунок випромінювання, покращуючи теплові параметри матеріалу;
- *Екструдований полістирол*, створюється в процесі розширення газу, завдяки чому утворюється піна із замкнутою структурою, що змінює свої властивості по відношенню до пінополістиролу. Замкнута структура гарантує мінімальне водопоглинання (менше 0,5%), більшу міцність та кращі теплові параметри;
- *Мінеральна вата* — неорганічний волокнистий матеріал, виготовлений з кам'яної сировини (кам'яна вата) або кварцового піску та склобою (скловата);
- *Піни PUR (поліуретан) та PIR (поліізоціанурат)* — напилені або укладені у вигляді твердих плит, з вогнестійкими властивостями, які поділяють їх на волокно та полістирол. Теплові властивості можуть бути вдвічі кращими, ніж у звичайних ізоляційних матеріалів. Коефіцієнт теплопровідності $\approx 0,02 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;
- *Кліматичні плити* — плити із силікату та вапняку (пісок та вапно), що утворюють відкриту каркасну структуру. Це паропроникний матеріал, який часто використовується для теплоізоляції зсередини, де звичайна ізоляція зовні неможлива через історичний фасад;
- *Пінопласти фенольні* — виготовляються з фенолформальдегідних смол, найчастіше у вигляді плит або арматури. Використовуються для ізоляції

споруд, характеризуються закритою структурою (низьке водопоглинання) та високою механічною міцністю;

- *Целюлозні волокна* — гранули або мати, отримані в процесі переробки та просочування паперових клаптів (які набувають стійкості до дії мікроорганізмів, комах та вогню); крім хороших теплових параметрів, вони добре поглинають звуки, покращуючи акустичні параметри — найчастіше використовуються в процесах термомодернізації стель та дахів.

Останні розробки у фізиці будівельних матеріалів призвели до створення нових будівельних ізоляційних матеріалів, які забезпечують нижчі показники теплопровідності, ніж традиційні.

Сучасні дослідження виділяють кілька типів таких матеріалів: газонаповнені панелі (GFP), полімерні оболонки, аерогелі та вакуумно-ізоляційні панелі (VIP).

У *газонаповнених панелях* використовується комбінація тонких полімерних плівок і газів з низькою провідністю для досягнення нижчих показників теплопровідності. Візуально GFP – це герметичні поліетиленові пакети різних форм і розмірів, наповнені інертним газом з низькою теплопровідністю, таким як аргон, ксенон або криптон. Усередині зовнішнього бар'єру GFP знаходиться перегородка – комірчаста структура, яка пригнічує конвекцію газу та випромінювання. GFP, як теплоізолятори, активно вивчалися протягом останніх двох десятиліть. Проте поки що експериментальна теплопровідність, отримана від GFP (0,04 Вт/мК), була порівнянною лише з теплопровідністю традиційних матеріалів, хоча теоретичні дослідження передбачали такі низькі значення, як 0,01 Вт/мК [31].

Полімерні оболонки — це великі плівки, найчастіше з етилететрафторетилену, які є частинами пневматичної подушки, яка надуває або здуває простір між плівками для збільшення або зменшення теплового опору [31]. Таким чином, полімерні оболонки є динамічними

теплоізоляторами, які можна регулювати відповідно до вимог теплопровідності. Вони часто сконструйовані як частина пневматичної подушки, з оболонками, що утримуються між структурними каркасами. Подушки в надутому стані збільшують термостійкість, що корисно в холодну погоду. Полімерні оболонки успішно застосовуються у великих будівельних проектах, зокрема на Allianz Football Arena у Мюнхені, Німеччина, та Пекінському національному центрі водних видів спорту в Китаї. Однак дослідження застосовності полімерних оболонок на менших рівнях будівель недоступні [32].

Аерогелі - це синтетичні пористі матеріали, отримані з висихання гелів у критичних умовах. Газ замінює рідкі компоненти гелю, що призводить до високопористої структури (понад 85% від загального об'єму) з надзвичайно малими діаметрами пор (5–100 нм) [32]. Ця структура не тільки робить аерогелі одним із найлегших відомих твердих матеріалів, але також обмежує три основні механізми теплоперенесення, що призводить до дуже низьких показників теплопровідності [32]. Комерційно доступні аерогелі мають теплопровідність 0,013-0,014 Вт/мК при тиску навколишнього середовища; хоча під тиском 50 мбар і з використанням вуглецю для обмеження переносу випромінювання можна досягти рівня теплопровідності лише 0,004 Вт/мК [24].

Незважаючи на те, що аерогелі є дуже перспективними матеріалами для теплоізоляції в будівлях, їх комерційне застосування обмежене через надзвичайно високу вартість виробництва (в середньому 214 євро/м²) і крихкість через низьку міцність на розрив.

Вакуумні ізоляційні панелі (VIP) були запропоновані кількома дослідниками як найбільш багатообіцяюче рішення ізоляції нового покоління для будівництва [33]. VIP мають нижче значення коефіцієнту теплопровідності 0,002-0,007 Вт/мК, ніж як звичайні, так і сучасні ізоляційні матеріали, що означає, що конструкція стін може бути тоншою. За дослідженнями авторів Kumaran MK, Normandin N, van Reenen D, Lackey JC

[34] традиційна ізоляційна плита з мінеральної вати або пінополіуретану товщиною 185мм еквівалентна VIP товщиною лише 20мм.

Визначальними при виборі теплоізоляційного матеріалу є наступні фізико-технічні показники якості: розрахункова теплопровідність, вологість, водопоглинання, паропроникність, група горючості, гранична температура застосування, морозостійкість, міцність на стиск/границя міцності при стиску, стисливість, термін ефективної експлуатації, правильність геометричної форми.

Сучасні теплоізолюючі матеріали за своїми ізолюючими властивостями в декілька разів перевершують традиційні пінопласт та мінеральну вату. У порівняльну табл. 2.1 зведемо найбільш вагомні показники при виборі теплоізоляційних матеріалів [6].

Таблиця 2.1 – Порівняльні характеристики теплоізоляційних матеріалів

Назва матеріалу	Коефіцієнт тепло провідності, Вт/(м·К)	Коефіцієнт паро проникності, мг/м·год·Па	Гранична температура застосування, °С	Густина матеріалу, кг/м ³
Мінеральна вата на основі базальтового волокна	0,037-0,054	0,3-0,55	-60 +700	30-225
Пінопласт (спінений пінополістирол)	0,034-0,050	0,008-0,05	-60 +80	15-160
Скловата	0,042-0,057	0,45-0,70	+250	10-70
Піноскло	0,053-0,054	0,002	+400	120-160
Пінополіуретан	0,029-0,050	0,05	-100 +130	40-80
Екструдований пінополістирол	0,034-0,037	0,008	+90	30-35
Утеплювач на основі целюлози	0,039-0,070	0,33-0,35	-50 +150	35-100
Повстяний утеплювач	0,03-0,07	0,55-0,7	+500	10-400
Утеплювач на основі аерогелю Spaceloft	0,018-0,02	5	-273 +650	150
Вакуумні ізоляційні панелі	0,002-0,007	-	-70 +80	150-300

2.1.4 Теплоізоляційні матеріали на основі аерогелю

Група утеплювачів, яка завдяки своїй унікальній структурі дозволяє при невеликій товщині забезпечувати необхідні теплотехнічні характеристики, відноситься до класу високоефективних.

Розглянемо один з найбільш перспективних та унікальних теплоізоляційних матеріалів з найнижчим коефіцієнтом теплопровідності - *аерогель*.

Аерогель є найлегшою твердою речовиною у світі, яка також є найменш щільною. Він не тільки має найнижчу щільність, але, в першу чергу, є найкращим теплоізолятором. Аерогель був розроблений ще в 1930-х роках, але останнім часом він знайшов свій шлях до основного використання в будівельній галузі. Аерогель - це гель. У процесі виготовлення рідина замінюється газом без усадки, залишаючи незмінною молекулярну структуру.

Аерогель міцний за своєю природою, незважаючи на те, що більш ніж на 98% складається з повітря. Аерогель — синтетичний, надлегкий і пористий матеріал.

Ізоляційні вироби з аерогелю надзвичайно гнучкі. Вони випускаються в різних формах, таких як аерогелевий бетон, аерогелеві листи та аерогелеві килими. Вони поставляються в рулонах, які доступні в різних розмірах (рис.2.1). Крім того, вироби з аерогелю також можна легко нарізати на потрібні форми та розміри. Їх можна наносити на будь-які поверхні - стіни, дах, підлога тощо, що зменшує складність управління запасами.

Переваги аерогелю як теплоізоляційного матеріалу:

- Однією з найкращих властивостей аерогелю є його високі теплоізоляційні характеристики. Він має найменший коефіцієнт теплопровідності з усіх теплоізоляційних матеріалів, від 0,005 Вт/м·К до 0,016 Вт/м·К. Це дозволяє суттєво зменшити товщину конструкції утеплення зовнішніх стін. Ця особлива властивість робить аерогелеву ізоляцію ще більш ефективною для місць з обмеженим простором.

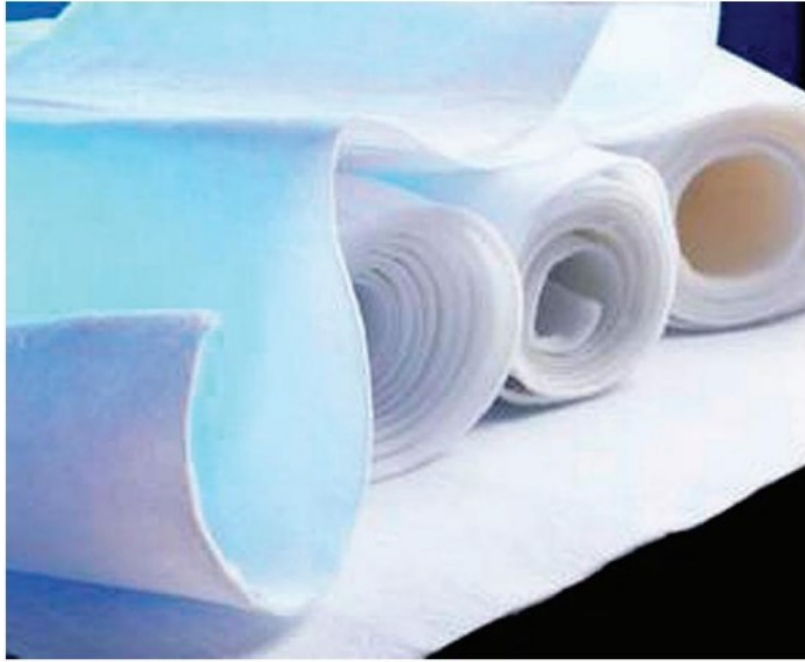


Рисунок 2.1 - Рулонна форма утеплювача з аерогелю

- Завдяки своїй високій пористості аерогель має чудові фізичні, теплові та акустичні властивості, що надає йому перевагу над іншими звичайними ізоляційними матеріалами.

- Не реагує з будь-яким металом до температури 950 °С.

- Висока паропроникність. Запобігає утворенню плісняви та грибків.

- Гідрофобний - відштовхує воду або, точніше, будь-яку рідину. Всередині аерогелю не буде накопичуватися вода, що виключає процеси корозії.

- Екологічний. Ізоляційна ковдра з аерогелю не містить піноутворювачів, тобто шкідливі гази з часом не виділяються в будівлю.

- Мала вага. Аерогель практично не створює додаткового навантаження на несучі конструкції. Крім того, невелика вага системи ізоляції також сприяє додатковій економії матеріалів, складу та логістики.

- Гнучкість та зручність в роботі. Аерогель без проблем нарізається на деталі будь-якої форми, згинається, легко обробляється, фіксується будь-яким зручним механічним способом.

- Високі показники довговічності - під час тестування було встановлено, що ефективність аерогелю також не погіршується та не змінюється протягом 50 років або більше.

- Негорючість, пожежобезпечність.

Оскільки аерогель є інноваційним наноматеріалом, його висока вартість є основним недоліком для такої економічно чутливої галузі, як будівництво.

Флагманом у виробництві теплоізоляційних матеріалів на основі аерогелю є американська компанія «Aspen Aerogels» (Нортборо, Массачусетс, США), що розробила унікальний інноваційний ізоляційний матеріал під назвою «*Spaceloft*».

«*Spaceloft*» - це гнучкий аерогелевий килим, на даний час з доступною товщиною 5мм та 10мм. Має теплопровідність 0,014 В/м·К, що в 2-3 рази нижче за традиційні теплоізоляційні матеріали [22].

Aspen Aerogels виробляє багато типів аерогелевої ізоляції для різних температур. Ці ізоляційні килими виготовляються з різних матеріалів (волокнисте скло, ПЕТ, поліестер тощо) і всі вони просочені частинками аерогелю для ізоляційної якості. Матеріали, з яких виготовлені килимки, визначають його температурні показники. Хоча сам аерогель витримує широкий діапазон температур, волокнисті матеріали, що підтримують частинки аерогелю, витримують лише температури, зазначені в описі ізоляційного продукту.

Утеплювач на основі аерогелю «*Spaceloft*» можна використовувати як для теплоізоляції зовнішніх стін, підлог, покрівлі, так і для подолання «містків холоду» через шпильки в дерев'яних або сталевих каркасах огорожувальних конструкцій.

2.2 Вакуумні ізоляційні панелі, основні характеристики та застосування у будівництві

Вакуумні ізоляційні панелі (VIP) – інноваційний високоефективний теплоізоляційний матеріал, який має найнижчий показник теплопровідності.

Вакуумні ізоляційні панелі (VIP) - це плоскі елементи, що складаються з пористого основного матеріалу (скловата, пресований пінокремнезем, аерогелі, пінополіуретан та ін.), який повинен витримувати зовнішнє навантаження, викликане атмосферним тиском, а також газонепроникної оболонки для підтримки необхідних властивостей (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 - Зовнішній вигляд вакуумної ізоляційної панелі

Основний матеріал – сердечник, що знаходиться у вакуумі, виконує функцію теплоізолятора, а також механічну функцію – він підтримує форму панелі. Газонепроникна оболонка виконує захисну функцію – вона запобігає проникненню вологи у сердечник, а також від механічних пошкоджень, що виникають в процесі монтажу та експлуатації. Окрім захисної функції, оболонка підтримує вакуум всередині панелі, що значно зменшує її теплопровідність.

Одним з найбільших недоліків вакуумних ізоляційних панелей є збільшення їх теплопровідності з часом, що є наслідком проникнення газу та

водяної пари в сердечник панелі через оболонку. Для протидії цьому процесу до матеріалу сердечника додають осушувачі та газопоглиначі.

Глушники додають в сердечник для скорочення втрат тепла через випромінювання. Таким чином, можливо досягти скорочення коефіцієнта теплопередачі до $0,001 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

Осушувачі та газопоглиначі додаються в сердечник для збільшення терміну експлуатації вакуумної теплоізоляції: вони абсорбують гази та водяну пару, що проникають через захисний шар, і допомагають забезпечувати заданий рівень теплопередачі VIP до тих пір, поки їх адсорбуюча властивість не буде вичерпана.

Схема роботи типової вакуумної ізоляційної панелі відображена на рис.2.3.

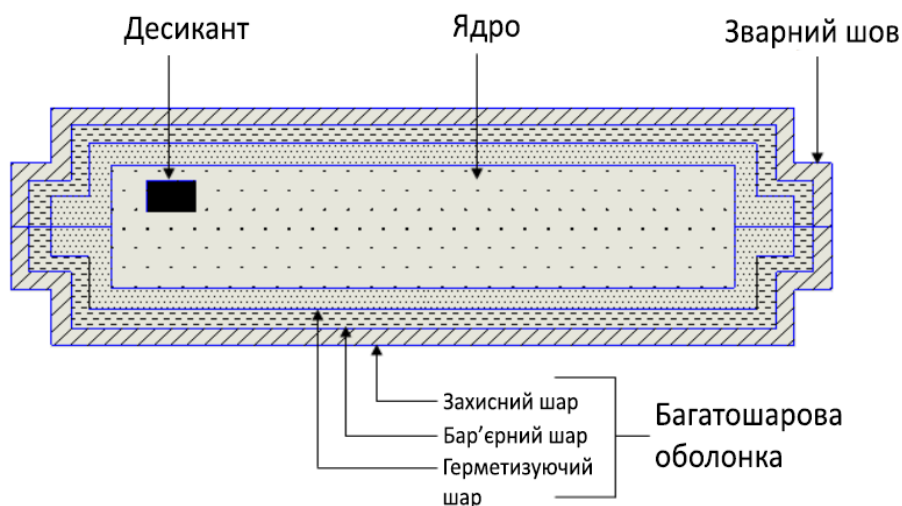


Рисунок 2.3 - Будова вакуумної ізоляційної панелі

Вакуумні ізоляційні панелі використовуються в будівлях для теплоізоляції зовнішніх стін, підлог, покрівель, дверей, а також мансардних вікон і застлених фасадів. Надзвичайно ефективне використання VIP для термомодернізації застарілого житлового фонду.

Для теплоізоляції зовнішніх стін VIP можна використовувати як у системах «мокрого фасаду», так і у системах «вентильованого фасаду» (рис.2.4).

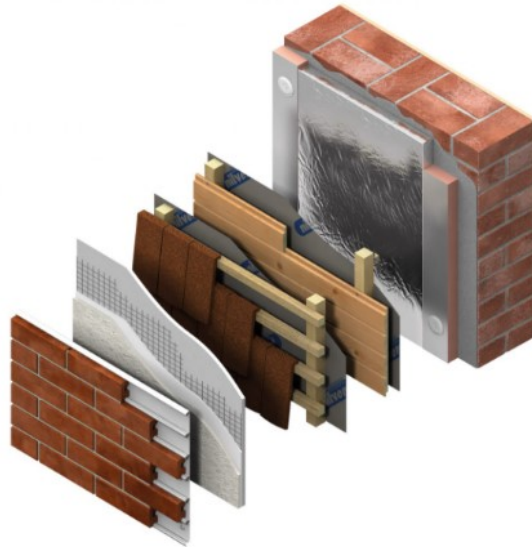


Рисунок 2.4 - VIP у конструкціях зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією

Переваги вакуумних ізоляційних панелей:

- низький коефіцієнт теплопровідності $\lambda=0,002-0,007$ Вт/м·К, що у 8 разів перевищує значення традиційних теплоізоляційних матеріалів;
- високий термічний опір $R= 5,72$ м²·К/Вт;
- товщина вакуумних ізоляційних панелей 10-25 мм, що дозволяє значно економити простір;
- нетоксичний – складається зі 100% нетоксичних матеріалів, більше 80% з яких виготовлено з перероблених матеріалів;
- негорючість ;
- довговічність - VIP розроблено таким чином, щоб підтримувати приблизно 70% свого початкового значення R через 50 років;
- правильні геометричні розміри VIP, що значно полегшує процес монтажу панелей.

Основні фізичні характеристики вакуумних ізоляційних панелей наведені у табл.2.2 [35].

Таблиця 2.2 - Основні фізичні характеристики VIP

Фізичний параметр	Одиниця виміру	Значення
Щільність	кг/м ³	150-300
Міцність на стиск	кПа	140-250
Міцність на розрив	кПа	60
Питома теплоємність	кДж/кгК	800
Водопоглинання	%	0
Водопроникність	кг/м ² h ^{0,5}	0
Теплопровідність	Вт/(м·К)	0,002-0,007
Термічна стійкість	°С	80

Застосування вакуумної ізоляційної панелі для забезпечення рівномірного теплового опору теплопередачі (R_0) дозволяє зменшити товщину теплоізоляційного шару в 6-10 разів порівняно з іншими матеріалами [34]. У табл. 2.3 наведені порівняльні характеристики різних теплоізоляційних матеріалів.

Таблиця 2.3 - Властивості широко поширених теплоізоляційних матеріалів

Теплоізоляційний матеріал	Товщина матеріалу, м	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	Опір теплопередачі, R_0 , (м ² ·К)/Вт	Коефіцієнт теплопередачі, К, Вт/(м ² ·К)
VIP	0,046	0,0046	10	0,1
Пінополіуретан	0,28	0,028	10	0,1
Полістирол	0,30	0,030	10	0,1
Мінеральна вата	0,46	0,046	10	0,1
Чиста бавовна	0,48	0,048	10	0,1

Як видно з табл. 2.3, для досягнення опору теплопередачі 10 (м²·К)/Вт

слід застосовувати 46см мінеральної вати, в той час, як товщина вакуумної теплоізоляційної панелі буде лише 4,6см.

Для забезпечення однакових теплових характеристик, використання системи вакуумної ізоляції дозволяє зменшити вагу теплоізоляційного шару в 2-6 разів (рис. 2.5)

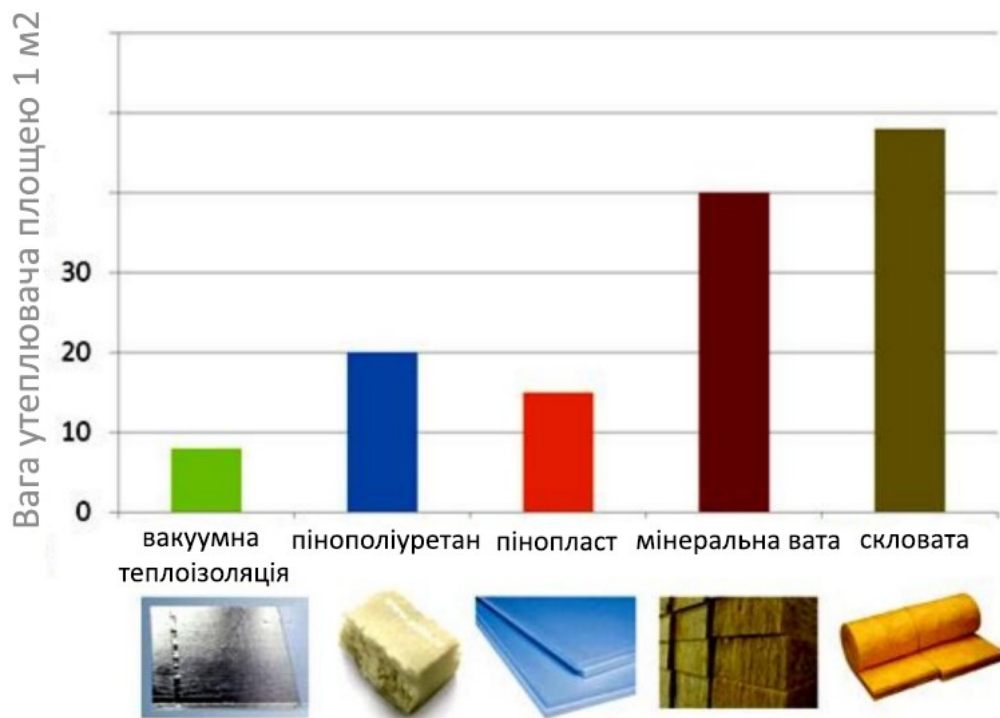


Рисунок 2.5 - Вага широко поширених теплоізоляційних матеріалів

Вакуумні ізоляційні панелі є високоефективним теплоізоляційним матеріалом, що надає цьому матеріалу суттєві переваги. Але є ряд недоліків, що обмежують широке використання VIP у будівництві:

- висока вартість VIP порівняно з традиційними теплоізоляційними матеріалами;
- вакуумні ізоляційні панелі чутливі до механічних пошкоджень. Не можна використовувати кріпильні елементи (цвяхи, шурупи).
- VIP не можна розрізати на будівельному майданчику, тому їх виготовляють на замовлення;
- неможливість використання вакуумних ізоляційних панелей у

важкодоступних місцях.

Прикладом практичного використання VIP у будівництві є Grand Tower у Франкфурті, престижний будинок, який є найвищим житловим будинком у Німеччині і розташований в самому серці фінансового центру (рис. 2.6). Цей хмарочос має висоту 172 метри, з 401 квартирою. Всі вертикальні непрозорі ділянки його фасаду утеплені вакуумними ізоляційними панелями виробництва компанії va-Q-tec. Всього в будівлі було встановлено 6000 VIP.

Для утеплення фасадів були встановлені VIP товщиною 50мм. Для досягнення ідентичної ізоляції традиційними ізоляційними матеріалами потрібна була б товщина приблизно 250мм.

В результаті застосування вакуумних ізоляційних панелей для утеплення інвестори отримали додатково 123 м² житлової площі.



Рисунок 2.6 - Grand Tower у Франкфурті, Німеччина

2.2.1 Аналіз та вибір оптимального матеріалу серцевини для VIP

Основною функцією матеріалів серцевини в VIP є підтримка необхідного рівня вакууму для забезпечення низької теплопровідності панелі. Щоб ефективно досягти цієї мети, основний матеріал повинен мати

ряд специфічних характеристик. По-перше, матеріали серцевини з меншими порами є кращими, оскільки вони дозволяють знизити газопровідність до незначних рівнів навіть за умов нормального тиску. По-друге, матеріали серцевини з відкритими комірчастими структурами є кращими, оскільки вони дозволяють евакуувати газ [33]. По-третє, особлива геометрія скелета вимагається від матеріалів серцевини для підтримки малих точок контакту між структурами, мінімізуючи кондуктивну теплопередачу [32]. Нарешті, матеріали серцевини повинні забезпечувати мінімально можливу передачу випромінювання між самими панелями.

2.2.1.1 Пінокремнезем

Діоксид кремнію є найбільш часто використовуваним основним матеріалом для вакуумних ізоляційних панелей. Це пористий матеріал, отриманий у полум'ї, де хлорид кремнію (SiCl_2) перетворюється на агрегати діоксиду кремнію (SiO_2).

Пінокремнезем є стабільним матеріалом, який витримує тиск до 10 т на квадратний метр, який необхідний для вакуумування серцевини [32]. У той же час цей матеріал має відносно низьку щільність 150-200 кг/м³ і площу поверхні 50-600 м²/г, що дозволяє йому досягти надзвичайно низьких рівнів теплопровідності 0,003-0,006 Вт/(м·К). при тиску в діапазоні 20–100 ×10⁻³ бар [36]. Нарешті, пінистий кремнеземний матеріал досягає низької радіаційної теплопровідності 0,001–0,004 Вт/(м·К) при рівнях тиску газу 1 мбар залежно від температури [36].

2.2.1.2 Аерогель кремнезему

Силікатні аерогелі - це аерогелі, отримані з силікату. Як і інші аерогелі, цей матеріал відрізняється надзвичайно низькою щільністю (до 3 кг/м³), високою внутрішньою площею поверхні (600–1000 м²/г) і малим розміром пор (1–100 нм) [36]. Це дозволяє кремнеземним аерогелям досягати дуже низьких показників теплопровідності: 0,001–0,003 Вт/(м·К) за вакуумованих і

непрозорих умов і певних температур, і до $0,004 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ за тиску 50 мбар або менше, тоді як значення $0,0135 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ можливі при регулярному тиску. Аерогелі кремнезему також є нереакційноздатними та негорючими матеріалами, і вони мають тенденцію поглинати інфрачервоне випромінювання. Головним недоліком цих матеріалів для застосування у вакуумно-ізоляційних панелях залишається відносно висока вартість виробництва. Крім того, кремнеземні аерогелі, як і інші аерогелі, також дуже крихкі через низьку міцність на розрив.

2.2.1.3 Пінополістирол і пінополіуретан

Пінополістирол з відкритими комірками (EPS) і пінополіуретан - є ще одними основними матеріалами, що застосовуються у VIP [37]. Низька вартість, малий розмір пор (30–250 нм) і низька щільність ($60\text{--}100 \text{ кг}/\text{м}^3$) цих пінопластів роблять їх придатними для використання у вакуумних ізоляційних панелях. Поліуретанові піни майже втричі дорожчі за пінополістирол ($7,10 \text{ євро}$ проти $2,81 \text{ євро}/\text{м}^2$), але вони мають вищу термостійкість [33]. Однак для підтримки прийнятної низької теплопровідності пінополіуретану та пінополістиролу як матеріалів серцевини VIP потрібен відносно низький тиск газу (10^{-4} бар і нижче). Як показали дослідження [36], при такому тиску загальна теплопровідність пінополіуретану з розміром пор 100 нм може досягати всього $0,0078 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. Однак, такий низький тиск надзвичайно важко підтримувати протягом усього терміну експлуатації VIP. Те саме дослідження продемонструвало, що навіть якщо газоподібну теплопровідність можна усунути, пінополістирол і поліуретан із щільністю $70 \text{ кг}/\text{м}^3$ матимуть загальну теплопровідність $0,0057\text{--}0,0097 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ [36], що вище, ніж значення, продемонстровані пінокремнеземом.

2.2.1.4 Скловолокно

Як основний матеріал серцевини для VIP, скловолокно має переваги

застосування при високих температурах, які можливі завдяки його високій термічній стабільності (понад 1000 °C) і щільності. Внутрішня структура скловолокна забезпечує малі контакти між частинками, що призводить до низької кондуктивної тепловіддачі навіть при стисненні матеріалу. Середня вартість скловолокна становить приблизно 2,81 євро/м². Дослідження [36] експериментально продемонстрували теплопровідність твердого тіла та радіаційну провідність 0,0021 та 0,0007 Вт/(м·К) відповідно для скловолокна щільністю 250 кг/м³ та діаметром волокна 0,5–0,7 нм при 300 К. Ті ж дослідження [36] також показали, що можлива теоретична загальна теплопровідність 0,0036 Вт/(м·К); хоча, як і у випадку з пінопластом, для цього потрібен низький тиск $0,1 \times 10^{-3}$ бар. Тому скловолокно як основний матеріал для серцевини VIP має той самий недолік з точки зору тривалого застосування.

2.2.2 Дослідження властивостей матеріалів оболонки VIP

Оболонки зберігають вакуум у VIP, створюючи бар'єри для водяної пари та інших газів, що потрапляють у панелі, і захищають панель від пошкоджень, спричинених навколишнім середовищем та в процесі експлуатації. Вакуумні ізоляційні панелі зазвичай складаються з кількох шарів: зовнішній захисний шар захищає панель від транспортування та впливу навколишнього середовища, бар'єрний шар захищає основний матеріал від пропускання водяної пари та газу, а внутрішній шар ущільнює основний матеріал панелі [34]. Оболонка (пакет) формується шляхом з'єднання цих шарів за допомогою клею. Подвійні оболонки, які використовують додатковий пористий матеріал між оболонками, були досліджені Квон Дж.С. [38], хоча їх застосування може бути недоцільним через велику товщину панелей і додаткові витрати на виробництво.

Шари оболонки панелі вакуумної ізоляції виготовлені з плівок, які зазвичай мають товщину 100–200 нм. Пластик і металева фольга є звичайними матеріалами, що використовуються для плівок. Металева фольга,

така як алюміній, має перевагу міцності та надзвичайно низької швидкості проникнення газу та води; однак їх недоліком є високі показники теплопровідності. Тому для виробники VIP зазвичай використовують пластик і метал у комбінації, виробляючи металізований пластик і багатошарову ламіновану плівку. Сьогодні на ринку доступні три типи багатошарових плівок:

- металева фольга, яка складається із зовнішнього шару поліетилентерефталату (PET), алюмінієвого бар'єрного шару та внутрішнього шару PE;

- металізовані плівки, що складаються з трьох шарів ПЕТ з алюмінієвим покриттям для зовнішнього та бар'єрного шарів, а також ПЕ герметизуючого шару;

- полімерні плівки на основі нейлону, полієфіру або поліпропілену. Однак, застосування самих полімерних плівок обмежене через більш високі показники газо- і паропроникності.

Рис.2.7 демонструє деякі з найбільш часто використовуваних плівок для VIP.

Оскільки для VIP зазвичай використовується комбінація типів плівок, немає конкретного показника проникності оболонки. Натомість для визначення властивостей матеріалу оболонки використовуються два емпіричні значення: швидкість пропускання газу (GTR) і швидкість пропускання водяної пари (WVTR).

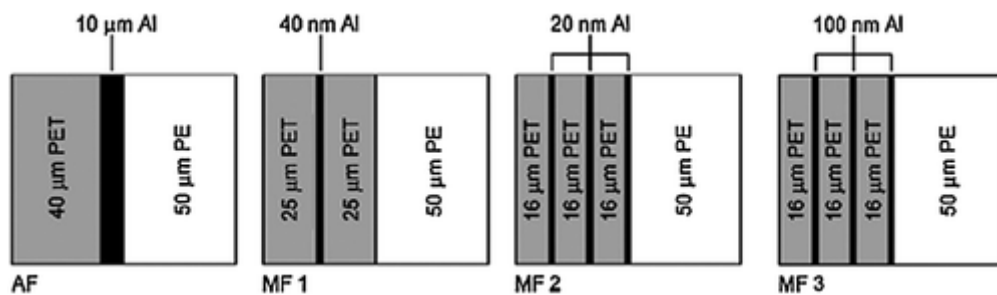


Рисунок 2.7 - Деякі типові плівки для вакуумних ізоляційних панелей: металева плівка (AF), одношарова металізована плівка (MF1) і тришарова металізована плівка (MF2, MF3)

2.2.2.1 Швидкість передачі газу (GTR)

Швидкість передачі газу можна визначити як загальний об'єм газу, який проходить через одиницю площі матеріалу за одиницю часу під одиничною різницею парціального тиску.[33]. Швидкість передачі газу (GTR) вираховується таким чином [33]:

$$GTR_{tot} = GTR_A(T, \varphi) \times A + GTR_L(T, \varphi) \times L, \quad (2.1)$$

де GTR_{tot} – загальна швидкість газопередачі матеріалу;

GTR_A – GTR поверхні ламінарного покриття на площу панелі;

A – загальна площа панелі, включаючи лицьову та тильну сторони;

GTR_L – довжина по колу панелі;

L – окружність панелі.

На рис.2.8 показано збільшення тиску газу з часом для деяких матеріалів оболонки, зазначених вище. Лінії з позначкою 50 позначають розмір панелі $50 \times 50 \times 1 \text{ см}^3$, а лінії з позначкою 100 – для панелі з розміром $100 \times 100 \times 2 \text{ см}^3$. Це спрощена версія, яка передбачає початковий внутрішній тиск повітря 0 бар, гетери не використовуються та властивості оболонки не змінюються з часом [33].

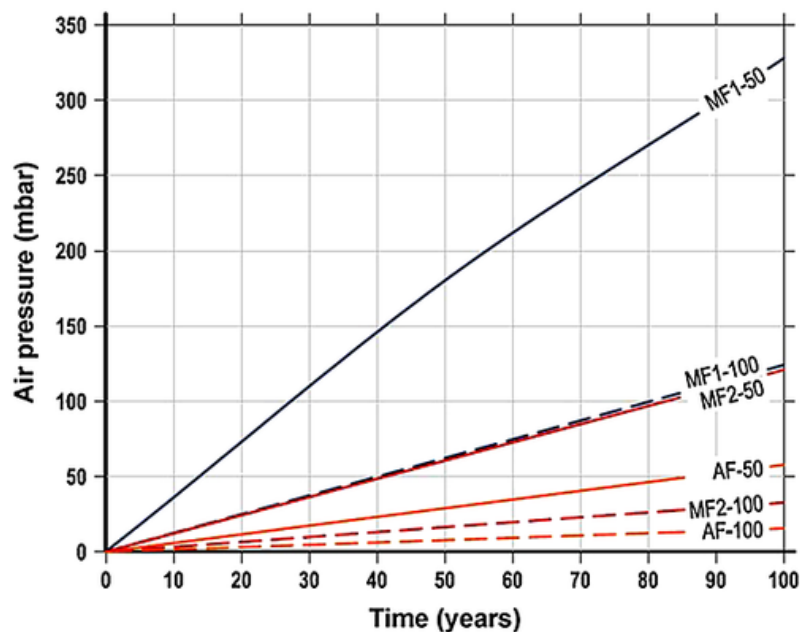


Рисунок 2.8 - Збільшення внутрішнього тиску газу з часом для деяких матеріалів оболонки та розмірів панелей.

2.2.2.2 Швидкість пропускання водяної пари

Швидкість пропускання водяної пари відноситься до загального об'єму водяної пари, який проходить через одиницю площі матеріалу за одиницю часу. Даний показник визначається за формулою:

$$WVTR = dm_v/dt = Q_{wtot} \times \Delta p_{wv}, \quad (2.2)$$

де dm_v/dt – збільшення маси панелі з часом;

Q_{wtot} – загальна водопроникність;

Δp_{wv} – тиск водяної пари на плівці.

На рис. 2.9 показано графічне представлення функції для матеріалів оболонки, визначених раніше. Лінії з позначкою 50 позначають розмір панелі $50 \times 50 \times 1$ см³, а лінії з позначкою 100 – для панелі з розміром $100 \times 100 \times 2$ см³. Це спрощена версія, яка передбачає, що геттери не використовуються і що властивості оболонки не змінюються з часом.

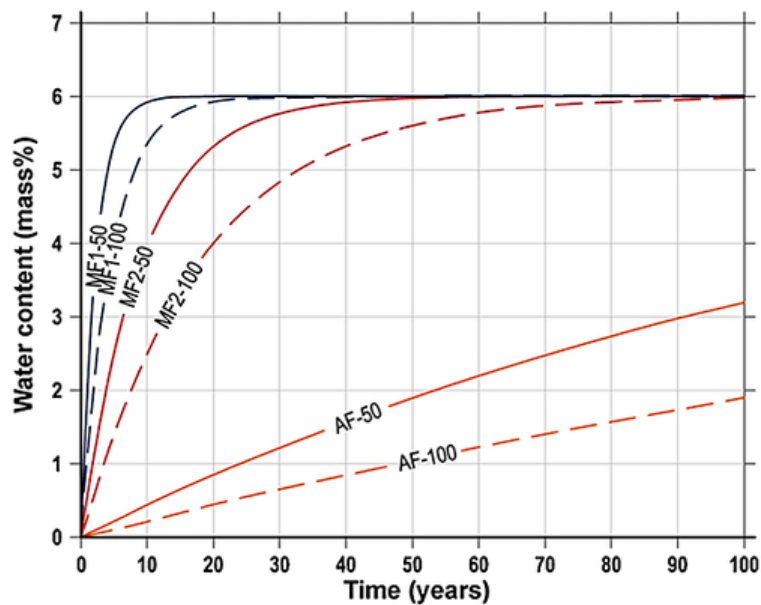


Рисунок 2.9 - Збільшення вмісту води з часом для деяких матеріалів оболонок і розмірів панелей

2.2.2.3 Фактори, що впливають на газопроникність та швидкість пропускання водяної пари

Як показують дослідження [38], GTR і WVTR у вакуумних ізоляційних панелях залежать від температури та розміру панелі, тоді як WVTR також залежить від фактора вологості. На рис. 2.10 та рис.2.11 показано відмінності в GTR і WVTR на основі розмірів панелей: вакуумні ізоляційні панелі меншого розміру мали вищі ступені обох показників.

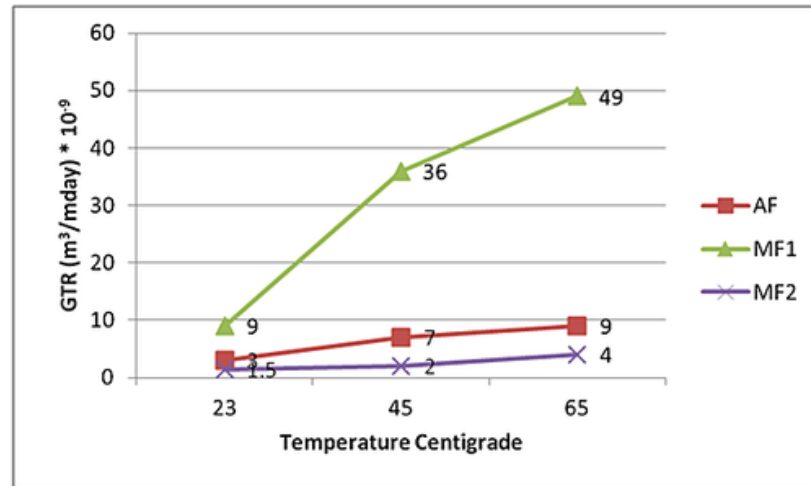


Рисунок 2.10 - Швидкість газопроникності (GTR) плівок вакуумної ізоляційної панелі як функція температури

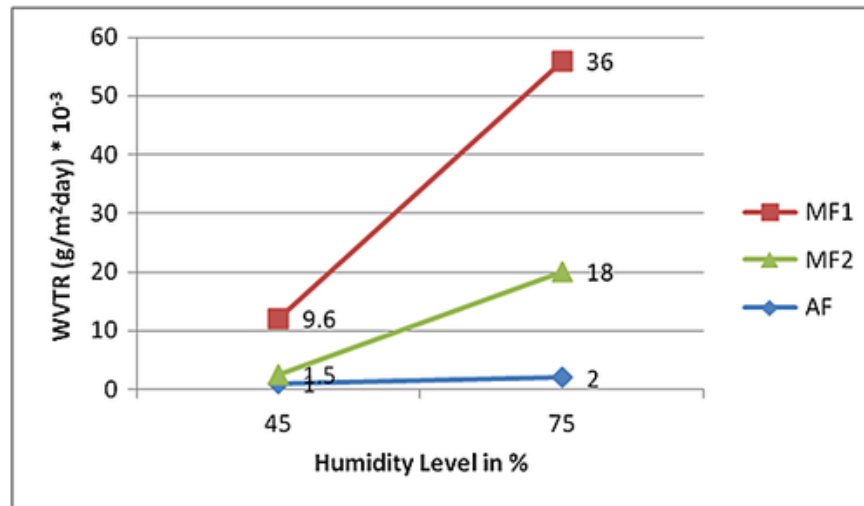


Рисунок 2.11 - Швидкість пропускання водяної пари (WVTR) із плівки вакуумної ізоляційної панелі як функція вологості

Різні види плівок мають різний рівень чутливості до перепадів

температури. На рис. 2.10 показано, як типи плівок, описані вище, реагують на зміни температури.

Як видно, одношарова металізована плівка (MF1) є найбільш чутливою до температурних перепадів, що робить її менш придатною для застосування у VIP. Металева фольга (AF) і тришарові металізовані плівки з алюмінієвим покриттям 20 нм (MF2) мають порівняльні значення. Проте теплопровідність AF вища, що робить плівки MF2 найперспективнішим багатошаровим матеріалом для використання у вакуумних ізоляційних панелях на основі підвищення температури.

Про вплив рівнів вологості на WVTR впливає із досліджень [33]. При фіксованій температурі 25 °C відмінності між WVTR різних бар'єрних плівок показано на рис.2.11 для рівнів вологості 45% і 75%. На графіку видно, що одношарові бар'єри з металевої фольги (MF1) знову поступаються через вищий початковий рівень WVTR і сильніший сплеск WVTR при підвищеному рівні вологості порівняно з тришаровими металізованими плівками (MF2) і плівкою з металевої фольги (AF).

2.2.3 Визначення залежності основних характеристик вакуумних ізоляційних панелей від типу наповнювача та матеріалу оболонки

2.2.3.1 Теплопровідність

Основною властивістю теплоізоляційного матеріалу для будівель є теплопровідність, яка визначається як товщина матеріалу, поділена на його термічний опір.

$$\lambda = L/R, \quad (2.3)$$

Найкраще підходять матеріали з найменшим термічним опором, оскільки вони тонші й краще зберігають тепло. Загалом, теплопровідність матеріалу вважається сумою кількох одиниць:

$$\lambda_{tot} = \lambda_s + \lambda_g + \lambda_r + \lambda_c + \lambda_{coup} + \lambda_l, \quad (2.4)$$

де λ_{tot} – загальна теплопровідність;

λ_s – теплопровідність скелета матеріалу через атомні зв'язки;

λ_g – теплопровідність з урахуванням газу в порах матеріалу;

λ_r – теплопровідність, що враховує перенесення випромінювання між внутрішніми поверхнями пор матеріалу;

λ_c – теплопровідність з урахуванням конвекції повітря та вологи всередині пор;

λ_{coup} – теплопровідність з урахуванням переносу теплових витоків через різницю тиску;

λ_l – є теплопровідністю з урахуванням ефектів другого порядку між згаданими теплопровідностями.

Однак унікальна структура VIP дозволяє досягти незначних рівнів останніх трьох компонентів, таким чином зменшуючи рівняння теплопровідності:

$$\lambda_{tot} = \lambda_s + \lambda_g + \lambda_r, \quad (2.5)$$

Таким чином, досягнення більш низьких рівнів теплопровідності для вакуумних ізоляційних панелей можливе шляхом зменшення цих компонентів. Провідність твердого тіла можна визначити як функцію структури матеріалу серцевини, щільності та зовнішнього тиску [36]:

$$\lambda_s = \rho^a, \quad (2.6)$$

де ρ – щільність матеріалу серцевини;

a – величина одиниці піни.

З даного рівняння зрозуміло, що матеріали з меншою щільністю досягнуть нижчої теплопровідності.

2.2.3.2 Газопровідність

Газопровідність для VIP можна виміряти за допомогою числа Кнудсена [36]. Визначається газопровідність для VIP при температурі 25 °C наступним чином:

$$\lambda_g = \lambda_0 / (1 + 0,0032/p^{\phi}), \quad (2.7)$$

де λ_0 – теплопровідність повітря при атмосферному тиску;

p – тиск газу;

Φ – ширина пор ізоляційного матеріалу.

Як впливає з рівняння (2.7), більш низькі тиски забезпечують позитивний вплив на зниження теплопровідності газу. Крім того, газоподібна теплопровідність зменшується з меншим розміром пор ізоляційного матеріалу [33]. Цей зв'язок показаний на рис.2.12.

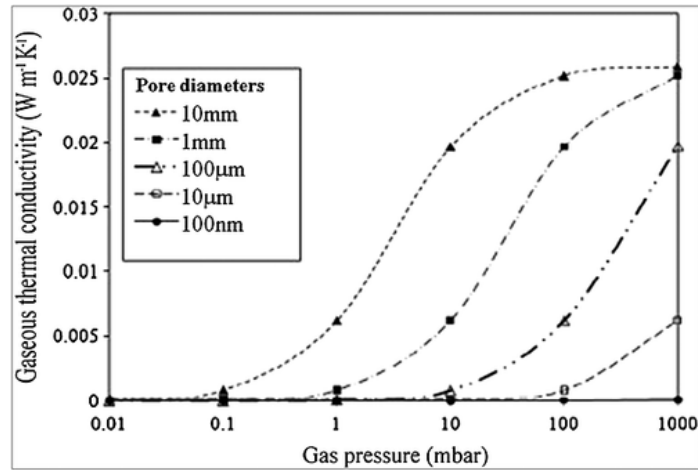


Рисунок 2.12 - Теплопровідність газу як функція тиску газу та розміру пор ізоляційного матеріалу

Остаточним компонентом значення теплопровідності вакуумних ізоляційних панелей є радіаційна провідність. Непрозористі зазвичай використовуються у VIP для зниження радіаційної провідності матеріалів серцевини. Позитивні результати застосування замутнювачів були відзначені [38], який продемонстрував, що за кімнатної температури непрозорий осаджений кремнезем має від 0,002 до 0,003 Вт/(м·К) нижчу теплопровідність, ніж чистий кремнезем.

2.2.3.3 Старіння та термін служби

Час має важливий вплив на теплопровідність VIP, зменшуючи її через ефект проникнення води та газу в панель. Дослідження Веггера Е., Джиллі Б. [38] припускають, що функція зміни загальної теплопровідності з часом є наступною:

$$\lambda_{tot}(t) = \lambda e(t) + \lambda g(t) + \lambda wv(t) + \lambda w(t), \quad (2.8)$$

де $\lambda_e(t)$ - теплопровідність VIP на початку служби;

$\lambda_g(t)$ - теплопровідність, викликана GTR з часом;

$\lambda_{wv}(t)$ - теплопровідність, викликана WVTR з часом;

$\lambda_w(t)$ - теплопровідність протягом часу на основі адсорбованої води в матеріалі серцевини.

Оболонки та розмір панелі відіграють важливу роль у зменшенні впливу часу на теплопровідність вакуумних ізоляційних панелей. На рис. 2.13 показані загальні коефіцієнти теплопровідності під впливом часу для VIP, які використовують спіральний кремнезем в якості основного матеріалу, алюмінієві (AF) і металізовані (MF) оболонки для панелей двох розмірів: $50 \times 50 \times 1$ і $100 \times 100 \times 2$ см. AF, більший розмір VIP, показує повільніше зниження теплопровідності з часом.

У літературі визначено два підходи до вимірювання терміну корисного використання VIP [39]. Перший підхід використовується виробниками вакуумних ізоляційних панелей і включений в американський стандарт S1484 для VIP. Цей підхід визначає термін служби як проміжок часу від виготовлення панелі до моменту, коли ефективна теплопровідність панелі перевищує встановлене граничне значення.

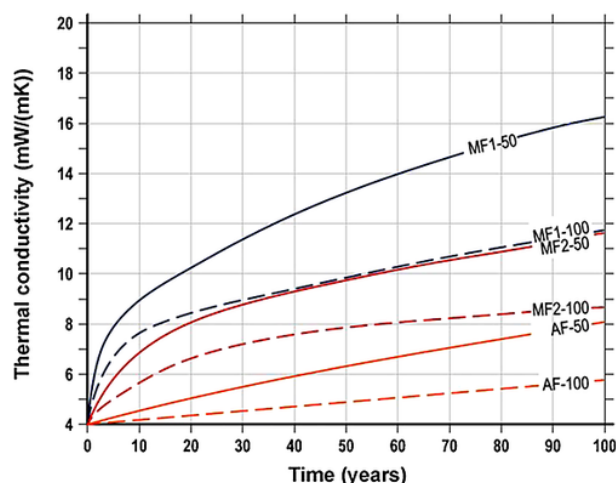


Рисунок 2.13 - Теплопровідність панелі вакуумної ізоляції під впливом часу. Температура, вологість і пористість вважаються постійними. Тиск газу встановлено на 0 бар. Не використовуються геттери, осушувачі

Другий підхід визначає термін служби як проміжок часу від виготовлення панелі до моменту, коли середньочасовий коефіцієнт теплопровідності перевищує встановлене критичне значення.

Обидва підходи до терміну служби VIP припускають, що він залежить від кількох факторів [33, 36]:

- розмір: більші панелі мають довший термін служби;
- якість виготовлення: панелі вищої якості мають більший термін служби;
- основні матеріали: матеріали з меншим розміром пор мають довший термін служби;
- навколишнє середовище та умови використання: висока вологість, вологість і температура зменшують термін служби;
- використання замутнювачів, геттерів і осушувачів збільшує термін служби;
- фізичне поведіння: подряпини та тріщини скорочують тривалість життя VIP.

Другий підхід також враховує втрати тепла будівельної конструкції через теплові містки.

Теплові містки – це передачі тепла, коли між кондиціонованим простором і зовнішнім середовищем будівлі розміщується неізолюючий матеріал, що пропускає тепло. Для вакуумних ізоляційних панелей перенесення містків відбувається на рівні панелей, будівельних компонентів і фасадів [39]. Лінійний коефіцієнт теплопередачі, який представляє ефект теплового містка, залежить від товщини VIP, його довжини та площі периметра.

Вплив теплових мостів на теплопровідність і, отже, на термін служби VIP був предметом багатьох досліджень [33, 36, 38]. Загалом дослідження показали, що VIP з оболонками з алюмінієвої фольги мають вищі (до 50 разів) коефіцієнти теплопроникності, ніж VIP з багатошаровою фольгою або металізованими полімерними плівками [38]. Дослідження також показали

високі показники теплопередачі ($0,170 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) для таких типів панелей, навіть якщо між панелями не було повітряного простору [38]. З цих причин не рекомендується використовувати VIP з ламінованою алюмінієвою фольгою (тип AF) для будівель, якщо їх розмір менше 1 м^2 . У деяких дослідженнях запропоновано інкапсуляцію AF-VIP EPS або екструдованого полістиролу для зменшення загальної теплопровідності [38, 39]. Хоча результати цих досліджень показали покращення теплопровідності, отримані вимірювання все одно були вищими, ніж для багат шарової фольги з покриттям. Іншим запропонованим рішенням було використання змієподібних країв для збільшення шляху для теплового потоку. Теоретично було показано, що лінійна теплопровідність краю панелі може бути значно зменшена хоча жодних практичних досліджень для підтвердження здійсненності цих нововведень не проводилося.

Дослідження теплопроникності вакуумних ізоляційних панелей також показали, що VIP оболонки з вищою теплопровідністю мають сильніший ефект теплового містка [39]. Це означає, що для оболонок VIP краще використовувати матеріали з меншою теплопровідністю. Запропоновано застосування для цих цілей тонких плівок SiO_x і SiN_x , нанесених на полімерну підкладку.

Було також виявлено, що більші панелі мають термічну перевагу перед меншими, хоча ефект зменшується зі збільшенням розміру. Відповідно до [32], VIP-панель площею $2,5 \text{ м}^2$ забезпечує майже 10% підвищення теплової ефективності в порівнянні з панеллю площею 1 м^2 , хоча й подальше збільшення розміру до 4 м^2 лише за умови збільшення на кілька відсотків.

Типова вакуумна ізоляційна панель має два захисні шари з кожного боку, які з'єднані між собою прокладкою. Показано, що використання EPS для VIP з алюмінієвою фольгою та оболонками з алюмінієвим покриттям зменшує втрати теплопередачі. Проте [39] показали, що термопластичні прокладки демонструють нижчий коефіцієнт пропускання. Крім того, було виявлено, що EPS уздовж інкапсульованого периметра VIP забезпечує

додаткові ефекти теплового містка. Пропонується використовувати кращий ізолятор або мінімізувати смуги EPS для зменшення ефекту теплового містка.

Р.Бетенс та ін. [33] у своїх роботах досліджували ефективність чотирьох різних типів оболонок для вакуумних ізоляційних панелей: панель з металеві плівки (AF-VIP), одношарова панель з металізованої плівки (MF1-VIP) та дві багатошарові панелі з металізованої плівки (MF2-VIP, MF2-VIP). Автори також провели вимірювання для різних значень товщини панелей. Загалом було визначено, що VIP з одинарної металеві фольги показали найгірші показники теплопровідності. VIP з багатошаровою алюмінієвою/полімерною оболонкою показали найкращі характеристики, тоді як одношарова металізована плівка VIP мала гірші вимірювання GTR, WVTR та термін служби. Крім того, дослідження показало, що багатошарова оболонка VIP розміром 100×100 см зберігає значення теплопровідності 0,008 Вт/(м·К) після 60 років експлуатації (як правило, вказане виробниками), тоді як VIP розміром 50×50 см такого ж типу матиме приблизно 0,01 Вт(м·К) [33]. Це вказує на вплив розміру панелі на її експлуатаційні характеристики.

У табл.2.4 відображено показники теплопровідності вакуумних ізоляційних панелей з різними типами оболонок (за даними [33]). Де λ_f – це показник теплопровідності матеріалу оболонки.

Таблиця 2.4 – Теплопровідність вакуумних ізоляційних панелей (Вт/(м·К)) залежно від матеріалу оболонки та товщини панелі [33]

Тип оболонки	λ_f , Вт/(м·К)	Товщина VIP								
		5 мм	10 мм	15 мм	20 мм	25 мм	30 мм	35 мм	40 мм	45 мм
AF-VIP	25	0,0760	0,0660	0,0583	0,0522	0,0473	0,0432	0,0397	0,0368	0,0343
MF1-VIP	0,38	0,0045	0,0028	0,0021	0,0016	0,0013	0,0011	0,0010	0,0009	0,0008
MF2-VIP	0,42	0,0049	0,0031	0,0023	0,0018	0,0015	0,0012	0,0011	0,0010	0,0009
MF3-VIP	0,90	0,0087	0,0059	0,0044	0,0036	0,0030	0,0025	0,0022	0,0020	0,0018

Висновки до розділу 2.

1. Матеріали на основі нанотехнологій і раніше використовувались в космічних дослідженнях, фармацевтиці та електроніці, але в останні десятиліття кілька теплоізоляційних матеріалів на основі нанотехнологій з'явилися в будівельній промисловості. Один з таких матеріалів – вакуумні ізоляційні панелі (VIP), що використовуються для високоефективної теплоізоляції. Застосування VIP у будівлях дозволяє створювати тонкі, високо ізоляційні конструкції для стін, дахів і підлог.

2. В даному розділі було проведено порівняння фізико-механічних властивостей високоефективних теплоізоляційних матеріалів із традиційними. Визначено, що тепловий опір вакуумної ізоляції в п'ятьдесят разів кращий, ніж у звичайної ізоляції тієї ж товщини. Вакуумні ізоляційні панелі загалом являють собою плоскі елементи, що складаються з відкритого пористого основного матеріалу, який має витримувати зовнішнє навантаження, викликане атмосферним тиском, а також достатньо газонепроникної оболонки для підтримки необхідної якості вакууму.

3. Досліджено ефективність різних типів оболонок для VIP при різних значеннях товщини панелі. Визначено, що VIP з одинарної металевої фольги показали найгірші показники теплопровідності, а VIP з багат шаровою алюмінієвою/полімерною оболонкою мають найкращі характеристики.

4. Проведено аналіз і дослідження основних матеріалів для серцевини VIP – пінокремнезем, аерогель кремнезему, пінополістирол, пінополіуретан, скловолокно. Визначено, що оптимальним матеріалом для серцевини VIP є пінокремнезем, який має найкращі теплові характеристики. Вакуумні ізоляційні панелі на основі кремнезему з багат шаровою структурою оболонки забезпечують низькі показники теплопровідності ($0,004-0,01 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) і мають відносно тривалий термін експлуатації, приблизно 60 років для стандартних панелей $50\times 50 \text{ см}$ і товщиною 20мм . Інші основні матеріали, такі як скловолокно або поліуретанові піни, забезпечують гіршу теплопровідність і мають менший термін служби.

РОЗДІЛ 3

ОБГРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ВАКУУМНИХ ІЗОЛЯЦІЙНИХ ПАНЕЛЕЙ

3.1 Дослідження систем «мокрого» та «вентильованого» фасаду із застосуванням вакуумних ізоляційних панелей

Однією із задач даної магістерсько-кваліфікаційної роботи є вибір оптимального варіанту конструкції зовнішньої стіни із фасадною теплоізоляцією, теплотехнічні показники якої будуть максимально відповідати ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель». Тому в даному розділі проведено дослідження ефективності утеплення зовнішніх стін вакуумними ізоляційними панелями.

Розглянуто наступні варіанти влаштування теплоізоляції:

- влаштування «мокрого» фасаду;
- влаштування системи вентильованого фасаду.

Для кожного з рішень виконано теплотехнічний розрахунок, а також моделювання процесу теплопередачі в програмних комплексах ROCKPROJEKT, Elcut та SmartCalc.

3.1.1 Теплотехнічний розрахунок системи «мокрого» фасаду із застосуванням ВІП

Система «мокрого» фасаду виконана по стіні з цегляної кладки товщиною 380мм і являє собою багатошарову конструкцію, утеплювачем для якої є вакуумні ізоляційні панелі, що містять спейсерний отвір для кріплення панелей до стін (рис. 3.1). Згідно ДСТУ Б В.2.6-34:2008 конструкція відноситься до класу А, підклас А.2.3 – з опорядженням товстошаровими штукатурками [5].



Рисунок 3.1 - Вакуумна ізоляційна панель зі спейсерним отвором

Запропонована зовнішня огорожувальна конструкція складається з наступних шарів (рис. 3.2):

- 1). шар внутрішньої штукатурки товщиною 15мм, густиною 1800 кг/м³, коефіцієнт теплопровідності $\lambda_B = 0,93$ Вт/(м·К);
- 2). кладка з повнотілої цегли товщиною 380мм, густиною 1800 кг/м³, коефіцієнт теплопровідності $\lambda_B = 0,81$ Вт/(м·К);
- 3). цементно-піщаний розчин товщиною 10мм (вирівнювальний шар), густиною 1800 кг/м³, коефіцієнт теплопровідності $\lambda_B = 0,93$ Вт/(м·К);
- 4). вакуумні ізоляційні панелі зі спейсерним отвором, виробництва Корея, товщиною 30мм, густиною 150 кг/м³, коефіцієнт теплопровідності $\lambda_B = 0,007$ Вт/(м·К). Через наявність отвору, дана модель вакуумної ізоляційної панелі має гірший показник теплопровідності, ніж суцільні панелі.

Фіксація вакуумних панелей відбувається на теплоізоляційний дисперсійний клей від виробника ВІП. Додатково - дюбельна фіксація разом з армуючою сіткою зі скловолокна, в місцях отворів у панелях та по краях ВІП, де відсутній вакуум;

- 5). шар штукатурки товщиною 15мм, густиною 1800 кг/м³, коефіцієнт

теплопровідності $\lambda_B = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

Загальна товщина стінової конструкції становить 450 мм.

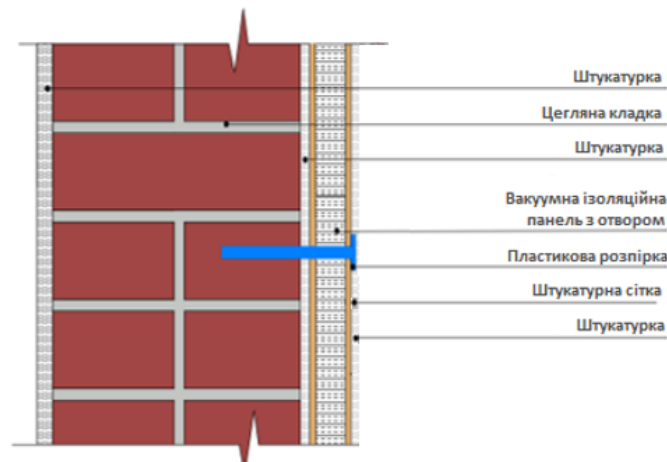


Рисунок 3.2 - Конструкція зовнішньої стіни системи «мокрый» фасад

Опір теплопередачі для даної конструкції розраховуємо за формулою [6]:

$$R_{\Sigma} = 1/\alpha_B + \sum \delta_i/\lambda_{ip} + 1/\alpha_3 = 1/8,7 + (0,015/0,93 + 0,38/0,81 + 0,01/0,93 + 0,03/0,007 + 0,015/0,93) + 1/23 = 4,96 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}.$$

Для розрахунку «Точки роси», визначення зони можливої конденсації та моделювання процесу стаціонарної теплопередачі використовуємо програмні комплекси Elcut та SmartCalc. Графічні інтерпретації розрахунків представлені на рис. 3.3-3.4.

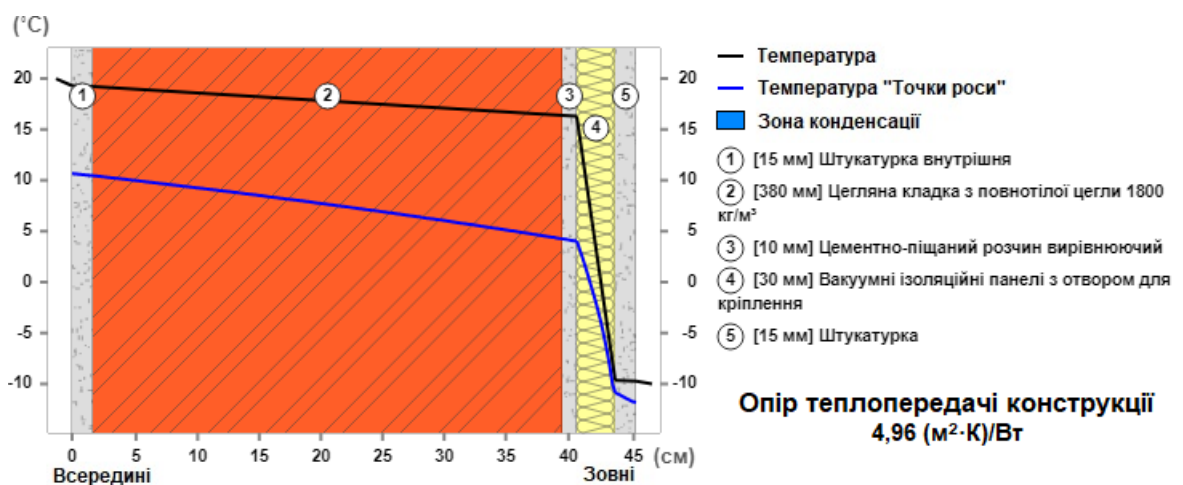


Рисунок 3.3 - Графік «точки роси» та зона можливої конденсації

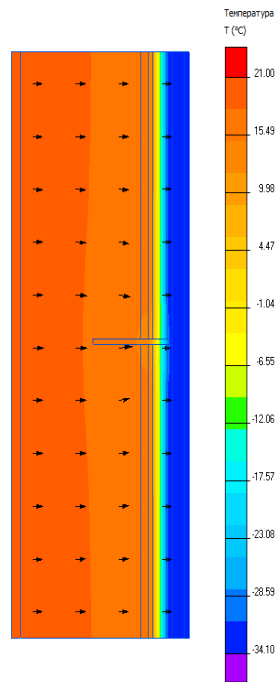


Рисунок 3.4 - Розподіл температурних полів у зовнішній стіні системи «мокрий» фасад

За результатами розрахунків отримано показник опору теплопередачі $R_{\Sigma} = 4,96 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$, що є більшим за мінімально допустиме значення $R_{q\text{min}} = 4,0 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$ (для I температурної зони).

Згідно графіку «точки роси» визначено, що в запропонованій конструкції відсутні умови для утворення конденсату.

3.1.2 Теплотехнічний розрахунок системи вентиляваного фасаду із застосуванням вакуумних ізоляційних панелей в якості утеплювача

Система вентиляваного фасаду виконана по стіні з цегляної кладки товщиною 380мм, де в якості утеплювача застосовано вакуумні ізоляційні панелі va-Q-vir німецького виробника «va-Q-tec» (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Панелі va-Q-vir для теплоізоляції фасадів

Товщину панелі приймаємо товщиною 30мм - ідентично до товщини ВІП, що застосовується в системі «мокрого» фасаду. Оздоблювальний шар - HPL-панелі по алюмінієвому каркасу.

За ДСТУ Б В.2.6-34:2008 запропонована конструкція відноситься до класу В, підклас В.8.3 – з опорядженням ламінованими панелями [5].

Дана конструкція зовнішньої стіни складається з наступних шарів (рис. 3.6):

- 1). внутрішня штукатурка товщиною 15мм, густиною 1800 кг/м³, коефіцієнт теплопровідності $\lambda_B = 0,93$ Вт/(м·К);
- 2). кладка з повнотілої цегли товщиною 380мм, густиною 1800 кг/м³, коефіцієнт теплопровідності $\lambda_B = 0,81$ Вт/(м·К);
- 3). цементно-піщаний розчин товщиною 10мм (вирівнювальний шар), густиною 1800 кг/м³, коефіцієнт теплопровідності $\lambda_B = 0,93$ Вт/(м·К);
- 4). вакуумні ізоляційні панелі товщиною 30мм, густиною 180 кг/м³, коефіцієнт теплопровідності за декларацією виробника «va-Q-tes» $\lambda_B = 0,0043$ Вт/(м·К). ВІП мають правильну геометричну форму і фіксуються на теплоізоляційний дисперсійний клей від виробника панелей.
- 5). вентильований повітряний прошарок 40мм;
- 6). HPL-панелі товщиною 10мм, густиною 1450 кг/м³, коефіцієнт теплопровідності $\lambda_B = 0,23$ Вт/(м·К).

Загальна товщина стінової конструкції з вентиляльованим повітряним прошарком – 485мм.

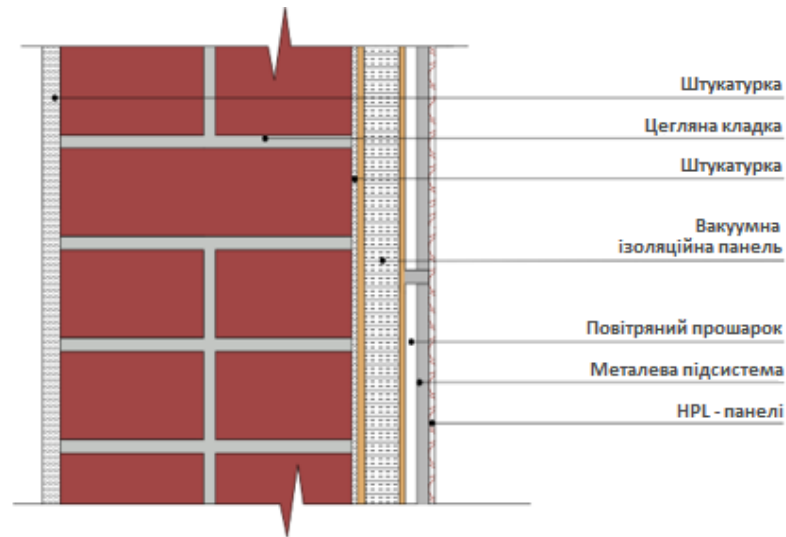


Рисунок 3.6 - Конструкція зовнішньої стіни системи вентиляльованого фасаду

Розраховуємо опір теплопередачі для даної конструкції за формулою [6]:

$$R_{\Sigma} = 1/\alpha_{в} + \sum \delta_i/\lambda_{ip} + 1/\alpha_{з} = 1/8,7 + (0,015/0,93 + 0,38/0,81 + 0,01/0,93 + 0,03/0,0043) + 1/12 = 7,68 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт.}$$

За допомогою програмних комплексів Elcut та SmartCalc розрахуємо «точку роси», визначимо зону можливої конденсації та змоделюємо процес теплопередачі для стаціонарних умов. На рис. 3.7.-3.8 відображені результати розрахунків.

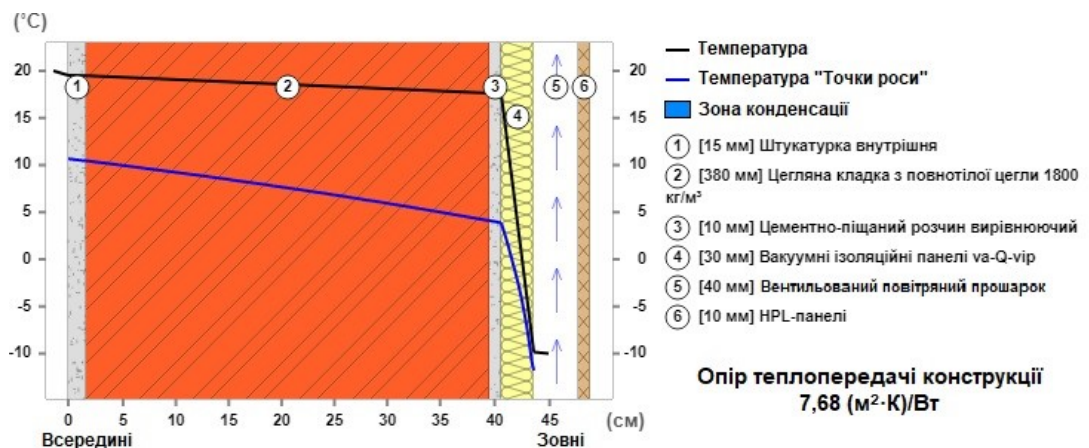


Рисунок 3.7 - Графік «точки роси» та зона можливої конденсації для системи вентиляльованого фасаду

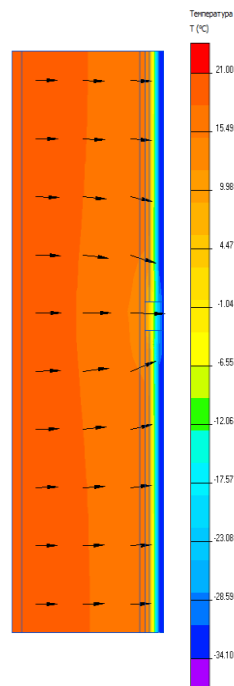


Рисунок 3.8 - Розподіл температурних полів у зовнішній стіні (система вентильованого фасаду)

Показник опору теплопередачі, отриманий за результатами розрахунків, набагато перевищує нормоване мінімально допустиме значення, $R_{\Sigma} = 7,68$ ($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)/Вт $> R_{\text{qmin}} = 4,0$ ($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)/Вт, що свідчить про високу енергоефективність запропонованої стінової огорожувальної конструкції.

Згідно графіку «точки роси» можна зробити висновок, що конструкція зовнішньої стіни з вентильованим фасадом не містить зони для утворення конденсату.

3.1.3 Порівняння результатів теплотехнічних розрахунків

Порівнюючи результати двох теплотехнічних розрахунків, можна зазначити, що енергоефективність стінової конструкції системи «мокрый фасад» з утепленням ВІП з отвором, є нижчою, порівняно з вентильованим фасадом, де застосовано суцільну вакуумну ізоляційну панель.

Слід зазначити, що розрахунки опору теплопередачі проводились без врахування теплопровідних включень – лінійних та точкових.

Якщо прийняти до уваги теплопровідні включення, які мають місце при

влаштуванні систем «мокрого» та вентиляованого фасаду, то отримаємо наступні показники приведенного опору теплопередачі.

Прийmemo до розрахунку фрагмент стіни площею 1 м^2 (без віконних та дверних прорізів).

Для системи «мокрого фасаду» з утепленням вакуумними ізоляційними панелями з отворами, теплопровідними включеннями будуть: дюбелі для кріплення вакуумних панелей, 7 шт. на 1 м^2 , точковий коефіцієнт теплопередачі $\psi=0,0015\text{ Вт/К}$ (Додаток Д ДСТУ 9191:2022 [6]).

Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін визначаємо згідно з формулою (1) ДСТУ 9191:2022 [6]:

$$R_{\Sigma\text{ПР}} = 1/[(1/4,96 + (0,0015 \times 7))] = 4,71 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт.}$$

При розрахунку приведенного опору теплопередачі для конструкції зовнішніх стін з вентиляованим повітряним прошарком слід враховувати наступні теплопровідні включення: несучі кронштейни вентиляованої фасадної системи - точкові елементи, 4 елементи на 1 м^2 , точковий коефіцієнт теплопередачі $\psi=0,015\text{ Вт/К}$ (Додаток Д ДСТУ 9191:2022 [6]).

Тоді за формулою (1) ДСТУ 9191:2022 [6] приведенний опір теплопередачі:

$$R_{\Sigma\text{ПР}} = 1/[(1/7,68 + (0,015 \times 4))] = 5,26 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт.}$$

Отже, отримані результати приведенного опору теплопередачі для двох варіантів стінових конструкцій свідчать про те, що для систем вентиляованого фасаду негативний вплив мають саме металеві елементи системи, що кріпляться до зовнішньої стіни. Це – так звані «містки холоду», що зменшують енергоефективність стінової конструкції, навіть при застосуванні високоефективного теплоізоляційного матеріалу.

Для подолання саме таких «містків холоду» можна запропонувати декілька варіантів рішення:

- використання термопрокладок під алюмінієві кронштейни;
- використання термічного кронштейну, що виготовлений із

пластикового кутового кронштейна з алюмінієвою офсетною плоскою планкою.

В розділі 6 магістерської кваліфікаційної роботи проведено порівняльний аналіз економічної ефективності двох варіантів зовнішніх стінових конструкцій, що розглядались в даному розділі.

Висновки до розділу 3.

1. В розділі було запропоновано та розглянуто 2 варіанти зовнішніх стінових конструкцій із застосуванням в якості утеплювача вакуумних ізоляційних панелей. 1-й варіант – система «мокрого фасаду», де застосована ВІП з отвором для кріплення. 2-й варіант – система вентиляваного фасаду з суцільною вакуумною ізоляційною панеллю.

2. Проведено теплотехнічний розрахунок запропонованих варіантів стінових конструкцій. Зроблено висновки про те, що якщо не враховувати теплопровідні вклучення, то енергоефективність вентиляваного фасаду є набагато вищою порівняно з «мокрим» фасадом.

3. Запропоновано рішення щодо покращення теплотехнічних характеристик системи вентиляваного фасаду.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Архітектурно-будівельні рішення

4.1.1 Загальні дані

Досліджуваний об'єкт - одноповерхова будівля під амбулаторію зі сховищем в м.Хмельницькому, зі змішаною конструктивною схемою, з несучими цегляними стінами та монолітними залізобетонними плитами перекриття.

Характер будівництва – нове будівництво.

Висота приміщень 3600 мм від підлоги до стелі.

Покрівля – інверсійна, з влаштуванням озеленення, утеплена, в якості гідроізоляції - ПВХ мембрана по ухилоутворюючій стяжці. На основній покрівлі передбачені приміщення вентиляційної камери для амбулаторії.

Місткість сховища -100 переховуваних.

Для доступу маломобільних груп населення до укриття та завантаження витратних матеріалів в підвальну частину передбачається застосування гідравлічного підйомника.

На прилеглій території передбачено благоустрій, освітлення, застосування твердих покриттів, комплексного озеленення, пандусів, сходів, підпірних стін, огорожень.

4.1.2 Основні рішення та показники генерального плану, інженерних мереж та комунікацій

Проектом передбачається спорудження амбулаторії зі сховищем. Генеральним планом вздовж зовнішніх стін основної будівлі передбачено влаштування кругового протипожежного проїзду.

Організацію рельєфу передбачено методами вертикального планування території, з дотриманням нормативних поздовжніх та поперечних похилів

проїздів та майданчиків.

Планом благоустрою території передбачено влаштування твердих покриттів проїздів та майданчиків, озеленення прилеглої території висівом багаторічних трав, злаків та насадженням дерев та декоративних кущів.

Ділянка для будівництва характеризується сприятливими умови для забудови території .

Ділянка характеризується відсутністю підземних вод, що чинять агресивний вплив на бетонні та залізобетонні конструкції.

Методом вертикального планування на прилеглий території створено організацію рельєфу з дотриманням нормативних поздовжніх та поперечних похилів місцевості для забезпечення організованого поверхневого стоку.

Вищеперераховані заходи унеможливають створення несприятливих факторів для функціонування об'єкту, ерозії ґрунту чи заболочення місцевості.

Ділянка не потребує значних витрат на інженерну підготовку території.

Основні показники по генплану та благоустрою відображені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Основні показники по генплану та благоустрою

N п/п	Найменування	Площа м.кв.	Примітки
1	Площа освоєння території при будівництві	4735,26	
2	Площа забудови будівлями та спорудами	1336,89	
3	Площа проїздів	2150	
4	Площа вимощень, тротуарів та майданчиків	691	
5	Площа ділянок озеленення	590	Включає позамайданчиковий висів газонних трав

Проектом передбачається спорудження зовнішніх інженерних мереж водопостачання від існуючої комунальної мережі водопроводу з влаштуванням протипожежного-господарсько-питного водопостачання.

Мережа господарсько-побутової каналізації запроектована із влаштуванням очисних споруд відповідної продуктивності, з відведенням очищених стоків в існуючу мережу каналізації.

Зовнішні мережі електропостачання запроектовано від існуючих кабельних ліній з встановленням відповідної трансформаторної підстанції контейнерного типу.

4.1.3 Основні техніко-економічні показники

Основні техніко-економічні показники досліджуваного об'єкту представлені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Основні техніко-економічні показники

№ з/п	Найменування показників	Розмірність	Кількість
1	Площа земельної ділянки	м ²	4735,26
2	Площа забудови	м ²	1336,89
3	Поверховість	пов.	1
4	Умовна висота будинку	м	До 9,0
5	Ступінь вогнестійкості будинку		I
6	Загальна площа	м ²	2356,11
7	Корисна площа	м ²	2143,88
8	Загальний будівельний об'єм: У тому числі: - вище позн. ±0,000 - нижче позн. ±0,000	м ³	11145,53 4817,41 6328,12
9	Тривалість будівництва	місяців	8
10	Тривалість експлуатації	років	100
11	Кількість переховуваних в укритті	осіб	100

4.1.4 Об'ємно-планувальні рішення

Амбулаторія - одноповерхова будівля, зі змішаною конструктивною схемою, з несучими цегляними стінами та монолітними залізобетонними плитами перекриття. Висота приміщень 3600 мм від підлоги до стелі. Покрівля - експлуатована з влаштуванням озеленення, утеплена, в якості

гідроізоляції - ПВХ мембрана по ухилоутворюючій стяжці. На основній покрівлі передбачено приміщення вентиляційної камери для амбулаторії.

Підземна частина будівлі відділена від надземної двома залізобетонними перекриттями та піщаною засипкою. Висота підвальної частини 2500 мм. В підвальній частині розташовується приміщення укриття та приміщення запасу витратних матеріалів.

Укриття має 3 евакуаційних виходи, 2 з яких відтягнуті від будівлі за призму можливого руйнування підземними залізобетонними тунелями. Блок ПРУ відокремлений від інших приміщень підвальної частини герметичними дверима, що витримують надлишковий тиск від ударної хвилі 100 кПа та відповідають класу ПРУ П-4.

Укриття передбачає розташування приміщення брудного одягу, коридору, вентиляторної, буфету, приміщення підігрівання їжі, складу продовольства, основного приміщення для переховування, посту медсестри, перев'язочної, стерилізаційної, приміщення розміщення хворих, електрощитової, приміщення дизель-електричної станції, туалету чоловічого та жіночого, душових та інвентарної. Для сполучення підземної та надземної частини запроектовано сходові клітки та гідравлічний підйомник.

Вхідні вузли, та дизель-генераторна відокремлені від коридорних приміщень укриття тамбур-шлюзами з гермодверима.

4.1.5 Конструктивні рішення

Фундаменти запроектовані мілкового закладання стрічкового типу, монолітні залізобетонні С20/25, та монолітні залізобетонні плити, стіни з бетону класу міцності С20/25, армовані арматурою А500С.

Перекриття - монолітний армований залізобетон з бетону класу міцності С20/25. Надземні стіни – цегла повнотіла КрПв1/125/1850/25 згідно ДСТУ Б.А.2.7-61-9, товщиною 380мм. Перев'язка цегли рядова, на цементному розчині марки М100, утеплені вакуумними ізоляційними панелями товщиною 30мм та захищені системою «мокрого» та «вентильованого»

фасаду.

Перегородки – з цегли повнотілої КрПв1/125/1850/25 згідно ДСТУ Б.А.2.7-61-9, перев'язка цегли рядова, на цементному розчині марки М100.

Утеплення покрівлі пінополістирол EPS-150.

Ухилоутворюючий шар стяжки формує поверхневий сток до дощоприймальних покрівельних решіток, гідроізоляційний покрівельний шар - покрівельна ПВХ мембрана.

Підлога – промислова, шліфований армований бетон з топінгом.

Вікна, балконні двері – метало-пластикові, алюмінієві по ДСТУ Б.В.2.7-130-2007 з двокамерним склопакетом 4і-10-4-10-4і.

Двері вхідні – металеві протиударні з межею вогнестійкості EI 30.

4.1.6 Санітарно-технічна частина

Джерелом водопостачання для господарсько-питних потреб будівлі є комунальний водопровід міста. Ввід водопроводу передбачається у приміщення підвального поверху, де влаштовується вузол комерційного обліку спожитої води.

Гаряче водопостачання децентралізоване (місцеве) - з підігрівом води в емкісних водонагрівачах.

Водопостачання протирадіаційного укриття влаштоване від внутрішньої водопровідної мережі, яка проектується за умови експлуатації у мирний час, та має відключаючу арматуру. Для забезпечення людей, які укриваються, водою, при її відсутності в мережі, в приміщенні укриття розміщуються переносні ємкості із розрахунку 20л/добу на кожного хворого та 3 л/добу на кожного медичного працівника. Ємкості заповнюються від водопровідної мережі, а при її відсутності з інших джерел водопостачання.

Трубопроводи холодної води прокладаються під стелею підвалу та 1-го поверху і виконуються із поліпропіленових труб (ПП). Стояки прокладаються у штробах стін і виконуються із поліпропіленових труб (ПП). Розводки запроектовані із поліпропіленових труб, для яких передбачено

відкрите прокладання.

Усі трубопроводи води прокладаються у теплоізоляції із вспіненого поліетилену.

В будівлі передбачені системи побутової (госпфекальної) каналізації. Система передбачена самопливом у дворівній мережі.

Прокладання трубопроводів 1-го поверху, в зоні ПРУ передбачено в підпідлогових каналах. Прокладання в межах санвузлів відкрите, в інших приміщеннях та підвалі - приховано в землі, та під підлогою 1-го поверху.

Водовідведення із покрівлі передбачається через покрівельні водостічні воронки на прибудинкове вимощення.

Джерелом тепла для системи опалення будуть зовнішні теплові мережі з параметрами теплоносія - температура 95-70°C.

Система опалення - двотрубна з горизонтальною розводкою магістралей та горизонтальними приладовими вітками, оснащеними балансувальною арматурою. Нагрівні прилади - сталеві панельні радіатори «Korado» з гладкою поверхнею. Прилади оснащуються автоматичними терморегуляторами.

Для опалення приміщень ПРУ та водомірного вузла в підвалі застосовуються електроконвектори.

4.1.7 Відомість основних будівельно-монтажних робіт

В табл. 4.3 наведено відомості основних будівельно-монтажних робіт, на основі яких складено календарний графік виконання робіт (див. лист ПОБ графічної частини) .

Таблиця 4.3 - Відомість основних будівельно-монтажних робіт

№ п/п	Найменування робіт та витрат	Одиниця виміру	Кількість
1	2	3	4
Підземна частина			
1	Улаштування стрічкових з/б фундаментів бетон В25	куб.м.	131,75
2	Улаштування арматури д.8 А240 С-12А500С	т	4,8552
3	Улаштування мон. з/б фундаментів під колони бетон В25	куб.м.	15,14
4	Улаштування арматури д.12 А500 С	т	0,649
5	Улаштування колон у металевій опалубці бетон В25	куб.м.	30,75
6	Улаштування арматури д.6-12 А500 С	т.	1,2876
7	Улаштування мон. з/б стін і перегородок в металевій опалубці	куб.м.	291,60
8	Улаштування арматури д.6-16 А500 С	т.	13,2174
9	Улаштування теплоізоляції з пінополістиролу EPS 150 під плиту підлоги підвалу	куб.м.	103,723
10	Улаштування мон. з/б плити підлоги ПМ-0 з бетону В25	куб.м.	131,00
11	Улаштування арматури д.8-10 А500С	т.	6,8594
12	Улаштування плити перекриття над підвалом в металевій опалубці бетон. В25	куб.м.	347,40
13	Улаштування арматури д.8-16 А500С	т	24,277
14	Улаштування оздоблення стелі підвалу ґрунтівою глибокого проникнення	кв.м.	1097,73
15	Поліпшення фарбування стель олійними фарбами	кв.м.	399,52
16	Улаштування ґрунтування бетонних поверхонь стін ґрунтівою глибокого проникнення	кв.м.	1262,40
17	Поліпшення фарбування стін олійними фарбами	кв.м.	1163,70
Евакуаційні тунелі ПРУ 1,2			
18	Улаштування мон. з/б плит днища бетон В25 (М350) W6 F100	куб.м.	33,80
19	Улаштування арматури д.6 А250С - 10 А500С	т	1,7805
20	Улаштування мон. з/б стін в металевій опалубці бетон В25 W6 F100	куб.м.	88,36
21	Улаштування арматури д.6А240С - д.10А500С	т	4,6433
22	Улаштування мон. з/б перекриття в металевій опалубці бетон В25 W6 F100	куб.м.	24,90
23	Улаштування арматури д.6.240С - д.16А500С	т.	1,5975
24	Улаштування вертикальної гідроізоляції з наплавляемого матеріалу ЕМПІ 5,5 в два шари по бітумній мастиці	кв.м.	233,69
25	Улаштування горизонтальної гідроізоляції з наплавляемого матеріалу ТехноМіст в два шари по бітумній мастиці	кв.м.	68,28

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4
26	Улаштування вертикальної гідроізоляції з наплавляемого матеріалу ЕМПІ 5,5 з послідуною ізоляцією екструдованим пінополістиролом (нижче відмітки 0,000)	кв.м.	701,10
Надземна частина			
27	Кладка зовнішній стін з цегли керамічної	куб.м.	217,72
28	Кладка внутрішніх стін з цегли керамічної	куб.м.	233,63
29	Улаштування мон. з/б стін в металевій опалубці бетон В25	куб.м.	77,64
30	Улаштування армування д.8-10 А500С	т.	4,2202
31	Улаштування мон. з/б стін в парапету в металевій опалубці бетон В25	куб.м.	51,04
32	Улаштування армування д.6-8 А500С	т.	2,5644
33	Улаштування підлоги з плит П-1,2 бетон В25 по підсищі з ґрунту	куб.м.	169,70
34	Улаштування арматури д.8-А500С	т.	10,4176
35	Улаштування покриття підлоги з керамічної плитки	кв.м.	283,17
36	Улаштування покриття підлоги вінілового	кв.м.	859,50
37	Улаштування перекриття над першим поверхом танад вент камерою мон. з/б в металевій опалубці бетон В25	куб.м.	481,33
38	Улаштування арматури д.6-16А500С	т.	27,162
39	Улаштування покрівлі з полівінілхлоридної мембрани	кв.м.	1490,11
40	Улаштування покрівлі з направляемого матеріалу ТехлоеластМіст	кв.м.	14,40
41	Улаштування мон. з/б сходів в металевій опалубці бетон В22	куб.м.	8,30
42	Улаштування цегляних перегородок	кв.м.	950,14
43	Улаштування внутрішнього оздоблення стель ґрунтівою глибокого проникнення з подальшим фарбуванням	кв.м.	1118,66
44	Улаштування облицювання стін керамічною плиткою	кв.м.	597,00
45	Улаштування поліпшеної штукатурки стін з шпаклюванням та подальшим фарбування олійними фарбами	кв.м.	2901,00
46	Опорядження стін фасадів НРЛ панелями з утепленням вакуумними ізоляційними панелями	кв.м.	454,30
47	Улаштування зовнішнього оздоблення цоколя декоративною штукатуркою Байрамікс	кв.м.	33,40

4.2 Енергетичний сертифікат

Енергетичний сертифікат - електронний документ встановленої форми, в якому зазначено показники та клас енергетичної ефективності будівлі, наведено сформовані у встановленому законодавством порядку рекомендації щодо його підвищення, а також інші відомості щодо будівлі, її відокремлених частин, енергетичну ефективність яких сертифіковано [40].

Сертифікація енергетичної ефективності - вид енергетичного аудиту, під час якого здійснюється аналіз інформації щодо фактичних або проектних характеристик огорожувальних конструкцій та інженерних систем, оцінюється відповідність розрахункового рівня енергетичної ефективності встановленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель та надаються рекомендації щодо підвищення рівня енергетичної ефективності будівель, що враховують місцеві кліматичні умови, є технічно та економічно обґрунтованими [40].

Сертифікація енергетичної ефективності є обов'язковою для:

1) об'єктів будівництва (нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту), що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми (СС2) та значними (СС3) наслідками, що визначаються відповідно до Закону України "Про регулювання містобудівної діяльності";

2) будівель державної власності з опалюваною площею понад 250 квадратних метрів, які часто відвідують громадяни і у всіх приміщеннях яких розташовані органи державної влади;

3) будівель з опалюваною площею понад 250 квадратних метрів, у всіх приміщеннях яких розташовані органи місцевого самоврядування (у разі здійснення ними термомодернізації таких будівель);

4) будівель, в яких здійснюється термомодернізація, на яку надається державна підтримка та яка має наслідком досягнення класу енергетичної ефективності будівлі не нижче мінімальних вимог до енергетичної

ефективності будівлі [40].

4.2.1 Вихідні дані.

Громадська будівля (амбулаторія) - одноповерхова будівля, зі змішаною конструктивною схемою, з несучими цегляними стінами та монолітними залізобетонними плитами перекриття. Висота приміщень 3600 мм від підлоги до стелі. Покрівля-експлуатована з влаштуванням озеленення, утеплена, в якості гідроізоляції-ПВХ мембрана по ухилоутворюючій стяжці. На основній покрівлі передбачене приміщення вентиляційної камери для амбулаторії.

Розташування громадської будівлі та її орієнтація за сторонами світу наведена відображено на рис. 4.1.

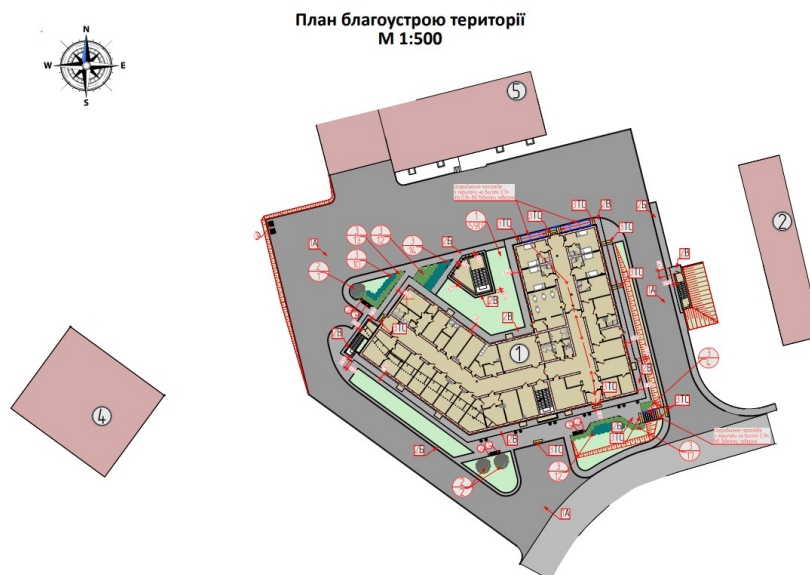


Рисунок 4.1 - Орієнтація будівлі за сторонами світу

Зовнішні стіни громадської будівлі – з керамічної цегли, товщиною 380мм. Як теплоізоляційний шар використовуються вакуумні ізоляційні панелі va-Q-vip, товщина 30мм, густина 180 кг/м³.

Перекриття - монолітний армований залізобетон з бетону класу міцності С20/25, товщиною 300мм.

Покрівля - експлуатована з влаштуванням озеленення, утеплена, в якості гідроізоляції - ПВХ мембрана по ухилоутворюючій стяжці. Утеплення

покрівлі - пінополістирол EPS-150, товщина 350мм, густина 24 кг/м³.

Висота підвальної частини 2500 мм. В підвальній частині розташовується приміщення укриття та приміщення запасу витратних матеріалів. Блок ПРУ відокремлений від інших приміщень підвальної частини герметичними дверима, що витримують надлишковий тиск від ударної хвилі 100 кПа та відповідають класу ПРУ П-4.

Перекриття над підвалом:

- монолітна залізобетонна плита з бетону класу міцності С20/25, товщиною 300мм;
- шар піску товщиною 500мм, густиною 1680 кг/м³;
- монолітна залізобетонна плита з бетону класу міцності С20/25, товщиною 150мм;
- утеплювач – мінеральна вата товщиною 100мм, густиною 150 кг/м³;
- цементно-піщана стяжка М150, товщиною 60мм.

Світлопрозорі конструкції (вікна) виконані з металопластикового профілю з потрійним склінням (4і-10-4М₁-10-4і).

Площа світлопрозорих конструкцій відповідає нормам природного освітлення. Інсоляційний режим приміщень відповідає вимогам ДержСанПіН. При цьому надходження зайвої сонячної радіації у жаркий період року мінімізоване за рахунок улаштування жалюзі та штор.

Використання відновлювальних та альтернативних джерел енергії не передбачено. Акумуляування енергії у години мінімального енергоспоживання не передбачено.

Джерелом тепла для системи опалення будуть зовнішні теплові мережі з параметрами теплоносія - температура 95-70°С.

Система опалення - двотрубна з горизонтальною розводкою магістралей та горизонтальними приладовими вітками, оснащеними балансувальною арматурою. Нагрівні прилади - сталеві панельні радіатори з гладкою поверхнею. Прилади оснащуються автоматичними терморегуляторами. Для опалення приміщень ПРУ та водомірного вузла в підвалі застосовуються

електроконвектори.

В будівлі застосовуються, переважно, системи загальнообмінної вентиляції змішаного спонукання (приплив - механічний, витяжка - природна). Для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату в теплий період року влаштовується система кондиціонування повітря.

Для припливної вентиляції та кондиціонування повітря застосовується блочна припливна установка - центральний кондиціонер фірми Аеростар в комплекті з холодильною установкою Hitachi. В якості холодоагента застосовується фреон.

Джерелом водопостачання для господарсько-питних потреб будівлі є комунальний водопровід. Ввід водопроводу передбачається у приміщення підвального поверху, де влаштовується вузол комерційного обліку спожитої води.

Гаряче водопостачання децентралізоване (місцеве) - з підігрівом води в емкісних водонагрівачах.

4.2.2 Розрахункові кліматичні та теплоенергетичні параметри.

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 розрахункову температуру внутрішнього повітря приймаємо: $t_b = 22 \text{ }^\circ\text{C}$.

Розрахункова температура зовнішнього повітря для умов м.Хмельницького: $t_3 = -22 \text{ }^\circ\text{C}$.

Розрахункове значення відносної вологості приміщень: $\varphi_b = 50\%$.

Мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні: $t_{\min} = 10,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Розрахункова температура підвалу: $t_{\text{ц}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Кількість градусо-днів опалювального періоду для I температурної зони: $D_d = 3750 \text{ }^\circ\text{C-днів}$.

Тривалість опалювального періоду для м.Хмельницького складає $z_{\text{оп}} = 183$ доби, середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{\text{оп.з}} = -0,1 \text{ }^\circ\text{C}$.

У відповідності до ДБН В.2.6-31:2021 мінімально допустиме значення опору теплопередачі R_{qmin} м²·К/Вт (м.Хмельницький – I температурна зона), становить:

- ♣ для зовнішніх стін — 4,0 м²·К/Вт;
- ♣ для суміщених покриттів — 7,0 м²·К/Вт;
- ♣ для перекриття, що межують із зовнішнім повітрям — 5,0 м²·К/Вт;
- ♣ для перекриття над неопалювальними підвалами — 5,0 м²·К/Вт;
- ♣ для світлопрозорих огорожувальних конструкцій — 0,9 м²·К/Вт;
- ♣ вхідні двері — 0,7 м²·К/Вт.

Граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні будівлі – 30 кВт×год/м³ (для закладів охорони здоров'я), згідно Додатку до Мінімальних вимог енергетичної ефективності будівель (пункт 2 розділу II).

Основні об'ємно-планувальні показники:

- Загальна площа — 2356,11 м²;
- Загальний об'єм – 11145,53 м³;
- Кондиціонована (опалювана) площа — 990,81 м²;
- Кондиціонований (опалюваний) об'єм — 3566,92 м³;
- Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі — 2667,41 м²;
 - в т.ч. зовнішні стіни (непрозора частина) – 454,10 м²;
 - суміщені перекриття – 1018,15 м²;
 - перекриття над неопалюваними підвалами – 1026,32 м² ;
 - світлопрозорі огорожувальні конструкції (в т.ч. зовнішні двері) – 168,84 м² .
- Коефіцієнт скління – $168,84 \text{ м}^2 / (454,10 \text{ м}^2 + 168,84 \text{ м}^2) = 0,271$;
- Показник компактності будівлі – $2667,41 \text{ м}^2 / 3566,92 \text{ м}^3 = 0,738 \text{ м}^{-1}$.

4.2.3 Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій визначаємо у відповідності з ДСТУ 9191:2022 «Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель».

Величини розрахункових тепло-фізичних параметрів матеріалів, що використовуються, приймаємо: теплоізоляційний матеріал по даним конкретного виробника. Решту – по додатку А ДСТУ 9191:2022.

- $\lambda_B = 0,0043 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ — вакуумні ізоляційні панелі va-Q-vir німецького виробника Va-Q-tes , густиною 180 кг/м^3 ;

- $\lambda_B = 0,038 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ — мінераловатні плити ТЕХНОФАС, густиною 150 кг/м^3 ;

- $\lambda_B = 0,034 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – плити пінополістирольні EPS150, густиною 24 кг/м^3 ;

- $\lambda_B = 0,81 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ — кладка з цегли керамічної звичайної на цементно-піщаному розчині, густиною 1800 кг/м^3 ;

- $\lambda_B = 0,81 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – штукатурка, густиною 1600 кг/м^3 ;

- $\lambda_B = 0,93 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – розчин цементно-піщаний, густиною 1800 кг/м^3 ;

- $\lambda_B = 2,04 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – залізобетон (перекриття), густиною 2500 кг/м^3 ;

- $\lambda_B = 0,58 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – пісок, густиною 1600 кг/м^3 ;

4.2.4 Зовнішні стіни

Для розрахунку обрано фрагмент багатошарової зовнішньої стіни з цегли повнотілої товщиною 380мм, з фасадною теплоізоляцією вакуумними ізоляційними плитами та вентильованим фасадом із HPL-панелей по алюмінієвому каркасу (табл. 4.4). Обраний фрагмент головного фасаду по осях 7-9, з вікнами Вк-01 – 2 шт., Вк-02 – 1 шт.

Висота поверху 3,6м. Ширина фрагменту 6,0м. Розміри фрагменту фасаду, що розглядається, становлять 3,6м×6,0м. Розміри віконних прорізів –

0,88м×2,28м×3шт.

Загальна площа непрозорої частини фрагменту фасаду становить:

$$(3,6 \times 6,0) - (0,88 \times 2,28 \times 3) = 15,58 \text{ м}^2.$$

Таблиця 4.4 - Характеристики шарів зовнішньої стіни, що межує з некондиціонованою зоною

№ шару	Найменування шару	Густина ρ , кг/м ³	Товщина шару δ , мм	Коеф. теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)	Термічний опір шару R , (м ² ·К)/Вт
1	Штукатурка внутрішня	1800	15	0,81	0,02
2	Цегляна кладка з повнотілої цегли	1800	380	0,81	0,47
3	Штукатурка (вирівнюючий шар)	1800	10	0,81	0,01
4	Вакуумні ізоляційні панелі va-Q-vip	180	30	0,0043	6,98

Визначаємо опір теплопередачі зовнішніх стін по основному полю за формулою (2) ДСТУ 9191:2022 [6].

$$R_{\Sigma} = 1/\alpha_{\text{в}} + \sum \delta_i/\lambda_{ip} + 1/\alpha_{\text{з}} = 1/8,7 + (0,015/0,81 + 0,38/0,81 + 0,01/0,81 + 0,03/0,0043) + 1/12 = 7,68 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$$

Визначаємо характерні ділянки та типи теплопровідних включень. На фрагменті, що розглядається, присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- відкоси віконного прорізу в зоні надвіконної перемички, підвіконня, рядового примикання — лінійні елементи;
- дюбелі для кріплення вакуумної теплоізоляції — точкові елементи;
- несучі кронштейни вентиляційної фасадної системи - точкові елементи.

Для вказаних теплопровідних включень за проектними даними та даними Додатків Г та Д ДСТУ 9191:2022 [6], визначаємо кількісні показники та характеристики лінійних точкових коефіцієнтів теплопередачі. Зведені

дані занесені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 - Показники та характеристики лінійних теплових включень

Найменування теплопровідного включення	Протяжність, м	Кількість, шт.	Лінійний коефіцієнт теплопередачі k, Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі ψ , Вт/К
Віконний відкос в зоні перемички	2,64	-	0,062	-
Віконний відкос в зоні підвіконня	2,64	-	0,046	-
Віконний відкос в зоні рядового сполучення	13,68	-	0,058	-
Дюбелі для кріплення вакуумних ізоляційних плит		78	-	0,0015
Несучі кронштейни фасадної системи з вентиляльованим повітряним прошарком		18		0,015

Визначаємо приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою (1) ДСТУ 9191:2022 [6]:

$$R_{\Sigma \text{ПР}} = 15,58 / [(15,58 / 7,68 + (0,062 \times 2,64) + (0,046 \times 2,64) + (0,058 \times 13,68) + (0,015 \times 18) + (0,0015 \times 78)] = \mathbf{4,46 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}} > [4,0 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}]$$

4.2.5 Суміщені перекриття

Суміщені перекриття складаються із монолітної залізобетонної плити товщиною 300 мм, теплоізоляційного шару з пінополістиролу товщиною 350мм, керамзитового гравію середньою товщиною 150 мм, цементно-піщаної стяжки товщиною 80 мм, мембрани ПВХ товщиною 1,5мм, шару чорнозему товщиною 200мм (табл. 4.6).

Визначаємо опір теплопередачі суміщеного перекриття за за формулою (2) ДСТУ 9191:2022 [6]:

$$R_{\Sigma} = 1/\alpha_{\text{в}} + \sum \delta_i/\lambda_{\text{ір}} + 1/\alpha_{\text{з}} = 1/10 + (0,3/2,04 + 0,35/0,034 + 0,15/0,19 + 0,08/0,93 + 0,2/2,0) + 1/23 = \mathbf{11,56 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}} > [7,0 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}]$$

Таблиця 4.6 - Характеристики шарів суміщеного перекриття

№ шару	Найменування шару	Густина ρ , кг/м ³	Товщина шару δ , мм	Коеф. теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)	Термічний опір шару R, (м ² ·К)/Вт
1	Монолітна залізобетонна плита	2500	300	2,04	0,15
2	Пінополістирол EPS150	24	350	0,034	10,29
3	Керамзитовий гравій	600	150	0,19	0,79
4	Цементно-піщана стяжка	1800	80	0,93	0,09
5	Чорнозем	1250	200	2,0	0,1

4.2.6 Перекриття над неопалюваним підвалом

Перекриття над неопалюваним підвалом складається із монолітної залізобетонної плити товщиною 300 мм, шару піску товщиною 500 мм, монолітної залізобетонної плити товщиною 150 мм, теплоізоляційного шару з мінеральної вати 100мм, цементно-піщаної стяжки товщиною 60 мм (табл.4.7).

Таблиця 4.7 - Характеристики шарів перекриття над неопалюваним підвалом

№ шару	Найменування шару	Густина ρ , кг/м ³	Товщина шару δ , мм	Коеф. теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)	Термічний опір шару R, (м ² ·К)/Вт
1	Монолітна залізобетонна плита	2500	300	2,04	0,15
2	Пісок	1600	450	0,58	0,78
3	Монолітна залізобетонна плита	2500	150	2,04	0,07
4	Мінераловатні плити ТЕХНОФАС	150	150	0,038	3,95
5	Цементно-піщана стяжка	1800	60	0,93	0,06

Визначаємо опір теплопередачі перекриття над неопалюваним підвалом за формулою (2) ДСТУ 9191:2022 [6]:

$$R_{\Sigma} = 1/\alpha_{в} + \sum \delta_i/\lambda_{ip} + 1/\alpha_{з} = 1/5,9 + (0,3/2,04 + 0,45/0,58 + 0,15/2,04 + 0,15/0,038 + 0,06/0,93) + 1/12 = \mathbf{5,26 (m^2 \cdot K)/Вт} > [5,0 (m^2 \cdot K)/Вт]$$

Визначені теплотехнічні показники огорожувальних конструкцій наводимо у вигляді табл.4.9, площі зовнішніх огорожень будинку в табл.4.8.

Таблиця 4.8 - Площі зовнішніх огорожень будинку

№ п/п	Вид огорожувальної конструкції	Загальна площа, м ²
	Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій (у т.ч.):	2667,41
1	Суміщені перекриття	1018,15
2	Перекриття над неопалюваними підвалами	1026,32
3	Світлопрозорі огорожувальні конструкції (в т.ч. зовнішні двері), орієнтовані на:	168,84
	- північ	39,02
	- схід	31,52
	- південь	70,68
	- захід	27,62
4	Непрозорі елементи зовнішніх стін, включаючи площу віконних укосів, в т.ч. орієнтовані на:	454,10
	- північ	121,2
	- схід	95,7
	- південь	145,0
	- захід	92,2

Таблиця 4.9 - Теплотехнічні показники огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	$R_{qmin}, (m^2 \cdot K)/Вт$	$R_{\Sigma PR}, (m^2 \cdot K)/Вт$
Зовнішні стіни	4,00	4,46
Суміщені покриття	7,00	11,56
Перекриття над неопалюваними підвалами	5,00	5,26
Світлопрозорі огорожувальні конструкції (в т.ч. зовнішні двері)	0,90	0,9

4.2.7 Об'ємно-планувальні характеристики

Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будівлі:

$k_{\Sigma np}$, Вт/(м²·К), визначається за формулою:

$$k_{np.} = \frac{\xi \cdot (\sum \frac{F_n}{R_{\Sigma np_n}})}{F_{\Sigma}} \quad (4.1)$$

де ξ – коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати, пов'язані з орієнтацією огорожень за сторонами світу, наявністю кутових приміщень, надходженням холодного повітря через входи в будівлю $\xi = 1,1$.

Тоді

$$k_{np.} = 1,1 \times (454,10/4,46 + 1018,15/11,56 + 1026,32/5,6 + 168,84/0,9) / 990,81 = 0,60 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$$

Коефіцієнт скління фасадів будинку визначається за формулою (Л.1а) ДСТУ 9191:2022:

$$168,84 \text{ м}^2 / (454,10 \text{ м}^2 + 168,84 \text{ м}^2) = 0,271$$


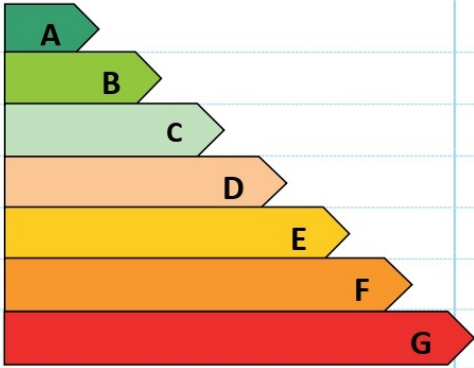

Показник компактності будинку $\Lambda_{к. б\gamma\delta}$, м⁻¹, визначається за формулою :

$$\Lambda_{к. б\gamma\delta} = F_{\Sigma} / V_h = 2667,41 \text{ м}^2 / 3564 \text{ м}^3 = 0,738 \text{ м}^{-1}.$$

Подальший розрахунок енергетичних показників для визначення класу енергетичної ефективності будівлі наведений в додатках до МКР.

4.2.8 Витяг з енергетичного сертифікату будівлі

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі:	м. Хмельницький		
Ідентифікатор об'єкта будівництва:	Клацніть тут, щоб ввести текст.		
Відомості про об'єкт сертифікації	проект нового будівництва		
Функціональне призначення та назва будівлі:	Нове будівництво громадської будівлі в м.Хмельницькому		
Відомості про конструкцію будівлі			
Загальна площа, (м ²):	2 356,11		
Загальний об'єм, (м ³):	11 145,53		
Опалювана площа, (м ²):	990,81		
Опалюваний об'єм, (м ³):	3 566,92		
Кількість поверхів:	1		
Рік прийняття в експлуатацію:	2023		
Кількість під'їздів або входів:	5		
Шкала класів енергоефективності		Клас енергетичної ефективності та питоме енергоспоживання	
		[кВт×год/м ³]*	<div style="text-align: center;"> B 2021 </div>
		<15,0	
		<24,0	
		18,33	
		≤30,0	
		≤36,0	
		≤40,5	
		≤45,0	
		>45,0	
Питоме споживання первинної енергії:		95,41	
			
Питомі викиди парникових газів:		19,08	
Дані енергоаудитора:		Номер та дата реєстрації:	
Клацніть або торкніться тут, щоб ввести текст.			

I. Характеристики огорожувальних конструкцій будівлі

Вид огорожувальної конструкції	Значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції, (м ² ×К/Вт)		Площа А, (м ²)
	Визначене за результатами сертифікації	Встановлені мінімальними вимогами до енергетичної ефективності	
Зовнішні стіни	4,46	4,0	454,10
Суміщені покриття	11,56	7,0	1018,15
Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	-	6,0	-
Горищні перекриття неопалюваних горищ	-	6,0	-
Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами	5,26	5,0	1026,32
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,9	0,9	168,84
Зовнішні двері	-	0,7	-
Опис виявленого стану огорожувальних конструкцій			
Наводимо опис огорожувальних конструкцій, передбачених проектом нового будівництва			
Зовнішні стіни (з вентиляваним фасадом із HPL-панелей по алюмінієвому каркасу):			
- Внутрішня штукатурка густиною 1800 кг/м ³ , товщиною 0,015м, $\lambda_B = 0,81$ Вт/(м·К);			
- Кладка з цегли керамічної повнотілої, товщиною 0,38м, густиною 1800 кг/м ³ , $\lambda_B = 0,81$ Вт/(м·К);			
- Штукатурка (вирівнюючий шар) густиною 1800 кг/м ³ , товщиною 0,010м, $\lambda_B = 0,81$ Вт/(м·К);			
- Вакуумні ізоляційні панелі Va-Q-tes, товщиною 0,03м, густиною 180 кг/м ³ , $\lambda_B = 0,0043$ Вт/(м·К).			
Суміщені перекриття:			
- Монолітна залізобетонна плита, товщиною 0,3м, густиною 2500 кг/м ³ , $\lambda_B = 2,04$ Вт/(м·К);			
- Пінополістирол EPS150, товщиною 0,35м, густиною 24 кг/м ³ , $\lambda_B = 0,034$ Вт/(м·К);			
- Керамзитовий ґравій, товщиною 0,15м, густиною 600 кг/м ³ , $\lambda_B = 0,19$ Вт/(м·К);			
- Цементно-піщана стяжка, товщиною 0,08м, густиною 1800 кг/м ³ , $\lambda_B = 0,93$ Вт/(м·К);			
- Чорнозем, товщиною 0,2м, густиною 1250 кг/м ³ , $\lambda_B = 2,0$ Вт/(м·К).			
Перекриття над неопалюваними підвалами:			
- Монолітна залізобетонна плита, товщиною 0,3м, густиною 2500 кг/м ³ , $\lambda_B = 2,04$ Вт/(м·К);			
- Пісок, товщиною 0,45м, густиною 1600 кг/м ³ , $\lambda_B = 0,58$ Вт/(м·К);			
- Мінераловатні плити, товщиною 0,15м, густиною 150 кг/м ³ , $\lambda_B = 0,038$ Вт/(м·К);			
- Цементно-піщана стяжка, товщиною 0,06м, густиною 1800 кг/м ³ , $\lambda_B = 0,93$ Вт/(м·К).			
Світлопрозорі огорожувальні конструкції:			
Світлопрозорі конструкції (вікна, зовнішні двері) передбачені з ПВХ-профілів із заповненнями двокамерними склопакетами з енергозберігаючими покриттям на зовнішньому та внутрішньому склі (4i-10-4M ₁ -10-4i). Опір теплопередачі світлопрозорих конструкцій становить 0,9 (м ² ·К)/Вт (сертифікат виробника).			
Всі зовнішні огорожувальні конструкції запроектовані у відповідності до нормативних вимог ДБН В.2.6-31:2021 за вологісним і повітряним режимами та теплостійкістю огорожень і приміщень.			

Рисунок 4.2 - Витяг з енергетичного сертифікату будівлі

За результатами розрахунків громадська будівля має клас енергетичної ефективності «В», тобто будівля є енергофактивною (рис. 4.2).

Розрахункові значення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій є більшими, ніж встановлені мінімальними вимогами. Це свідчить про те, що при застосуванні вакуумних ізоляційних панелей в якості утеплювача можна досягнути високих показників енергозбереження.

4.3 Технологічна карта

4.3.1 Сфера застосування

Технологічна карта розроблена на улаштування системи навісних вентиляованих фасадів для облицювання НРЛ панелями. Застосовується: при будівництві нових будівель і споруд, реконструкції та капітальному ремонті існуючих будівель та споруд.

Карта (ТК) призначена для зовнішніх облицювальних робіт.

При використанні даної технологічної карти необхідно:

- прив'язати до конкретного робочого проекту (РП);
- прив'язати до умов конкретного об'єкту (будівельного майданчика), де буде здійснюватися монтаж навісних вентиляованих фасадів;
- прив'язати до використовуваних засобів механізації, ручного і механізованого інструменту і пристосувань інвентарю;
- прив'язати до конкретних умов праці.

Організація і проведення робіт, передбачені цією технологічною картою при будівництві, реконструкції і ремонті об'єктів на території України повинні здійснюватися з дотриманням вимог інструкцій про роботи з оздоблення фасадів будь-яких зовнішніх частин будівлі, споруд і будівель, розташованих на території України.

До складу робіт, що розглядаються в ТК, входять:

- розмітка і установка кронштейнів;
- установка утеплювача;
- установка напрямних і виставляння по площині;
- установка елементів облицювання

В процесі монтажу необхідно строго дотримуватися всіх вимог техніки безпеки та охорони праці відповідно до діючих нормативних документів на території України.

4.3.2 Загальні положення

Навісні вентильовані фасади (НВФ) призначені для утеплення та облицювання зовнішніх огорожувальних конструкцій при будівництві нових, реконструкції та капітальному ремонту існуючих будівель і споруд.

Системи НВФ є багат шаровими конструкціями, що включають несучий металевий (з алюмінієвого сплаву) каркас (систему кріплення), прикріплений до основи (несучих конструкцій зовнішньої стіни), шар утеплювача і фасадний облицювальний шар, прикріплений до елементів несучого каркаса.

При цьому, між облицювальним шаром і шаром утеплювача влаштовується вентильований повітряний прошарок, за допомогою якого волога, яка накопичується в утеплювачі, ефективно видаляється.

Система кріплення НВФ складається з деталей і збірних одиниць. По функціональному призначенню можна розділити на:

- основні деталі: кронштейни; стійки несучі; подовжувачі кронштейнів;
- облицювальні елементи: заклепки, профілі аграфні, анкерні заклепки;
- другорядні деталі: терморозриви; допоміжні профілі;
- вироби для закріплення кронштейнів, утеплювача: анкера, фасадні дюбеля;
- деталі для закріплення підсистеми: болти, гайки, шайби, гвинти, заклепки витяжні, саморізи;
- базові деталі і несучі елементи системи кріплення виготовляються з алюмінієвого сплаву АД31Т1 ДСТУ Б.В.2.6-30: 2018, термічно обробленого для отримання найбільшої твердості і міцності.

В системі застосовуються кронштейни 3х типів:

- несучі;
- опорні;
- універсальні;

4.3.3 Організація і технологія виконання робіт

До початку робіт необхідно:

- завершити всі роботи по влаштуванню монолітних конструкцій будівлі;
- перевірити стан зовнішніх стін (вертикальність, стан поверхні стін, укосів, вертикальних і горизонтальних розмірів віконних прорізів і т.д.);
- підготувати поверхню (очищення від незв'язаних зі стіною елементів: штукатурки, фарби і т.д.);
- встановити всі необхідні закладні деталі, для зовнішніх елементів фасаду будівлі, які пов'язані з конструкцією НВФ;
- заготовити матеріали у місцях виробництва робіт;
- встановити і перевірити на міцність підмостки, встановити риштування;
- на межі небезпечної зони від роботи люлек встановити на майданчику інвентарну огорожу відповідно до ДСТУ та вивісити попереджувальні написи;
- забезпечити освітлення робочих місць, забезпечити майданчик електроенергією, побутовими приміщеннями і окремим щитом для підключення монтажних люлек і електроінструменту.

Не дозволяється виконання робіт з монтажу фасадної системи:

- при виконанні суміжних робіт іншими організаціями НАД або ППД зоною роботи монтажної люльки. Виконання будь-яких робіт заборонено, якщо в межах небезпечної зони паралельно працює інша організація;
- без наявності комплекту проектної документації, погодженої та затвердженої в установленому порядку;
- при відсутності покрівлі та огорож;
- під час дощу або снігопаду, при густому тумані;
- при вітрі, швидкість якого перевищує 10 м/с;
- при температурі зовнішнього повітря нижче -25 градусів Цельсія;
- без проходження монтажної бригади інструктажу з охорони праці;
- виконувати підйом на будівельній люльці, не впевнившись про її працездатність та перевірки кріплення консолей.

Необхідно підтвердити достатність несучої здатності стіни при дії на неї розрахункових навантажень підсистеми і провести контрольні випробування міцності забивання кріпильних виробів, за результатами цих випробувань підібрати анкерне кріплення. Згідно ДСТУ Б В.2.6-35: 2008 п.5.1.8 таблиця 1, п.2.:

Зусилля на вирив дюбеля для кріплення фасадної теплоізоляції зі стіни не менше:

- цегла або керамоблок: 100 кгс;
- бетон класу вище В15: 140 кгс;
- пористого бетону: 80 кгс.

Порядок виконання робіт:

- монтаж кронштейнів;
- монтаж утеплювача і вітробар'єра (якщо передбачено проектом);
- монтаж вертикальних / горизонтальних напрямних;
- монтаж конструкцій, необхідних для установки: парапетів, віконних укосів і т.д. (допускається виконання перед монтажем вертикальних напрямних);
- монтаж облицювання.

На будівельному майданчику встановлюють матеріально-технічний склад для зберігання елементів НВФ: лицевальних плит, панелей примикань (в т.ч. підшивок, парапетів), утеплювача, вітробар'єра (якщо використовується при проведенні робіт), конструктивних елементів несучого каркаса; роблять огляд і оцінку технічного стану риштувань, засобів механізації, інструменту, їх комплектності та готовності до роботи.

В процесі монтажу елементів системи виконувати поопераційний контроль якості робіт і готувати акти прихованих робіт.

4.3.4 Монтаж кронштейнів

Виконати розмітку для свердління отвору під установку кріпильних

виробів.

Кріпильні вироби поділяються на 3 типи:

1. Фасадний дюбель - застосовується для кріплення вітрового або універсального кронштейна, який сприймає вітрове навантаження. Таке кріплення використовується для кріплення в цеглу, газоблок, піноблок, ракушняк і інші пористі або пустотілі матеріали.

2. Механічний анкер распорного типу - застосовується для кріплення несучого або універсального кронштейна, який сприймає вертикальні і вітрові навантаження.

3. Хімічний анкер – універсальний анкер, який застосовується на всіх видах основи, де неможливо встановити фасадний дюбель або механічний анкер. Даний анкер можна застосовувати як для несучого, так і для вітрового вузла.

Згідно ДСТУ Б В.2.6-35: 2008 анкерна техніка повинна бути виготовлена з нержавіючої сталі марки 25Х13Н2 або з гарячецинковим покриттям товщиною не менше 45 мкм.

Стартові точки прив'язки, для розмітки кронштейнів приймають згідно робочої документації, вони можуть бути:

- від будівельних осей будівлі;
- віконних або дверних конструкцій;
- інших загальнобудівельних конструкційних елементів будівлі;
- по вертикалі: від висотних відміток;

Крок кронштейнів по горизонталі визначається проектною документацією виходячи з:

- розмірів плити;
- розмірів вертикальних швів;
- розкладки плити на фасаді.

Завершивши розмітку кронштейнів на фасаді приступити до буріння отворів.

Буріння (свердління) отворів виконувати механізованим інструментом

обертальної дії, за допомогою:

- перфоратора (з відбійним впливом свердла з твердосплавним наконечником) в міцних повнотілих основах, таких як монолітний бетон і бетонні блоки, повнотіла силікатна або керамічна цегла;

- дрилі (без відбійного впливу спеціального свердла) в пустотілих, щілинних керамічних матеріалах, пористих елементів заповнення кладки.

У пористих матеріалах, волокнистих плитах свердління за допомогою перфоратора може привести до розбивання отвору або викрошіння матеріалу стіни. У таких випадках свердлити отвір необхідно без ударного впливу свердла.

Діаметр свердла повинен дорівнювати діаметру анкерного кріплення, крім газобетону або іншого пористого матеріалу. При його застосуванні з пластиковим фасадним дюбелем отвір повинен бути на 1 мм менше зовнішнього діаметра дюбеля, тому навіть невелике збільшення діаметра отвору від розрахункового під фасадний дюбель може привести до провертання дюбеля і слабкому кріпленню.

При свердлінні бур направляти і утримувати строго перпендикулярно площині будівельної основи:

- глибина отвору повинна перевищувати глибину анкерування дюбеля, як мінімум на 5-10 мм, при цьому, напрямок буріння повинно бути строго перпендикулярно площині основи;

- після свердління, отвори в обов'язковому порядку продути від пилу «грушею» або за допомогою спеціального балончика із стислим повітрям.

Якщо отвір просвердлений помилково, не в тому місці, і потрібно просвердлити нове, то він повинен бути від помилкового на відстані як мінімум однієї глибини просвердленого отвору.

Установка фасадних дюбелів в шви кладки забороняється. Відстань від центру дюбеля до горизонтального шва повинна бути не менше 25 мм, а від вертикального не менше 60 мм.

Порядок монтажу та розмітки кронштейнів:

1. Встановлюються на плити перекриття несучі кронштейни. На початку крайові кронштейни. Натягується нитка (вісь) або лазерним рівнем проводиться вісь кронштейнів.

2. Відповідно до кроку кронштейнів, зазначеного у проектній документації, встановлюються в ліво/право наступні кронштейни, з відхиленням, що не перевищує допустимі.

3. Повторюємо дії, зазначені в пункті 1 і 2 на плитах перекриття поверхами вище/нижче.

4. Відвісом або лазерним рівнем проводимо вертикальну вісь для вітрових (опорних) кронштейнів. Крок право / ліво повинен відповідати кроку несучих кронштейнів або як вказано в проектній документації.

5. Відстань між несучими кронштейнами ділимо на кількість рядів і отримуємо кількість рядів опорних (вітрових) кронштейнів. Кількість рядів вказано в проектній документації. Вертикальний крок між кронштейнами не повинен перевищувати зазначений в проектній документації і повинен бути в рамках допустимих відхилень.

6. Встановлюємо всі опорні (вітрові кронштейни).

7. Рекомендується, в кутових зонах будівлі додавати два додаткових стовпчика кронштейнів, що підсилюють кутову зону. Це повинно бути так само передбачено проектною документацією.

4.3.5 Монтаж вертикальних напрямних

Монтаж вертикальних напрямних виконують згідно з проектною документацією.

Висоту направляючої визначають згідно проекту, по висоті поверху будівлі, але не більше 4,5м відповідно до розрахунків щодо обмежень температурних переміщень в кронштейнах.

Кріплення напрямних до несучих кронштейнів виконують заклепками з корозійностійких матеріалів згідно ДСТУ Б.В.2.6-35: 2008.

Кріплення напрямних і способи фіксації (рис. 4.3-4.5):

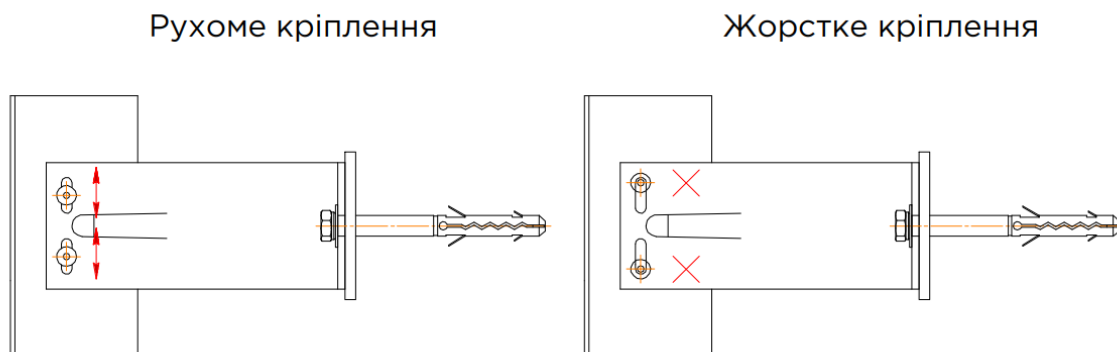


Рисунок 4.3 - Способи фіксації на опорних (вітрових) кронштейнах

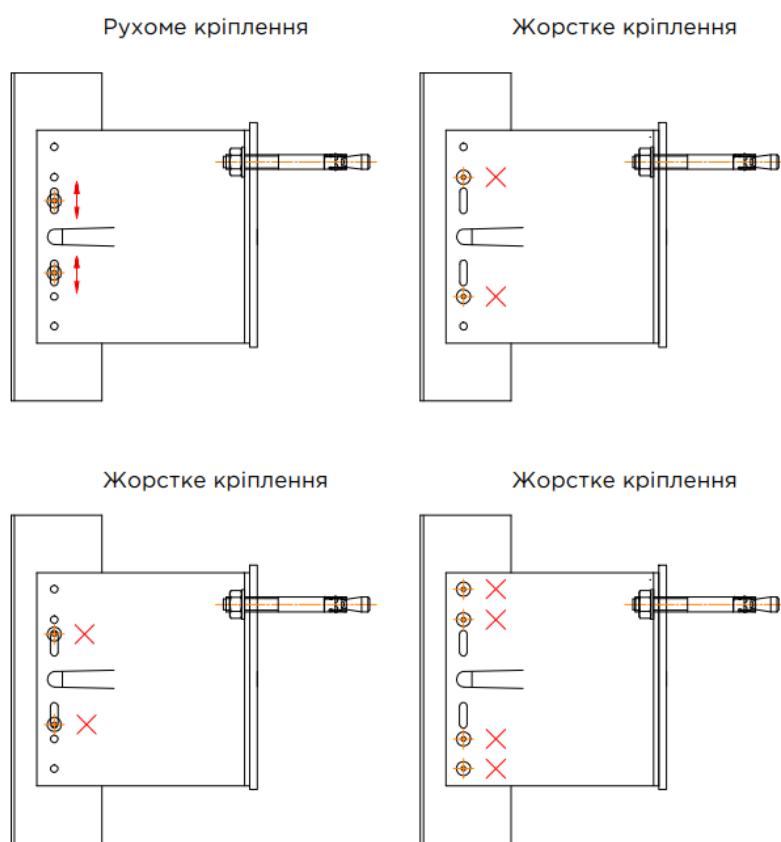


Рисунок 4.4 - Способи фіксації на несучих кронштейнах

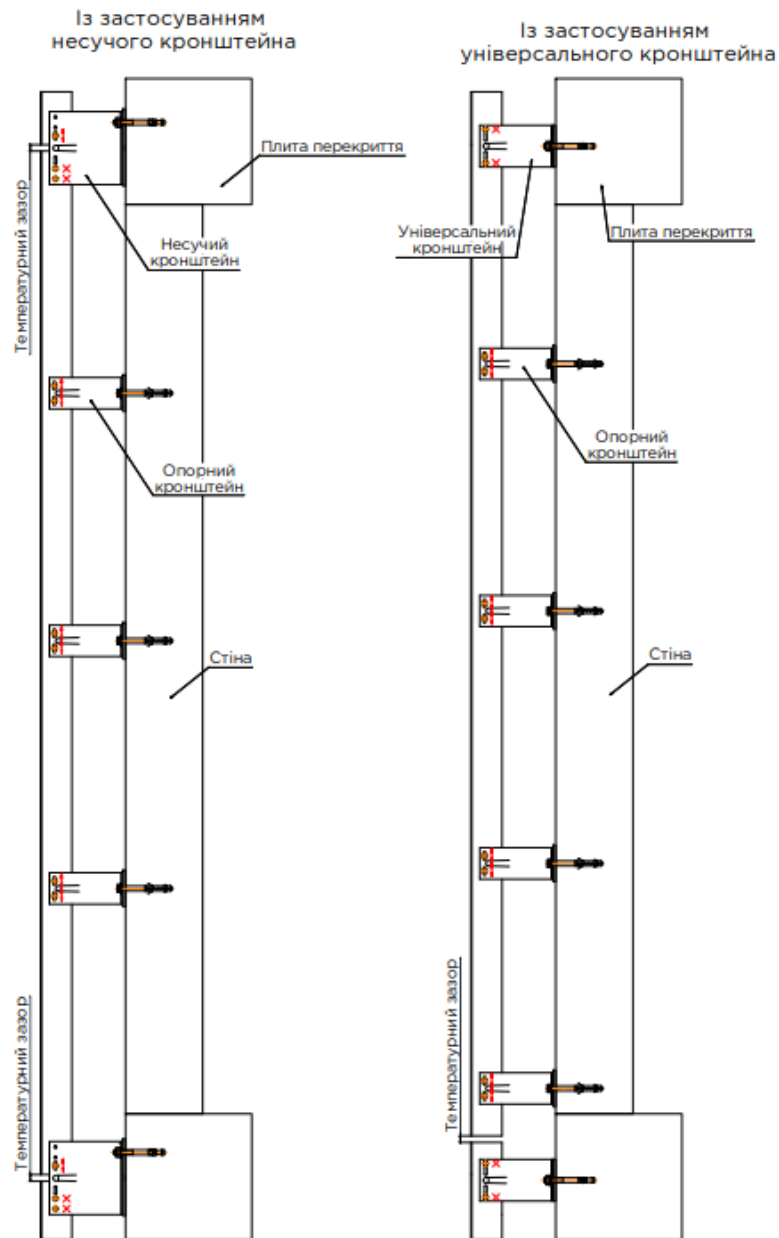


Рисунок 4.5 - Схеми фіксації на несучий і універсальний кронштейни

Перетин вертикального профілю підбирають відповідно статичним навантаженнями і варіантам фіксації плити. Вертикальні напрямні поділяються на 3 типи:

- Т - подібний профіль;
- L - подібний профіль;
- самонесучі напрямні.

Напрямні виставляються в межах проектних допусків по площинах і

фіксуються шляхом склепування кронштейнів і напрямних 2-ма (рядова система) або 4-ма (самонесуча система) заклепками. У разі створення рухомого кріплення, заклепку необхідно кріпити в центрі поздовжнього паза.

Монтаж напрямних необхідно монтувати в наступній послідовності:

1. Стартову крайову (кутову) направляючу вставити в затискний паз несучих і опорних кронштейнів.

2. За допомогою геодезичної служби, виставити напрямну в площину в рамках допусків по проекту. Точки прив'язки площині повинні бути вказані в проекті. Прив'язку виконують від будівельних осей або від інших загальнобудівельних елементів (наприклад, віконних конструкцій)

3. Виконати фіксацію напрямної з несучим кронштейном. Виконати фіксацію з опорним (вітровим) кронштейном.

4. Фіксації кронштейнів виконувати згідно з проектною документацією.

5. На протилежному кутку будівлі виконати дії, зазначені в пунктах 1-4.

6. Перевірити вертикальність і відхилення від площини напрямних. Відхилення повинні бути в рамках допуску. Допуски перевіряти згідно ДСТУ Б.В.2.6-35: 2008, п.5.1.8. таблиця 1, п.6.

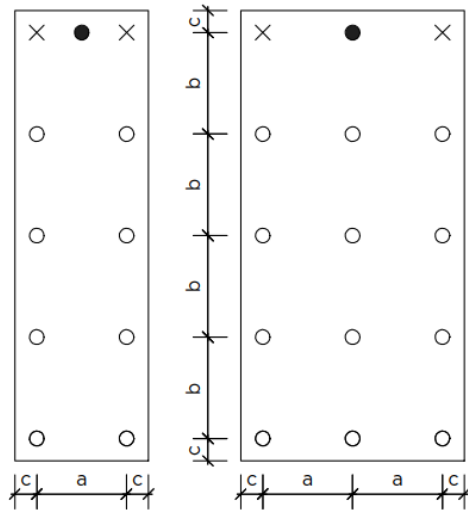
7. Приступити до установки рядових напрямних. Виставлення профілів в площину виконується 2 методами:

- за допомогою геодезичної зйомки. Повторюємо дії, зазначені в п.1- 4;

- між крайніми направляючими натягуємо нитку. Нитка повинна бути натягнута паралельно плити перекриття кожного поверху. Повторюємо дії, зазначені в п.1. За натягнутою нитки виставляємо в площину направляючу. Повторюємо дії, зазначені в п.3-4.

4.3.6 Установка НРЛ панелей на приховане кріплення.

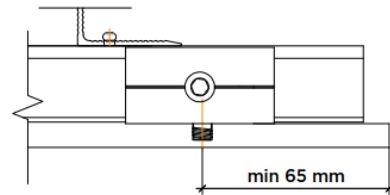
Мінімальна відстань від краю плити до центру кріплення – 65 мм, а максимальна – 10х товщин плити.



- a - горизонтальний крок кріплення
 b - вертикальний крок кріплення
 c - відстань від краю
 ● - фіксована точка кріплення
 ○ - рухома точка кріплення
 × - регулююча точка

Максимальний крок кріплення, мм		
Товщина панелі	10	13
2 кріплення в одному напрямку	750	950
3 або більше кріплень в одному напрямку	900	1200

*відстань між кріпленнями для горизонтальних площин потрібно помножити на 0,75
 **показаники максимально допустимих відстаней були розроблені з урахуванням максимального (вітрового) навантаження 600 Н/м² та максимальним прогином 1/200
 Кількість анкерів на аграф - 1шт



Анкерне кріплення TUF-S от SFS дозволяє закріпити плиту прихованим способом швидко та надійно (рис. 4.6-4.7)

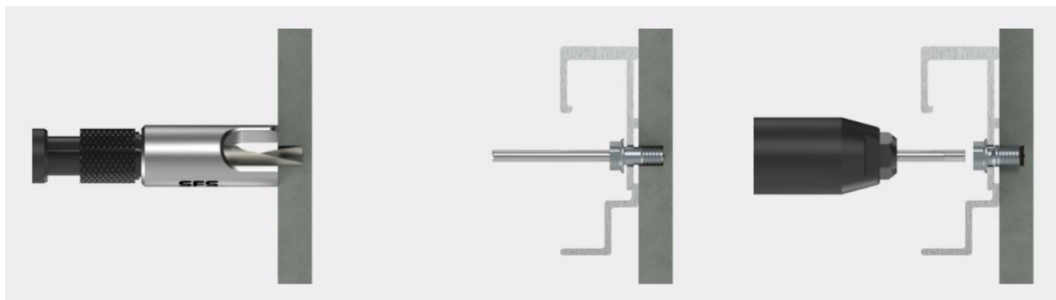
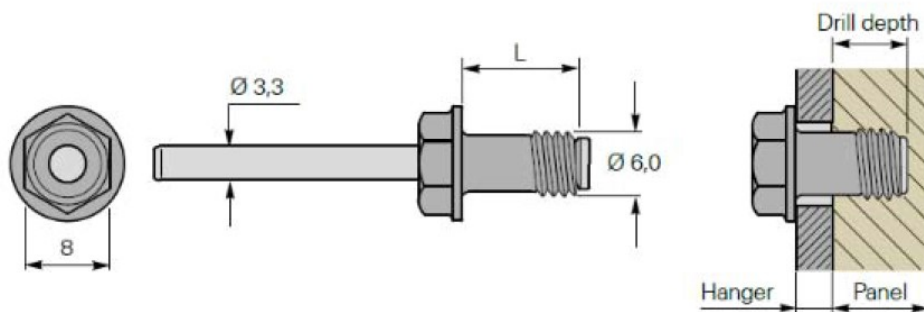


Рисунок 4.6-4.7 - Анкерне кріплення

Порядок монтажу плити НРЛ на анкерне кріплення TUF-S:

1. Провести горизонтальну стартову вісь на вертикальних напрямних, це

виконується за допомогою лазерних рівнів і геодезичних приладів. Забезпечити вентиляційний зазор між плитою і підлогою +/- 20 мм (це необхідно, для надходження потоку повітря в вентиляований зазор).

2. Попередньо просвердлити отвір в панелі використовуючи свердло HSS діаметром 6 мм, з обмежувачем глибини.

3. Розташувати аграф з попередньо просвердленим отвором над отвором в панелі і помістити в нього анкерне кріплення TUF-S.

4. Повністю витягнути стрижень за допомогою стандартного установчого інструменту.

5. Встановити горизонтальний контур профілю аграф-основа, згідно розкладки по проекту, та закріпити його за допомогою двох заклепок 3,2x8 або саморізів 3,9x19.

6. Навісити першу нижню плиту, та відрегулювати її положення за допомогою регулювальних гвинтів у верхньому ряду аграфів.

7. Один з верхніх аграфів зафіксувати жорстко саморізом 3,9x19.

4. Наступні верхні плити виконувати, як вказано в п.2 - п.7.

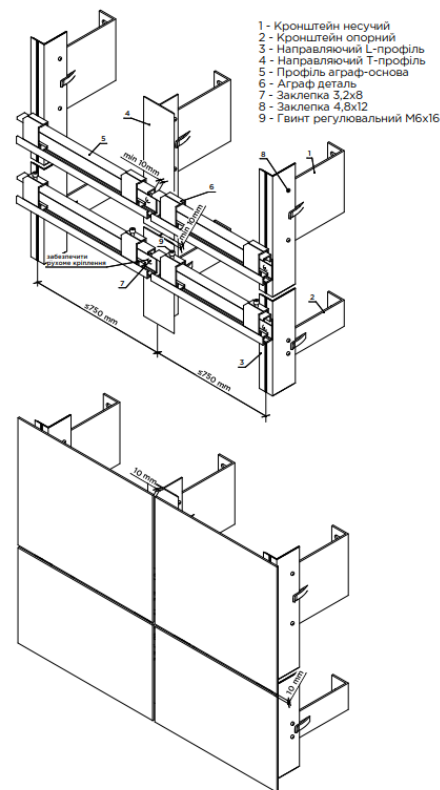


Рисунок 4.8 - Загальний вигляд системи прихованого кріплення

Висновки по розділу 4.

1. Об'єктом дослідження в даному розділі є одноповерхова будівля під амбулаторію зі сховищем. Описано основні рішення та показники по генплану та благоустрою, основні техніко-економічні показники, об'ємно-планувальні та конструктивні рішення.

2. Розроблено енергетичний сертифікат будівлі та визначено клас енергетичної ефективності - «В». Розрахунки проводились для конструкції зовнішньої стіни з вентиляльованим повітряним прошарком. В якості утеплювача – вакуумна ізоляційна панель (суцільна), товщиною 30мм. За результатами розрахунків встановлено, що термічний опір всіх зовнішніх огорожувальних конструкцій є більшим за мінімальні нормативні вимоги.

3. Розроблено технологічну карту на улаштування системи навісних вентиляльованих фасадів для облицювання HPL панелями.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці в будівельній галузі має велике значення для забезпечення безпеки та здоров'я працівників на будівельних майданчиках. Основна мета охорони праці в цій галузі полягає в запобіганні нещасним випадкам, професійним захворюванням і встановленні безпечних умов праці.

Темою даної магістерської кваліфікаційної роботи розкривається питання ефективних технологій влаштування огорожувальних конструкцій при будівництві громадських будівель, тому основною задачею при розробці даного розділу буде виявлення небезпечних та шкідливих чинників, що впливають на роботу працівників, та прийняття відповідних рішень для усунення їх негативного впливу.

Згідно ДержСанПіН «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» можна виділити вплив наступних негативних чинників при виконанні робіт з теплоізоляції зовнішніх стін:

1. Фізичні фактори:

- мікроклімат (кліматичні умови) – температура зовнішнього повітря, його вологість, швидкість руху;
- виробничий шум, який утворюється через роботу ручного електричного інструменту;
- локальна вібрація, що пов'язана з роботою ручного електричного інструменту;
- недостатність природнього освітлення при виконанні робіт.

2. Хімічні фактори – наявність у повітрі шкідливих речовин (пари, газу, пилу).

3. Фактори трудового процесу – важкість та напруженість праці.

В даному розділі будуть розглянуті питання охорони праці не для

об'єкта вцілому, а для його частини – влаштування теплоізоляції зовнішніх стін: рішення з безпечного виконання робіт, безпечної організації робочого місця, рішення з виробничої санітарії, рішення з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5.1 Технічні рішення з безпечного виконання роботи в процесі дослідження ефективності процесів та систем

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Об'єктом дослідження даної роботи є технологія влаштування ефективної теплоізоляції фасаду громадської будівлі. Проектована громадська будівля одноповерхова, загальною висотою до 5м, тому монтажні роботи будуть виконуватись з риштувань та помостів.

Небезпечні фактори, які можуть виникнути при виконанні робіт з теплоізоляції фасаду:

1. *Механічні травми* при:

- порушенні правил виконання вантажно-розвантажувальних робіт;
- неправильному облаштуванні та експлуатації риштувань, настилів на риштуваннях;
- неправильному і нерівномірному розподілі навантажень на настилах риштувань;
- доторкання до необгороджених рухомих частин машин і механізмів, що обертаються;
- наявності шорсткості і гострих країв в інструментах, що використовуються.

2. *Електротравми* при:

- доторканні до незаізованих електропроводів, металевих неструмоведучих частин устаткування, що опинилися під напругою через відсутність заземлення або занулення, а також через порушення ізоляції проводів.

3. *Гострі і хронічні професійні захворювання*, що можуть виникнути у робітників внаслідок загазованості, запиленості повітря робочої зони, розсипання сухих сумішей, невикористання засобів індивідуального захисту.

Для запобігання негативному впливу даних факторів, пропонуються наступні технічні рішення [49, 50]:

1). Перед початком робіт необхідно перевірити:

- надійність встановлених риштувань;
- правильність розподілу навантаження на настилах риштувань;
- роботу устаткування на холостому ході;
- наявність і стан засобів індивідуального захисту.

2). Каркаси риштувань повинні бути стійкі, міцно прикріплені до стіни і мати надійну опору. Кінці настилів повинні розташовуватися на опорах. На настилах, поручнях драбин не повинно бути цвяхів, що стирчать, і скоб. Настили повинні бути очищені від сміття.

3). Драбини, сходи і містки повинні бути обладнані пристроями для закріплення запобіжних поясів.

4). Всі робітники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту: касками, респіраторами, окулярами, комбінезонами; рукавицями; взуттям; запобіжними поясами (тільки ті робітники, які працюють на риштуваннях).

5). В процесі виконання робіт необхідно щодня перевіряти справність машин і механізмів; стан проводів, що підводять струм. Під час роботи з машинами, з електро-і пневмоінструментами треба стежити за станом ізоляції кабелю, відсутністю різких перегинів шлангів, утворенням петель.

6). На робочому місці зберігати матеріали слід у кількостях, що не перевищують змінної потреби. Відходи матеріалів, які використовуються при виконанні робіт з теплоізоляції та опорядженні фасадів, необхідно збирати і видаляти з робочого місця.

5.1.2 Електробезпека

При виконанні робіт використовується ручний електроінструмент II класу [51]. Електромережа однофазна, трипровідна, ізольована від землі. Напруга – 220В.

Умови роботи – на відкритому повітрі (особливо небезпечні).

Ручний електрифікований інструмент повинен відповідати вимогам ДСТУ EN 60745-1:2014 «Інструмент ручний електромеханічний. Безпека. Частина 1. Загальні вимоги».

Не допускається натягувати, перекручувати і перегинати кабель, який живить електроінструмент, ставити на нього вантаж, а також допускати перетин цього кабелю з тросами, кабелями і рукавами для газозварювання. Встановлювати робочу частину електроінструменту в патрон і витягати її з патрона, а також регулювати електроінструмент допускається тільки після повної зупинки і витягання його штепсельної вилки з електричної мережі.

Не допускається виконувати роботи:

- електроінструментом, у якого відсутній захист від дії крапель або бризок (при виконанні робіт за умов дії крапель і бризок, а також на відкритих майданчиках під час снігопаду або дощу);
- при раптовій зупинці електроінструменту (зникнення напруги в мережі, заклинювання рухливих частин і так далі) його необхідно відключити від електричної мережі вимикачем.

При переміщенні електроінструменту з одного робочого місця на інше, а також під час перерви в роботі і після її закінчення електроінструмент необхідно від'єднати від електричної мережі за допомогою штепсельної вилки.

Не дозволяється виконувати роботи електроінструментом, у якого закінчився термін періодичної перевірки, або якщо він має хоча б одну з таких несправностей: ушкодження штепсельного з'єднання, кабелю, або його захисної трубки; ушкодження кришки щіткотримача; нечітка робота вимикача; іскріння щіток на колекторі, яке супроводжується появою

кругового вогню на його поверхні; поява диму або запаху, характерного для горіння ізоляції; поява підвищеного шуму, стуку, вібрації; ушкодження робочої частини електроінструменту; зникнення електричного зв'язку між металевими частинами корпусу і нульовим захисним штирем штепсельної вилки.

Технічні рішення щодо запобігання електротравм при проведенні робіт:

1. Забезпечення ізоляції нормально струмоведучих елементів електроінструменту, що використовується.

2. При роботі працівників в зоні неізолюваних струмоведучих елементів – забезпечити недоступність цих елементів.

3. Для запобігання ураженню електричним струмом у випадку пошкодження ізоляції слід застосовувати окремо або в поєднанні такі заходи захисту в разі непрямого дотику: захисне заземлення, автоматичне вимикання живлення; ізолювальні (непровідні) зони, площадки.

4. Установити в щитку диференціальний автомат, який поєднує в собі автоматичний вимикач та пристрій захисного відключення (ПЗВ).

5. При проведенні робіт на відкритому повітрі необхідно використовувати ЗІЗ.

5.2 Технічні рішення з виробничої санітарії.

5.2.1 Мікроклімат

Оскільки в даному розділі об'єктом дослідження є роботи з влаштування теплоізоляції зовнішніх стін, то робочою зоною буде вважатись відкрита територія. Згідно ДСН 3.3.6.042-99 робота працівників, що займаються утепленням фасадів, відноситься до категорії *IIб* (роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів та супроводжуються помірним фізичним напруженням). Місце роботи – постійне. Кліматична зона – I (м.Хмельницький).

За даними таблиці Б.1 Додатку Б «Методичних вказівок до виконання

розділу з охорони праці» допустимі параметри мікроклімату робочої зони будуть наступними (табл.5.1):

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату робочої зони

Період року	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	16-27	70 при 25 °C	0,2-0,5
Холодний	15-21	Не більше 75	Не більше 0,4

Для відкритої території в холодну пору року температура повітря становить 10°C (I кліматична зона).

При відхиленні показників за межі допустимих, необхідно забезпечити захист працівників від шкідливого впливу метеорологічних умов:

1. При роботі в холодний період року – використання теплового та вітрозахисного одягу, рукавиць, взуття; використання джерел обігріву.

2. При роботі на відкритому повітрі в теплий період року – використання легкого одягу, головних уборів для захисту від сонця, забезпечення вентиляції робочого місця; надання робітникам періодичних перерв для відпочинку та охолодження.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Згідно ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007 повітря робочої зони, а саме його якість, залежить від наявності шкідливих речовин, їх кількості та рівня небезпечності, які можуть потрапляти до організму людини інгаляційними та іншими шляхами (пероральний, шкірно-резорбтивний).

У табл. 5.2 наведені характерні забруднюючі речовини для робочої зони.

Таблиця 5.2 - Характерні забруднюючі речовини для робочої зони та їх ГДК.

Найменування речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Оксиди азоту (у перерахунку на NO ₂)	5	5	III
Вуглець (II) оксиду	20	20	IV
Вуглеводні аліфатичні (у перерахунку на вуглець)	300	300	IV
Толуол	150	50	IV
Ксилол	50	50	IV
Цемент	6	6	III
Мінеральна вата	2	2	III

Для забезпечення оптимального складу повітря робочої зони і захисту робітників від дії шкідливих речовин проектом передбачено наступні рішення та рекомендації:

1. Для захисту дихальних шляхів - респіратори або маски, для захисту очей та шкіри – використання захисних окулярів, захисного одягу.
2. Забезпечення належної вентиляції для відведення шкідливих газів з робочої зони.

5.2.3 Виробниче освітлення

Утеплення фасаду – це роботи, що виконуються у відкритих умовах при однозмінній роботі. Основну увагу слід приділити штучному освітленню, якщо роботи виконуються в зимовий період року, коли рівень природного освітлення можна вважати незабезпеченим.

Штучне освітлення досягається системою комбінованого освітлення. Загальне освітлення забезпечується за допомогою влаштування ліхтарів по периметру будівельного майданчика. Місцеве – за допомогою використання додаткових джерел освітлення. Освітленість робочої зони має відповідати нормативним вимогам згідно табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Нормовані значення виробничого освітлення (ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»)

Хар-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Штучне при системі загального освітлення, лк	Природне, % $D_{н пр}$	Суміщене, % $D_{н сум}$
						всього	у т.ч. від загального			
Малої точності	Від 1,0 до 5 включно	V	a	малий	темний	400	200	300	3	1,8

Для забезпечення нормованих значень виробничого освітлення передбачено:

1. Загальне локалізоване освітлення треба здійснювати освітлювальними приладами, встановленими на будівлях, конструкціях і щоглах загального рівномірного освітлення.

2. Використання переносних світильників, прожекторів.

5.2.4 Виробничий шум

При виконанні робіт з утеплення зовнішніх стін джерелом непостійного широкосмугового шуму є робота ручних електричних інструментів.

Допустимі рівні звукового тиску та рівні звуку не повинні перевищувати показників, визначених ДСН 3.3.6.037-99, і зазначені в табл. 5.4. Для непостійного шуму показники зменшуємо на 5 одиниць.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для непостійного широкосмугового шуму.

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									Рівні шуму та еквів.рівні шуму, дБА, дБАекв.
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
<i>Підприємства, установи, організації</i>										
Виконання усіх видів робіт (за винятком перерахованих у пп.1-4 та аналогічних ним) на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	102	90	82	77	73	70	68	66	64	75

В умовах, що розглядаються в роботі, основними джерелами шуму є ручні електричні інструменти. Загальні орієнтовні значення рівня звуку для деяких електричних інструментів:

- Циркулярні пилки: від 90 до 110 дБ;
- Електричні дрилі: від 70 до 100 дБ;
- Кутові шліфувальні машини: від 80 до 100 дБ.

Значення рівня звуку можуть варіюватися в залежності від конкретних моделей і виробників інструментів, а також умов роботи і відстані від джерела звуку. Але в загальному рівень звуку будівельних інструментів перевищує допустимі значення, тому необхідно застосовувати заходи безпеки та індивідуального захисту, такі як носіння затулок для вух або навушників з активним шумозаглушенням, щоб зменшити вплив шуму на робітників.

5.2.5 Виробничі вібрації

Основними джерелами вібрації в роботі, що розглядається, є ручні

механізовані інструменти – тобто локальна вібрація, яка передається через руки працюючих.

За характеристиками, що надаються виробниками, ручні механізовані інструменти працюють в діапазоні октавних смуг із середньгеометричними частотами 31,5...50 Гц.

Для кутової шліфувальної машини:

- середньоквадратичне значення вібрації для ручки різального диска: 2-7 м/с·10⁻² ;

- середньоквадратичне значення вібрації для ручки шліфувального диска: 2-5 м/с·10⁻² .

Дриль:

- середньоквадратичне значення вібрації для ручки дреля: 2-10 м/с·10⁻².

Перфоратор:

- середньоквадратичне значення вібрації для ручки дреля: 10-25 м/с·10⁻².

Ці значення є орієнтовними, і фактичні значення можуть варіюватися в залежності від конкретних моделей, типів роботи і умов експлуатації.

У табл. 5.5 наведемо допустимі рівні локальної вібрації для умов, що розглядаються в роботі.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Локальна вібрація	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$

* В чисельнику – середньоквадратичне значення вібрації, м/с·10⁻², в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Для зменшення дії вібрації на працюючих у роботі передбачено наступні заходи: використання працівниками віброізолювальних рукавичок і віброізолювального взуття, які мають спеціальні пружні прокладки; для зниження впливу локальної вібрації при роботі з перфораторами - використання спеціальних віброзахисних ручок керування.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», що затверджені Наказом МОЗ №248 від 08.04.2014р.

В даному розділі враховуємо особливості роботи, яка розглядається.

Класи умов праці за показниками важкості праці:

1. *Загальні енергозатрати організму: до 290 Вт.*

1.1. *При загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) для чоловіків: до 44000 (90).*

2. *Маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну (для чоловіків): до 15 кг.*

3. *Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну) – при регіональному навантаженні (при роботі з переважною участю м'язів рук та плечового суглоба): до 20000.*

4. *Статичне навантаження. Двома руками, для чоловіків: до 36000 кг/с.*

5. *Робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок), перебування у вимушеній позі до 10%, в позі «стоячи» - до 60% часу зміни.*

6. *Нахили тулуба (вимушені, більше 30°), кількість за зміну: 51-100.*

7. *Переміщення у просторі (переходи, зумовлені технологічним процесом, протягом зміни):*

- по горизонталі – до 4 км;

- по вертикалі – до 2 км.

Класи умов праці за показниками напруженості праці:

1. *Інтелектуальні навантаження:*

- зміст роботи – відсутня необхідність прийняття рішення;

- сприймання сигналів (інформації) та їх оцінювання – сприймання сигналів, але немає потреби в корекції дій;

- розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка та виконання завдання;

- характер виконуваної роботи – робота за індивідуальним планом.

2. Сенсорні навантаження:

- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни) – 51-75%;

- щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за 1 год. роботи – до 150;

- навантаження на зоровий аналізатор – більше 5мм 100% часу;

- навантаження на слуховий аналізатор – розбірливість слів та сигналів від 100% до 90%;

- навантаження на голосовий апарат – до 16 годин.

3. Емоційне навантаження:

- ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за виконання окремих елементів завдання. Вимагає додаткових зусиль в роботі з боку працівника;

- ступінь ризику для власного життя та життя інших осіб – виключений;

- ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – виключений.

4. Монотонність навантажень:

- кількість елементів (прийомів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово – більше 10;

- тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються – більше 100 с;

- монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) - менше 75.

5. Режим праці:

- тривалість робочого дня – 8 год;

- змінність роботи – однозмінна робота (без нічної зміни).

За вищезазначеними показниками важкості та напруженості праці робота, що виконується (утеплення зовнішніх стін), належить до допустимого (середньої важкості) класу умов праці.

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.3.1 Розрахунок коефіцієнту протирадіаційного захисту підвального приміщення громадської будівлі

Здійснення заходів радіаційного і хімічного захисту та його забезпечення покладається на суб'єктів забезпечення цивільного захисту. Порядок забезпечення населення і працівників формувань та спеціалізованих служб цивільного захисту засобами індивідуального захисту, приладами радіаційної та хімічної розвідки, дозиметричного і хімічного контролю визначається Кабінетом Міністрів України.

Визначимо коефіцієнт протирадіаційного захисту підвального приміщення проектованої громадської будівлі, а саме для основного приміщення для переховування (поз.27 в експлікації приміщень підвалу).

Коефіцієнт протирадіаційного захисту розраховуємо за формулою:

$$K_z = 0,77K_l K_{cm} K_n / ((1 - K_{III}) [(K'_o K_{cm} + 1) + K_n (K_o K_{cm} + 1)] K_m) \quad (3.1)$$

Початкові дані:

1. Зовнішні стіни бетонні С20/25 (300 мм), маса $1\text{ м}^2 - 751$ кг.
2. Внутрішні стіни бетонні С20/25 (250 мм), маса $1\text{ м}^2 - 626$ кг.
3. Перегородки цегляні (120 мм), маса $1\text{ м}^2 - 216$ кг.
4. Перекриття над підвалом (монолітна плита - 150 мм, ущільнений ґрунт - 470 мм, монолітна плита - 300мм), маса $1\text{ м}^2 - 375\text{ кг} + 823$ кг + 751 кг = 1949 кг.
5. Площа віконних прорізів: В-09 – 0,92 м².
6. Площа дверних прорізів: Д-10 – 2,34 м²; Д-16 – 2,34 м²; Д-17 – 4,67 м², Д-19 – 5,82 м².
7. Відстань від підлоги до світлових прорізів – 0,7 м. Висота віконних прорізів – 1,2 м.
8. Площа підлоги для розрахунку приміщення – 44,29 м² ;
9. Висота приміщення – 2,5 м;

10. Ширина зараженої ділянки, що примикає до приміщення – 30 м;

11. Плоскі кути:

Кут $\alpha_1=97^\circ$.

Проти кута α_1 розташовані:

- зовнішня бетонна стіна по осі 7, товщиною 300 мм, площею $18,2 \text{ м}^2$, без прорізів;

Кут $\alpha_2=83^\circ$.

Проти кута α_2 розташовані:

- внутрішня бетонна стіна по осі Н, товщиною 250мм, площею $15,4 \text{ м}^2$, без прорізів;

- внутрішня бетонна стіна, товщиною 250мм, площею $15,4 \text{ м}^2$, з прорізом площею $6,5 \text{ м}^2$;

- зовнішня бетонна стіна по осі П, товщиною 300 мм, площею $15,4 \text{ м}^2$, без прорізів.

Кут $\alpha_3=97^\circ$.

Проти кута α_3 розташовані:

- внутрішня бетонна стіна по осі 9, товщиною 300мм, площею $18,2 \text{ м}^2$, з дверним прорізом площею $2,3 \text{ м}^2$;

- внутрішня бетонна стіна по осі 10, товщиною 300мм, площею $18,2 \text{ м}^2$, з 2-ма дверними прорізами площею $4,7 \text{ м}^2$;

- зовнішня бетонна стіна по осі 12, товщиною 300 мм, площею $18,2 \text{ м}^2$, без прорізів.

Кут $\alpha_4=83^\circ$.

Проти кута α_4 розташовані:

- цегляна перегородка, товщиною 120мм, площею $15,4 \text{ м}^2$, без прорізів;

- цегляна перегородка, товщиною 120мм, площею $15,4 \text{ м}^2$, з прорізом площею $7,8 \text{ м}^2$ та дверним прорізом площею $1,9 \text{ м}^2$;

- внутрішня бетонна стіна по осі К, товщиною 300мм, площею $15,4 \text{ м}^2$, без прорізів;

- цегляна перегородка, товщиною 120мм, площею $15,4 \text{ м}^2$, з прорізом

площею 10,6 м²;

- цегляна перегородка, товщиною 120мм, площею 15,4 м², з 2-ма дверними прорізами площею 3,9 м²;

- цегляна перегородка, товщиною 120мм, площею 15,4 м², з прорізом площею 10,6 м²;

- внутрішня бетонна стіна по осі Д, товщиною 300мм, площею 15,4 м², без прорізів;

- внутрішня бетонна стіна по осі Г, товщиною 300мм, площею 15,4 м², з дверним прорізом площею 2,3 м²;

- зовнішня бетонна стіна по осі Б, товщиною 300 мм, площею 15,4 м², з віконним прорізом площею 0,92 м².

Розв'язання

1. Визначаємо приведену масу стін і перегородок, розташованих проти плоских кутів.

Кут $\alpha 1$.

Маса 1 м² зовнішньої стіни по осі 7:

$$G_{\text{пр}} = 751 \text{ кг}$$

Приведена маса зовнішньої стіни (300 мм) по осі 7:

$$G_{\text{пр}}^1 = 751 \cdot 1 = 751 \text{ кг/м}^2 \text{ (прорізи відсутні)}$$

Сумарна маса 1 м² стін проти плоского кута $\alpha 1$:

$$G^{\alpha 1}_{\Sigma} = 751 \text{ кг/м}^2$$

Кут $\alpha 2$.

Приведена маса внутрішньої стіни (250 мм) по осі Н:

$$G_{\text{пр}}^1 = 636 \cdot 1 = 636 \text{ кг/м}^2 \text{ (прорізи відсутні)}$$

Приведена маса внутрішньої стіни (250 мм) з прорізом:

$$\alpha_{\text{ст}}^2 = 6,5/15,4 = 0,42 \quad G_{\text{пр}}^2 = 636 \cdot (1-0,42) = 367 \text{ кг/м}^2$$

Приведена маса зовнішньої стіни (300 мм) по осі П:

$$G_{\text{пр}}^3 = 751 \cdot 1 = 751 \text{ кг/м}^2 \text{ (прорізи відсутні)}$$

Сумарна маса 1 м² стін і перегородок, розташованих проти кута $\alpha 2$:

$$G^{\alpha 2}_{\Sigma} = 636 + 367 + 751 = 1754 \text{ кг/м}^2$$

Кут $\alpha 3$.

Приведена маса внутрішньої стіни (300 мм) по осі 9 з дверним прорізом:

$$\alpha^1_{\text{ст}} = 2,3/18,2 = 0,13 \quad G^1_{\text{пр}} = 751 \cdot (1-0,13) = 653 \text{ кг/м}^2$$

Приведена маса внутрішньої стіни (300 мм) по осі 10 з 2-ма дверними прорізами:

$$\alpha^2_{\text{ст}} = 4,7/18,2 = 0,26 \quad G^2_{\text{пр}} = 751 \cdot (1-0,26) = 556 \text{ кг/м}^2$$

Приведена маса зовнішньої стіни (300 мм) по осі 12:

$$G^3_{\text{пр}} = 751 \cdot 1 = 751 \text{ кг/м}^2 \text{ (прорізи відсутні)}$$

Сумарна маса 1 м² стін і перегородок, розташованих проти кута $\alpha 3$:

$$G^{\alpha 3}_{\Sigma} = 653 + 556 + 751 = 1960 \text{ кг/м}^2$$

Кут $\alpha 4$.

Приведена маса цегляної перегородки (120 мм):

$$G^1_{\text{пр}} = 216 \cdot 1 = 216 \text{ кг/м}^2 \text{ (прорізи відсутні)}$$

Приведена маса цегляної перегородки (120 мм) з прорізом та дверним прорізом:

$$\alpha^2_{\text{ст}} = 9,7/15,4 = 0,63 \quad G^2_{\text{пр}} = 216 \cdot (1-0,63) = 80 \text{ кг/м}^2$$

Приведена маса внутрішньої стіни (300 мм) по осі К:

$$G^3_{\text{пр}} = 751 \cdot 1 = 751 \text{ кг/м}^2 \text{ (прорізи відсутні)}$$

Приведена маса цегляної перегородки (120 мм) з прорізом:

$$\alpha^4_{\text{ст}} = 10,6/15,4 = 0,69 \quad G^4_{\text{пр}} = 216 \cdot (1-0,69) = 67 \text{ кг/м}^2$$

Приведена маса цегляної перегородки (120 мм) з 2-ма дверними прорізами:

$$\alpha^5_{\text{ст}} = 3,9/15,4 = 0,25 \quad G^5_{\text{пр}} = 216 \cdot (1-0,25) = 162 \text{ кг/м}^2$$

Приведена маса цегляної перегородки (120 мм) з прорізом:

$$\alpha^6_{\text{ст}} = 10,6/15,4 = 0,69 \quad G^6_{\text{пр}} = 216 \cdot (1-0,69) = 67 \text{ кг/м}^2$$

Приведена маса внутрішньої стіни (300 мм) по осі Д:

$$G^7_{\text{пр}} = 751 \cdot 1 = 751 \text{ кг/м}^2 \text{ (прорізи відсутні)}$$

Приведена маса внутрішньої стіни (300 мм) по осі Г з дверним прорізом:

$$\alpha^8_{\text{ст}} = 2,3/15,4 = 0,15 \quad G^8_{\text{пр}} = 751 \cdot (1-0,15) = 638 \text{ кг/м}^2$$

Приведена маса зовнішньої стіни (300 мм) по осі Б з віконним прорізом:

$$\alpha_{\text{ст}}^9 = 0,92/15,4 = 0,06 \quad G_{\text{пр}}^9 = 751 \cdot (1-0,06) = 706 \text{ кг/м}^2$$

Сумарна маса 1 м² стін і перегородок, розташованих проти кута α_4 :

$$G_{\Sigma}^{\alpha_4} = 216 + 80 + 751 + 67 + 162 + 67 + 751 + 638 + 706 = 3438 \text{ кг/м}^2$$

Сумарна маса 1 м² стін і перегородок буде:

Кут α_1 : $G_{\Sigma}^{\alpha_1} = 751 \text{ кг/м}^2$;

Кут α_2 : $G_{\Sigma}^{\alpha_2} = 1754 \text{ кг/м}^2$;

Кут α_3 : $G_{\Sigma}^{\alpha_3} = 1960 \text{ кг/м}^2$;

Кут α_4 : $G_{\Sigma}^{\alpha_4} = 3438 \text{ кг/м}^2$.

Оскільки проти плоских кутів α_2 , α_3 , α_4 розташовані стіни і перегородки сумарною масою більше 1000 кг/м², то для визначення коефіцієнта K_1 приймається тільки кут α_1 .

Розраховуємо K_1 за формулою:

$$K_1 = 360/(36 + \sum \alpha_i) = 360/(36 + 97) = 2,7$$

За сумарною масою $G_{\Sigma}^{\alpha_1} = 751 \text{ кг/м}^2$, за допомогою табл.4.8, додатка 4, визначаємо:

$$K_{\text{ст}} = 185.$$

За тією ж таблицею визначаємо K_n – кратність послаблення перекриттям підвалу вторинного випромінювання, розсіяного в приміщенні першого поверху (1949кг/м²):

$$K_n = 1000.$$

При ширині будинку 16,2 м і висоті підвалу 2,5м за таблицею табл.4.9, додатка 4 визначаємо:

$$K_{\text{III}} = 0,272.$$

За таблицею табл.4.10, додатка 4 визначаємо:

$$K_m = 0,75.$$

Оскільки в приміщенні, що використовується під сховище, немає віконних прорізів, то $K_o = 0$.

K'_o – коефіцієнт, що залежить від висоти віконного та дверного прорізів від підлоги першого поверху (h дверного прорізу від підлоги першого

поверху 1,6м):

$$K'_o = 0,09\alpha = 0,009 \cdot 2,34/44,29 = 0,0048$$

Визначаємо K_3 :

$$K_3 = 0,77K_1K_{cm}K_n / ((1-K_{III})[(K'_oK_{cm} + 1) + K_n(K_oK_{cm} + 1)]K_M) = \\ = 0,77 \cdot 2,7 \cdot 185 \cdot 1000 / ((1-0,272) \cdot [(0,0048 \cdot 185 + 1) + 1000 \cdot (0 \cdot 185 + 1)] \cdot 0,75) = 594$$

Висновок: Оскільки за розрахунками коефіцієнт протирадіаційного захисту становить 594, то підвальне приміщення, що використовується під сховище, не можна віднести до сховищ 4-го класу ($K_3 < 1000$).

Для збільшення даного коефіцієнту можна застосувати наступні заходи:

- так як сумарна маса 1 м² стіни проти плоского кута α_1 дорівнює 751 кг/м², то потрібно збільшити товщину зовнішньої стіни по осі 7 з 300мм до 400мм. Тоді $G^{\alpha_1}_{\Sigma} = 1000$ кг/м² і сховище буде задовольняти вимогам для 4-го класу сховищ;

- коефіцієнт протирадіаційного захисту можливо збільшити, якщо зовнішню стіну по осі 7 засипати ґрунтом по всій висоті.

Висновки до розділу 5.

1. В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» було розглянуто та виявлено небезпечні та шкідливі чинники, які можуть впливати на працівників під час виконання робіт з влаштування теплоізоляції зовнішніх стін.

2. Проведено оцінку параметрів виробничого середовища на відповідність санітарно-гігієнічним нормам і правилам.

3. Запропоновано рішення щодо поліпшення санітарно-гігієнічних параметрів в робочій зоні.

4. Розраховано коефіцієнт протирадіаційного захисту в проектованій будівлі та запропоновано рішення щодо його збільшення.

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Вихідні дані

Виконаємо техніко-економічне порівняння 2-х варіантних рішень конструкцій зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією вакуумними ізоляційними панелями:

1. Конструкція з системою «мокрого» фасаду, з утепленням вакуумними ізоляційними панелями (з отвором для кріплення), яка складається з наступних шарів:

- цегляна кладка з цегли повнотілої - 380 мм;
- цементно-піщана штукатурка (вирівнююча) -10мм;
- вакуумні ізоляційні панелі (з отвором для кріплення) – 30мм;
- армуюча штукатурна сітка зі скловолокна;
- декоративна штукатурка – 15 мм.

2. Конструкція з системою вентильованого фасаду, з утепленням суцільними вакуумними панелями, яка складається з наступних шарів:

- цегляна кладка з цегли повнотілої - 380 мм;
- цементно-піщана штукатурка (вирівнююча) -10мм;
- вакуумні ізоляційні панелі «va-Q-vip» – 30мм;
- металева підсистема;
- HPL-панелі.

Кошторисну вартість робіт розраховуємо на 100м² стіни, за допомогою програмного комплексу АВК 5 (3.8.3).

6.2 Розрахунок кошторисного прибутку

Варіанти вкладання інвестицій в основні фонди, що мають різні терміни служби, при порівнянні слід звести до зіставного вигляду шляхом врахування додаткових інвестицій для того, щоб системи з коротшими термінами служби замінити новими. Розрахунок виконується за такою формулою:

$$Пд = Кв + \sum_{i=1}^t C_i / (1+E_m)^i, \quad (6.1)$$

де Пд – приведені витрати на виробництво одиниці продукції об'єкта, що має великий термін служби, грн.;

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

t – термін функціонування основних фондів з великим терміном служби, років;

$Кв$ – обсяги інвестицій в об'єкти з великим терміном служби, грн.

Для основних фондів, що мають короткий термін служби:

$$Пк = К1 + К_j / (1+E_m)^j + \dots + К_m / (1+E_m)^m + \sum_{i=1}^t C_i / (1+E_m)^i, \quad (6.2)$$

де Пк – приведені витрати на виробництво одиниці продукції об'єкта з коротким терміном служби, грн;

$К1$ – обсяг інвестицій у будівництво об'єкту з коротким терміном служби, грн;

$К_j, \dots, К_m$ – обсяги інвестицій на зміну основних фондів з короткими термінами служби через $j \dots m$ років, грн;

E_m – модифікована норма дисконту, $E_m=0,25$.

Собівартість робіт (обсяг інвестицій) визначається за формулою:

$$С = Пв + ЗВВ, \quad (6.3)$$

де Пв – прямі витрати, грн.

ЗВВ – кошторисна величина загальнопромислових витрат, грн.

Пв та ЗВВ визначаємо із локальних кошторисів (Додаток Б. Табл. 6.1-6.2).

Капітальні вкладення у виробничі фонди:

$$K = K_{\text{ОВФ}} + K_{\text{обігові кошти}}, \quad (6.4)$$

де $K_{\text{ОВФ}}$ – вартість основних виробничих фондів;

$$K_{\text{обігові кошти}} = C_{\text{см.}} / K_{\text{обор.}} - \text{обігові кошти},$$

де $C_{\text{см.}}$ – кошторисна вартість (всього по кошторису), грн.;

Основні виробничі фонди визначаються за формулою:

$$K_{\text{ОВФ}} = \sum_{i=1}^n \frac{\Phi_i \cdot T_{i,\text{об.}}}{T_{i,\text{річн.}}}, \quad (6.5)$$

де Φ_i – первісна вартість i -тої машини, грн.;

T_i – тривалість роботи i -тої машини на об'єкті, год.;

$T_{i,\text{річн.}}$ – нормативна тривалість роботи за рік, год.

Економічний ефект $E = \Pi_1 - \Pi_2$.

Порівняння отриманих результатів дасть змогу вибрати економічно доцільний варіант, на який приходяться мінімальні приведені витрати.

Результати порівняння наведемо в табл. 6.3.

6.3 Техніко-економічні показники по об'єкту

Таблиця 6.3 - Порівняння варіантів зовнішніх стінових конструкцій з фасадною теплоізоляцією

Показники (дані)	Варіанти зовнішніх стінових конструкцій	
	Система «мокрый» фасад	Система фасаду з вентилявним повітряним прошарком
Прямі витрати, грн.	658092	895102
Кошторисна трудомісткість, люд.-год.	933,68	725,8
Кошторисна заробітна плата, грн.	75563	56631
Загальновиробничі витрати, грн.	35505	27109
Усього за кошторисом, грн.	693597	922211
Кошторисний прибуток, грн.	16909	13144
Показники (обчислені)		
Кошторисна величина ЗВВ, грн.	35505	27109

Собівартість робіт (С), грн.	693597	922211
Обігові кошти, грн.	231199	307404
Основні виробничі фонди, грн.	2934	2945
Капіталовкладення в виробничі фонди, грн.	234133	310349
Показник приведених витрат, грн.	721693	959453
Економічний ефект, грн.	237760	

За даними розрахунків з табл.3.3 показник приведених витрат для системи «мокрого фасаду» є меншим, отже цей варіант конструкції зовнішньої стіни є економічно доцільнішим. Економічний ефект від застосування даного виду конструкції складає 237760грн.

Висновки до розділу 6.

В даному розділі було виконано порівняння 2-х варіантів конструкцій зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією вакуумними ізоляційними панелями. Для цього були складені локальні кошториси за допомогою програми АВК 5 (3.8.3). Всі витрати зведені в табл. 3.3, з якої бачимо, що найбільш економічним є варіант утеплення зовнішньої стіни системою «мокрый» фасад. Кошторисна вартість даного варіанту становить – 693,597 тис.грн., приведені витрати - 721,693 тис. грн.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі проведено дослідження ефективних технологій влаштування огороджувальних конструкцій стін. Основними результатами роботи є наступні висновки:

1. Розглянуто та проаналізовано сучасний стан державного нормування енергоефективності житлових та громадських будівель як в Україні, так і в Європі.

2. Визначено основні фактори, які впливають енергоефективність конструкції стіни, це – фізико-механічні характеристики стінових матеріалів та теплоізоляційних матеріалів, послідовність їх розташування в стіновій конструкції. Розглянуто сучасні конструктивні рішення зовнішніх огороджувальних конструкцій із фасадною теплоізоляцією – система вентильованого фасаду та система «мокрого» фасаду.

3. Враховуючи сучасні вимоги до огороджувальних конструкцій згідно з регламентованими нормами, що представлені в ДБН 2.6-31:2021, стає очевидним, що проектні рішення стосовно застосування конструкцій з використанням традиційних видів теплоізоляції (мінеральна вата, екструдований пінополістирол і інші) при великій товщині шару утеплювача будуть неефективним з технологічної точки зору. Шляхи вирішення такої проблеми можуть бути знайдені за допомогою створення і застосування нових більш ефективних способів утеплення будівель.

4. Серед різних варіантів влаштування багат шарових огороджувальних конструкцій будівель найближчі перспективи можуть полягати у підвищенні теплоізоляційного захисту та зниженні тепловтрат, які пов'язані з розробкою та використанням вакуумованих теплоізоляційних матеріалів нового покоління (наноматеріалів), у яких коефіцієнт теплопровідності на порядок нижчий, ніж у традиційних теплоізоляційних матеріалів. Було проведено порівняння фізико-механічних властивостей високоефективних теплоізоляційних матеріалів із традиційними. Визначено, що тепловий опір

вакуумної ізоляції в п'ять-десять разів кращий, ніж у звичайної ізоляції тієї ж товщини.

5. Запропоновано варіанти конструкцій зовнішніх стін, де для теплоізоляції застосовуються вакуумні ізоляційні панелі. Один з варіантів таких панелей має відповідний отвір для кріплення, і був застосований для утеплення зовнішніх стін системою «мокрый фасад». Суцільна вакуумна панель була застосована для системи вентиляваного фасаду. За результатами теплотехнічних розрахунків зроблено висновки щодо енергетичної ефективності даного виду утеплювача.

6. Розроблено енергетичний сертифікат будівлі та визначено її клас енергетичної ефективності – «В». Це свідчить про те, що будівля є енергоефективною. Всі зовнішні огорожувальні конструкції будівлі мають розрахунковий опір теплопередачі більший, ніж встановлено нормативними вимогами.

7. В економічному розділі було виконано техніко-економічне обґрунтування та порівняння двох варіантів зовнішніх стінових конструкцій, розроблено локальні кошториси на влаштування утеплення для системи «мокрый» фасад та системи вентиляваного фасаду.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель».
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 2022-09-01]. Київ: Мінрегіон України, 2022. 23 с.
3. ДСТУ Б В.2.6-36:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядження штукатурками. [Чинний від 2008-11-27]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 31 с.
4. ДБН В.2.6-33-2018. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. [Чинний від 2018-12-01]. Київ: Мінрегіон України, 2018. 16 с.
5. ДСТУ Б В.2.6-34:2008. Конструкції будинків та споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація й загальні технічні вимоги. [Чинний від 2009-06-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 11 с.
6. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2023-03-01]. ДП «УкрНДНЦ», 2023. 60 с.
7. ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013. Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплосвоєння огорожувальних конструкцій. [Чинний від 2014-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2014. 48 с.
8. ДБН В.2.2-10:2022. Заклади охорони здоров'я. Основні положення. [Чинний від 2023-03-01]. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 67 с.
9. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження. [Чинний від 2013-07-01]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 241 с.
10. ДСТУ-Н Б В.2.6-100:2010. Конструкції будинків і споруд. Методи визначення теплостійкості огорожувальних конструкцій. [Чинний від 2010-01-20]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 36 с.
11. ДСТУ EN 15900:2017. Послуги у сфері енергетичної ефективності.

Терміни, визначення понять та вимоги (EN 15900:2010, IDT). [Чинний від 2018-06-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. 5 с.

12. ДСТУ Б А.2.2-8:2010. Проектування. Розділ "Енергоефективність" у складі проектної документації об'єктів. [Чинний від 2010-01-20]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 46 с.

13. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. [Чинний від 2008-07-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. 43 с.

14. ДБН В.1.2-11:2021. Енергозбереження та енергоефективність. [Чинний від 2022-09-01]. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 17 с.

15. Фаренюк Г.Г. Методологічні аспекти забезпечення енергоефективності та теплової надійності будинків. Строительство, материаловедение, машиностроение. Днепропетровск : ГВУЗ ПГАСА, 2009.

16. Фаренюк Г. П. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій. Київ: Гамма-Принт, 2009. 137 с.

17. Сардикова А.О., В.П. Мироненко. Історичні передумови формування енергоефективного житла. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, 2010. №12.

18. Гетун Г.В., Румянцев Б.М., Жуков А.Д. Системи ізоляції будівельних конструкцій. Навчальний посібник. Дніпро: Журфонд, 2016.

19. Білоус І. Ю. Оцінювання енергоефективності будівлі в умовах динамічної зміни характеристик середовища. Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2019.

20. Vacuum Insulation Panels used in Buildings. URL: <https://vipa-international.org/vacuum-insulation-panels-used-in-buildings/> (дата звернення 15.03.2023).

21. Vacuum Panel Installation Tips. URL: <https://www.holcimelevate.com/us-en/roofing/insulation/vacuum-insulated-panels>.

(дата звернення 15.03.2023).

22. Aspen Aerogels: Your Partner in Solving Sustainability Challenges. URL: <https://www.aerogel.com/> (дата звернення 10.02.2023).

23. Aerogel UK - Developing A Sustainable Future. URL: <http://www.aerogel.uk.com/> (дата звернення 22.02.2023).

24. Special Properties of Aerogels. URL: <http://www.aerogel.org/?p=3> (дата звернення 22.02.2023).

25. Leadership in Energy and Environmental Design. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/LEED> (дата звернення 08.02.2023).

26. The Building Research Establishment. URL: <https://bregroup.com/products/breem/> (дата звернення 08.02.2023).

27. German Sustainable Building Council: DGNB. URL: <https://www.dgnb.de/en/index.php> (дата звернення 08.02.2023)

28. The Decree of Minister of Infrastructure, Construction and Maritime Economy, 2013. Modifying the regulation on technical requirements which buildings and their location should comply with. (Journal of Laws of 13.08.2013, item 926). Available on 5.07.2013, (in polish).

29. ДСТУ Б В.2.6-35:2008. Конструкції будинків та споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляваним повітряним прошарком. Загальні технічні умови [Чинний від 2009-06-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 23 с.

30. ДСТУ Б В.2.6-3-95 (ГОСТ 22233-93). Конструкції будинків та споруд. Профілі пресовані з алюмінієвих сплавів для огорожувальних будівельних конструкцій. Загальні технічні умови. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 13 с.

31. Trubiano F (ed.). Design and Construction of High Performance Homes. Routledge: Oxon, UK, 2013.

32. Thorsell T. Advances in thermal insulation – vacuum insulation panels and thermal efficiency to reduce energy usage in buildings. PhD Research, 2011.

33. Baetens R et al. Vacuum insulation panels for building applications: a

review and beyond. *Energy and Buildings*, 2010.

34. Mukhopadhyaya P, Kumaran MK, Normandin N, van Reenen D, Lackey JC. High performance vacuum insulation panel: development of alternative core materials. *Journal of Cold Regions Engineering*, 2018.

35. D. Bozsaky: Laboratory Test with Liquid Nano-Ceramic Thermal Insulation Coating, In: M. Hajdú, M. J. Skibniewski (ed.): *Creative Constructions Conference 2015*, Kraków (Poland).

36. Alam M, Singh H, Limbachiya MC. Vacuum insulation panels (VIPs) for building construction industry – a review of the contemporary developments and future directions. *Applied Energy*, 2019.

37. Wong CM, Hung ML. Polystyrene foams as core materials used in vacuum insulation panel. *Journal of Cellular Plastics*, 2018.

38. Kwon J-S et al. Vacuum maintenance in vacuum insulation panels exemplified with a staggered beam VIP. *Energy and Buildings*, 2017.

39. Tenpierik MJ, Cauberg JJM, Thorsell TI. Integrating vacuum insulation panels in building constructions: an integral perspective. *Construction Innovation*, 2016.

40. Держенергоефективності. URL: <https://sae.gov.ua/uk/content/energy-efficiency> (дата звернення 05.05.2023).

41. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. [Чинний від 2023-03-01]. ДП «УкрНДНЦ», 2023. 152 с.

42. Мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель. Затверджено Наказом Міністерства розвитку громад та територій України 27.10.2020, №260.

43. Методика визначення енергетичної ефективності будівель. Затверджено Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 11.07.2018, №169.

44. Порядок проведення сертифікації енергетичної ефективності.

Затверджено Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 11.07.2018, №172 (у редакції наказу Міністерства розвитку громад та територій України від 01.12.2021, №309).

45. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12). Київ: Мінрегіонбуд України, 2012. 94 с.

46. НПАОП 0.00-1.64-77. Правила техніки безпеки і виробничої санітарії в промисловості будівельних матеріалів, 1977.

47. НПАОП 45.2-7.03-17. Мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках. Мінсоцполітики, 2017.

48. ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. Київ: Мінрегіон України, 2007.

49. ПІ 1.1.23-357-2005. Примірня інструкція з охорони праці під час робіт із застосуванням риштувань та помостів. [Чинний від 2005-03-17]. Київ: Національна акціонерна компанія «Нафтогаз України», 2005.

50. НПАОП 0.00-4.26-96. Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. URL: https://dnaop.com/html/53/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F_0.00-4.26-96.

51. ДСТУ Б А.3.2-13:2011. Система стандартів безпеки праці. Будівництво. Електробезпеки. Загальні вимоги (ГОСТ 12.1.013-78, MOD). [Чинний від 2012-12-01]. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. 14 с.

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Ефективні технології влаштування огорожувальних
конструкцій при будівництві громадської будівлі

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра БМГА, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 94,5 % Схожість 5,5 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Блащук Н.В.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Авдєєва О.Д.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Христич О.В.

(прізвище, ініціали)

Додаток Б. Локальні кошториси

Таблиця 6.1 - Локальний кошторис на будівельні роботи №1
система "мокрий" фасадОснова:
креслення (специфікації) №Кошторисна вартість 693,597 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,93368 тис.люд.год.
Кошторисна заробітна плата 75,563 тис. грн.
Середній розряд робіт 4,1 розряд

Складений за поточними цінами станом на "14 червня" 2023 р.

№ Ч.ч..	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
									на одиницю	всього	
1	КБ8-5-1	Мурування зовнішніх простих стін з цегли керамічної при висоті поверху до 4 м	1 м3	38	<u>702,02</u>	<u>126,66</u>	26677	21793	<u>4813</u>	<u>8,2000</u>	<u>311,6</u>
					573,51	51,53			1958	0,6120	23,26
2	С1422-10934	Цегла керамічна одинарна повнотіла, розміри 250x120x65 мм, марка М150	1000шт	14,972	<u>7381,57</u>	-	110517	-	-	-	-
					-	-			-	-	-
3	С1425-11681	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М50	м3	9,12	<u>1832,71</u>	-	16714	-	-	-	-
					-	-			-	-	-
4	КБ15-36-1	Поліпшене штукатурення цементно-піщаним розчином по каменю стін механізованим способом	100м2	1	<u>10354,02</u>	<u>321,43</u>	10354	6151	<u>321</u>	<u>77,2300</u>	<u>77,23</u>
					6151,37	242,06			242	3,7044	3,7
5	КБ15-78-1	Утеплення фасадів ізоляційними плитами з опорядженням декоративним розчином	100 м2	1	<u>37297,72</u>	-	37298	33776	-	<u>417,8600</u>	<u>417,86</u>
					33775,62	-			-	-	-
6	& С111-79-100	Клей дисперсійний	кг	300	<u>55,06</u>	-	16518	-	-	-	-
					-	-			-	-	-
7	& С114-1-У-23	Панелі вакуумні ізоляційні з отвором	м2	105	<u>4086,48</u>	-	429080	-	-	-	-
					-	-			-	-	-
8	& С111-1784-3	Сітка скловолокниста штукатурна	м2	115	<u>44,28</u>	-	5092	-	-	-	-
					-	-			-	-	-

139

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	& C111-156C-12-100	Дюбелі фасадні 12x100мм	шт	80	7,25	-	580	-	-	-	-
10	C111-2014-4	Фарба ґрунтуюча Ceresit СТ 16	кг	17	62,87	-	1069	-	-	-	-
11	C1550-1	Штукатурка декоративна "короїд" Ceresit СТ 35, зерно 2,0 мм	кг	270	15,53	-	4193	-	-	-	-
Разом прями витрати по кошторису							658092	61720	5134		806,69
Разом будівельні роботи, грн.							658092		2200		26,96
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.							591238				
всього заробітна плата, грн.							63920				
Загальновиробничі витрати, грн.							35505				
трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.							100,03				
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.							11643				
Всього будівельні роботи, грн.							693597				

Всього по кошторису							693597				
Кошторисна трудоємність, люд.год.							933,68				
Кошторисна заробітна плата, грн.							75563				

Склав

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

140

Таблиця 6.2 - Локальний кошторис на будівельні роботи №2
система вентилязованого фасадуОснова:
креслення (специфікації) №Кошторисна вартість 922,211 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,7258 тис.люд.год.
Кошторисна заробітна плата 56,631 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,8 розряд

Складений за поточними цінами станом на "14 червня" 2023 р.

№ Ч.ч..	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням 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	КБ8-5-1	Мурування зовнішніх простих стін з цегли керамічної при висоті поверху до 4 м	1 м3	38	<u>702,02</u>	<u>126,66</u>	26677	21793	<u>4813</u>	<u>8,2000</u>	<u>311,6</u>
					573,51	51,53			1958	0,6120	23,26
2	С1422-10934	Цегла керамічна одинарна повнотіла, розміри 250x120x65 мм, марка М150	1000шт	14,972	<u>7381,57</u>	-	110517	-	-	-	-
					-	-			-	-	-
3	С1425-11681	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М50	м3	9,12	<u>1832,71</u>	-	16714	-	-	-	-
					-	-			-	-	-
4	КБ15-36-1	Поліпшене штукатурення цементно-піщаним розчином по каменю стін механізованим способом	100м2	1	<u>10354,02</u>	<u>321,43</u>	10354	6151	<u>321</u>	<u>77,2300</u>	<u>77,23</u>
					6151,37	242,06			242	3,7044	3,7
5	КБ15-80-2	Опорядження стін фасадів НРL панелями з утепленням ізоляційними панелями	100 м2	1	<u>17609,41</u>	<u>89,08</u>	17609	17358	<u>89</u>	<u>231,1300</u>	<u>231,13</u>
					17357,86	78,47			78	1,1220	1,12
6	& С111-826-20	Профіль напрямний UW-75	мп	400	<u>172,97</u>	-	69188	-	-	-	-
					-	-			-	-	-
7	& С1545-204-33	Кронштейни для вентилязованих фасадів	шт	400	<u>17,54</u>	-	7016	-	-	-	-
					-	-			-	-	-
8	& С111-156С-12-100	Дюбелі фасадні 12x100мм	шт	800	<u>7,25</u>	-	5796	-	-	-	-
					-	-			-	-	-

141											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	& С111-1849-416	Гвинти самонарізні, 4,2x16мм	шт	4000	0,24	-	960	-	-	-	-
10	& С114-1-У-22	Панелі вакуумні ізоляційні	м2	105	3484,88	-	365912	-	-	-	-
11	& С111-79-100	Клей дисперсійний	кг	300	55,06	-	16518	-	-	-	-
12	& С111-1807-622	HPL- панелі фасадні	м2	118	2100,35	-	247841	-	-	-	-
Разом прямі витрати по кошторису							895102	45302	5223		619,96
Разом будівельні роботи, грн.							895102		2278		28,08
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.							844577				
всього заробітна плата, грн.							47580				
Загальновиробничі витрати, грн.							27109				
трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.							77,76				
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.							9051				
Всього будівельні роботи, грн.							922211				

Всього по кошторису							922211				
Кошторисна трудоємність, люд.год.							725,8				
Кошторисна заробітна плата, грн.							56631				

Склав

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Додаток В. Відомість аркушів графічної частини

Аркуш	Найменування	Примітка
1	Мета і задачі дослідження «Ефективні технології влаштування огорожувальних конструкцій при будівництві громадської будівлі»	Плакат 1
2	Об'єкт дослідження. Предмет дослідження. Наукова новизна. Практичне значення результатів роботи	Плакат 2
3	Фасадна система «мокрій» фасад	Плакат 3
4	Фасадна система «вентильований фасад»	Плакат 4
5	Порівняльні характеристики теплоізоляційних матеріалів	Плакат 5
6	Конструкція вакуумної ізоляційної панелі. Зовнішній вигляд ВІП	Плакат 6
7	Основні фізичні характеристики вакуумної ізоляційної панелі. Порівняння ВІП з традиційними теплоізоляційними матеріалами	Плакат 7
8	Залежність теплопровідних характеристик VIP від матеріалу оболонки	Плакат 8
9	Конструкції стін з утепленням ВІП. «Мокрий» фасад по цегляній стіні	Плакат 9
10	Конструкції стін з утепленням ВІП. Вентильований фасад по цегляній стіні	Плакат 10
11	Енергетичний сертифікат будівлі	Плакат 11
12	План 1-го поверху. План підвалу. План покрівлі. Специфікація заповнення віконних та дверних прорізів	Плакат 12
13	Фасад в осях 4-12. Фасад в осях А-П. Розріз 1-1. Візуалізація фасаду	Плакат 13
14	План благоустрою. Техніко-економічні показники об'єкта. Вузол влаштування теплоізоляції. Вузол влаштування покрівлі	Плакат 14
15	Будівельний генеральний план	Плакат 15
16	Календарний графік виконання робіт по об'єкту	Плакат 16

ВІДГУК ОПОНЕНТА

на магістерську кваліфікаційну роботу

студента: Авдєєвої Олени Дмитрівни

на тему: "Ефективні технології влаштування огорожувальних конструкцій при будівництві громадської будівлі"

Магістерська кваліфікаційна робота (МКР) виконана відповідно до завдання виданого кафедрою БМГА, а її зміст відповідає затвердженій темі.

Тематика досліджень, обрана магістрантом, є досить актуальною у зв'язку з дефіцитом енергетичних ресурсів для усіх галузей народного господарства України. Запровадження в будівельній практиці нових ефективних технологій влаштування огорожувальних конструкцій сприятиме економії енергоносіїв і також забезпечить дотримання нормованих параметрів мікроклімату всередині приміщень.

В роботі представлено ґрунтовні результати аналітичних досліджень існуючих варіантів влаштування багатошарових огорожувальних конструкцій і запропоновано науково-технічні рішення з влаштування елементом зовнішнього захисного оздоблення вакуумних панелей.

Представлені в МКР результати досліджень і розробок виконані з використанням сучасних науково-технічних напрацювань з влаштування огорожувальних конструкцій будівель.

Запропоновані автором науково-технічні рішення достатньо обґрунтовані технічними нормами і аналізом існуючих напрацювань. В роботу представлено енергетичний паспорт з розрахунком класу енергоефективності будівлі, що є підтвердженням її високого науково-технічного рівня.

Представлені в роботі розрахунково-технічні матеріали виконані відповідно до діючих в будівництві нормативів і на достатньому рівні викладені у текстовій та графічній частинах.

Текстовий та графічний матеріал оформлено згідно нормативних вимог і стандартів з належною якістю.

Отримані науково-технічні результати магістерської роботи, після проведення дослідно-промислового випробування можуть успішно використовуватись в будівництві. Така технологія достатньо просто може адаптуватись в умовах будівельного майданчика.

В зауваженнях по роботі слід відзначити: – в роботі слід було б обґрунтувати кількісні значення параметрів довговічності експлуатації таких багатошарових покриттів.

Загалом, наведені зауваження не занижують рівень представленої до захисту роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на високому рівні та при відповідному захисті заслуговує оцінки А «90», а здобувач Авдєєва Олена Дмитрівна заслуговує присвоєння йому кваліфікації магістр з будівництва.

Опонент
доц. кафедри ТЕ, к.т.н., доцент



Н. Д. Степанова.

ВІДГУК

керівника магістерської кваліфікаційної роботи

студента: Авдєєвої Олени Дмитрівни

на тему: "Ефективні технології влаштування огорожувальних конструкцій при будівництві громадської будівлі"

Магістерська кваліфікаційна робота виконана відповідно затвердженого завдання виданого кафедрою БМГА. Обрана автором тематика досліджень є актуальною, так як впровадження отриманих магістрантом науково-технічних результатів сприятиме вирішенню важливих стратегічних завдань з енергозбереження.

В роботі запропоновано нові інженерно-технологічні рішення з влаштування багат шарових огорожувальних конструкцій шляхом використання нового різновиду теплоізоляційних матеріалів – вакуумованих панелей. Дані вироби характеризуються високими показниками теплоізоляції і мають значні параметри по довговічності експлуатації. Виконані аналітично-розрахункові експертні дослідження, представлені в енергетичному паспорті підтверджують ефективність використання в будівельній практиці отриманих автором результатів. В результаті розрахунків отримано клас енергетичної ефективності та питомого споживання енергоносіїв – В, що досить високим показником.

Зміст МКР відповідає завданню, а отримані науково-технічні результати підтверджують виконання поставлених задач. Слід відмітити вміння автора самостійно вирішувати складні аналітичні і практичні завдання. При виконання роботи магістрант продемонстрував достатній рівень ерудиції та технічної підготовки, вміння творчо працювати з наявними сучасними напрацюванням за тематикою досліджень. Окремі результати пройшли достатню апробацію на науково-технічній конференції ВНГУ (березень-травень 2023 р.).

Здобувач вчасно виконував етапи поставлених завдань відповідно до календарного плану. Стосовно недоліків роботи слід відмітити доцільність розширення області практичного використання запропонованих варіантів науково-технічних рішень під час влаштування елементів покриттів будівель.

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на високому рівні і при відповідному захисті заслуговує оцінки А «92», а здобувач Авдєєва Олена Дмитрівна заслуговує присвоєння йому кваліфікації магістр з будівництва.

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи
доцент кафедри БМГА, к.т.н., доцент



О. В. Христяч.

МЕТА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ:

Розробка ефективних типів огорожувальних конструкцій, які дадуть змогу мінімізувати теплові втрати і створять комфортні умови мікроклімату в приміщеннях громадських будівель у кліматичних умовах України, відповідно до нормативних теплофізичних характеристик

ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ:

- Провести аналіз сучасного стану питання щодо енергозберігаючих огорожувальних конструкцій та технологій ефективної теплоізоляції в Україні і за кордоном.
- Дослідити теплотехнічні властивості зовнішніх огорожувальних конструкцій, виготовлених з використанням інноваційних теплоізоляційних матеріалів, з метою підвищення енергоефективності будівель
- Провести теплотехнічні розрахунки для варіантів огорожувальних конструкцій із застосуванням високоефективних теплоізоляційних матеріалів
- Виконати роботи з проектування і розрахунок архітектурно-будівельних та конструкторських рішень для будівництва громадської будівлі
- Запроектувати і розрахувати технологічні параметри будівельних процесів для об'єкту будівництва
- Розрахувати клас енергетичної ефективності спроектованої громадської будівлі, розробити енергетичний сертифікат
- Виконати розрахунок економічного ефекту для запропонованих варіантів огорожувальних стінових конструкцій із застосуванням інноваційних теплоізоляційних матеріалів

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ:

Об'єктом даного дослідження є енергоефективні багатошарові огорожувальні конструкції громадських будівель, їх теплотехнічні та економічні показники

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ:

Предметом дослідження є оцінка енергоефективності зовнішніх огорожувальних конструкцій із застосуванням інноваційних теплоізоляційних матеріалів

НАУКОВА НОВИЗНА:

- розкрито комплексний механізм встановлення та обґрунтування факторів, що впливають на теплотехнічні характеристики інноваційних теплоізоляційних матеріалів;
- запропоновано і розроблено новий варіант елементів зовнішніх огорожувальних конструкцій на прикладі стіни з максимальними показниками енергозбереження

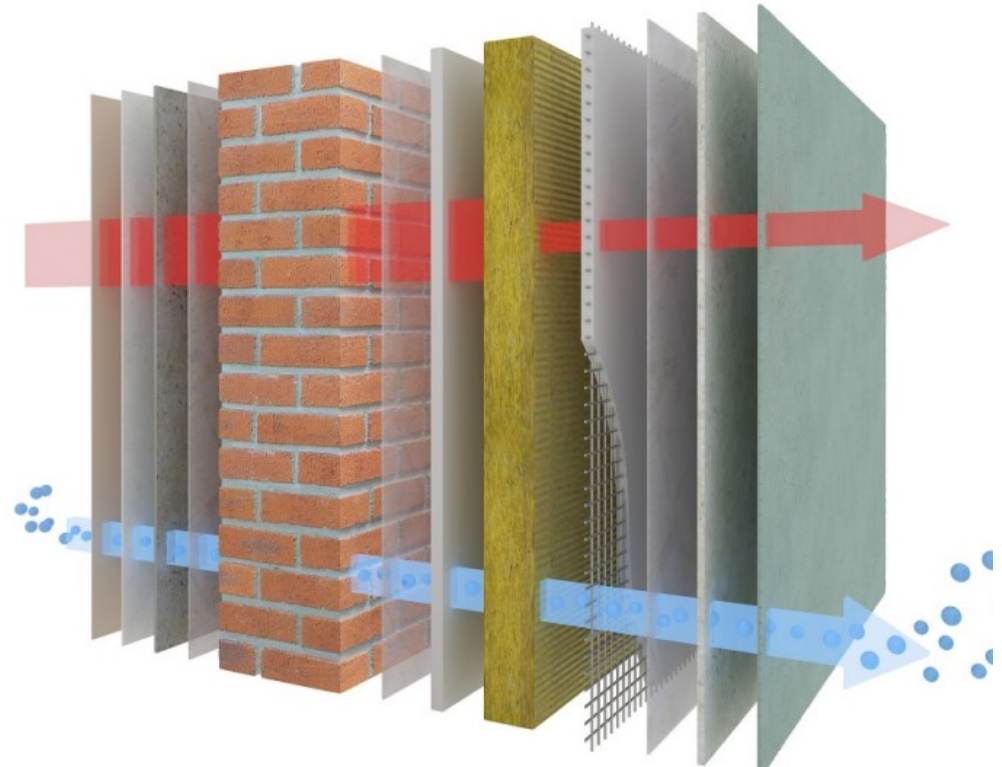
ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ:

Запропоновані в магістерській кваліфікаційній роботі варіанти енергоефективних огорожувальних конструкцій можуть бути використані для вибору раціонального конструктивного рішення при проектуванні громадських та житлових будівель, яке буде відповідати сучасним нормативним вимогам щодо енергозбереження

Фасадна система «мокрий фасад»



Зовнішній вигляд системи типу «мокрий фасад»



Конструкція системи типу «мокрий фасад»

Фасадна система «вентильований фасад»



Конструкція системи «вентильований фасад»

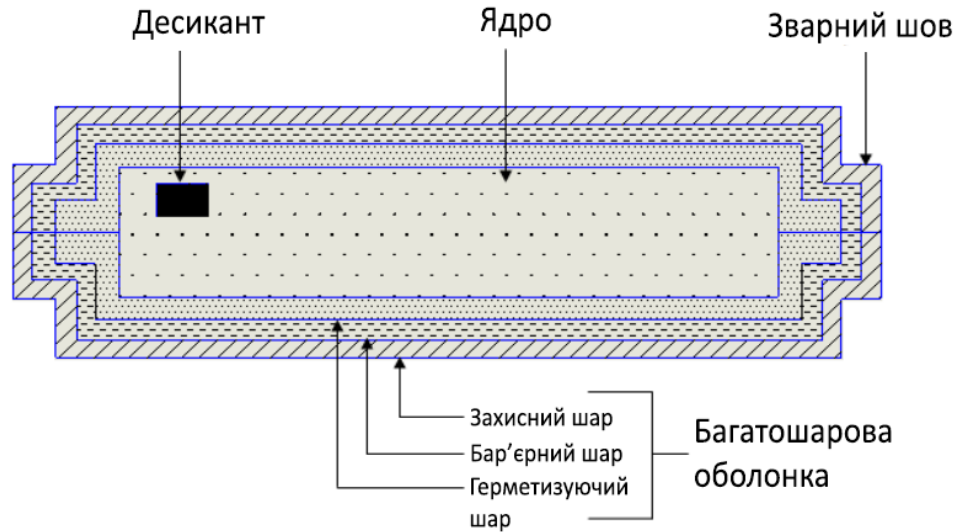


Функціонування системи «вентильований фасад»

Порівняльні характеристики теплоізоляційних матеріалів

Назва матеріалу	Коефіцієнт тепло провідності, Вт/(м·К)	Коефіцієнт паро проникності, мг/м·год·Па	Гранична температура застосування, °С	Густина матеріалу, кг/м ³
Мінеральна вата на основі базальтового волокна	0,037-0,054	0,3-0,55	-60 +700	30-225
Пінопласт (спінений пінополістирол)	0,034-0,050	0,008-0,05	-60 +80	15-160
Скловата	0,042-0,057	0,45-0,70	+250	10-70
Піноскло	0,053-0,054	0,002	+400	120-160
Пінополіуретан	0,029-0,050	0,05	-100 +130	40-80
Екструдований пінополістирол	0,034-0,037	0,008	+90	30-35
Утеплювач на основі целюлози	0,039-0,070	0,33-0,35	-50 +150	35-100
Повстяний утеплювач	0,03-0,07	0,55-0,7	+500	10-400
Утеплювач на основі аерогелю Spaceloft	0,018-0,02	5	-273 +650	150
Вакуумні ізоляційні панелі	0,002-0,007	-	-70 +80	150-300

Конструкція вакуумної ізоляційної панелі



Зовнішній вигляд ВІП



ЯДРО: Кремнезем, пінополіуретан, скловолокно, аерогелі

ОБОЛОНКА: Алюмінієва фольга, поліетилен, поліпропілен

ДОДАТКОВО: Десиканти, газопоглиначі, глушники

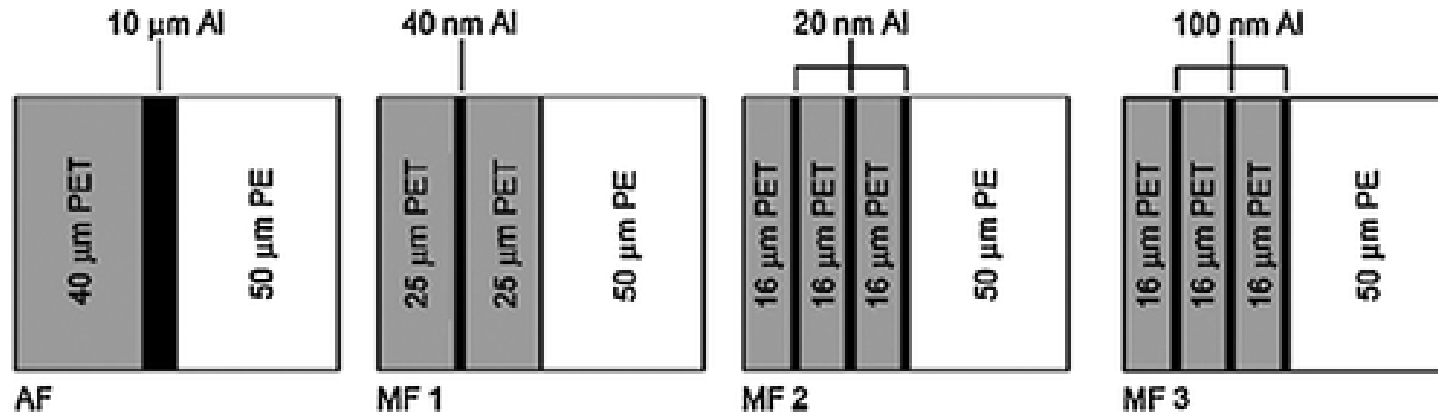
Основні фізичні характеристики вакуумної ізоляційної панелі

Фізичний параметр	Одиниця виміру	Значення
Щільність	кг/м ³	150-300
Міцність на стиск	кПа	140-250
Міцність на розрив	кПа	60
Питома теплоємність	кДж/кгК	800
Водопоглинання	%	0
Водопроникність	кг/м ² h ^{0,5}	0
Теплопровідність	Вт/(м·К)	0,002-0,007
Термічна стійкість	°С	80

Порівняння VIP з традиційними теплоізоляційними матеріалами

Теплоізоляційний матеріал	Товщина матеріалу, м	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	Опір теплопередачі, R ₀ , (м ² ·К)/Вт	Коефіцієнт теплопередачі, К, Вт/(м ² ·К)
VIP	0,046	0,0046	10	0,1
Пінополіуретан	0,28	0,028	10	0,1
Полістирол	0,30	0,030	10	0,1
Мінеральна вата	0,46	0,046	10	0,1
Чиста бавовна	0,48	0,048	10	0,1

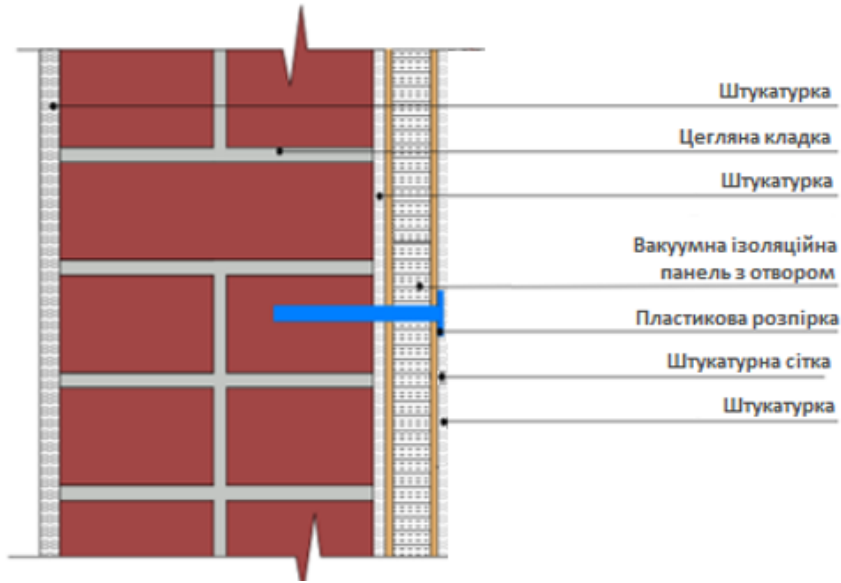
Залежність теплопровідних характеристик VIP від матеріалу оболонки



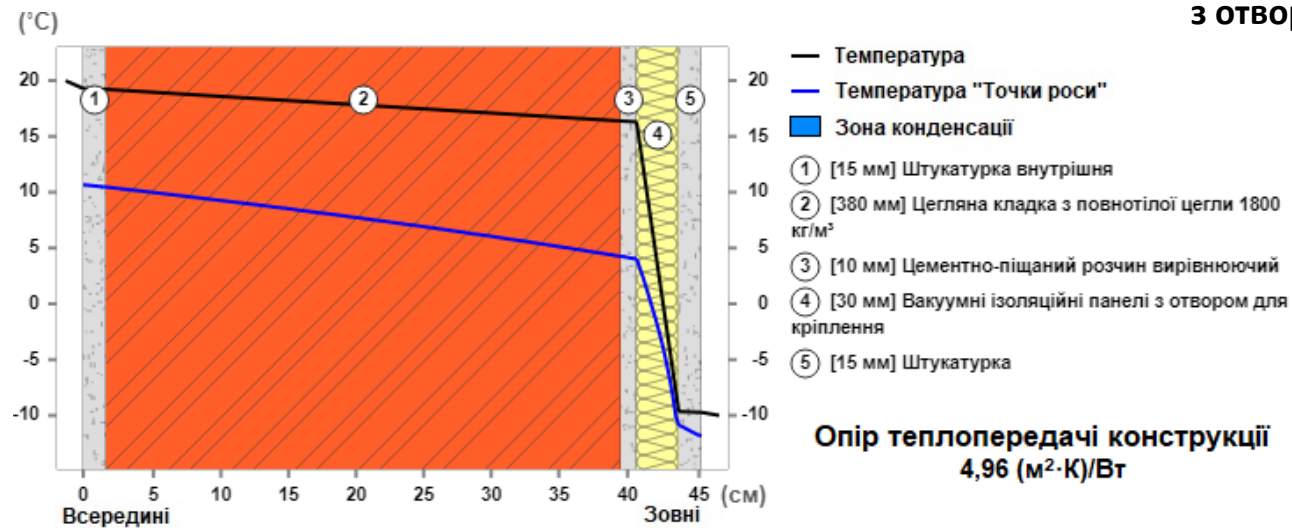
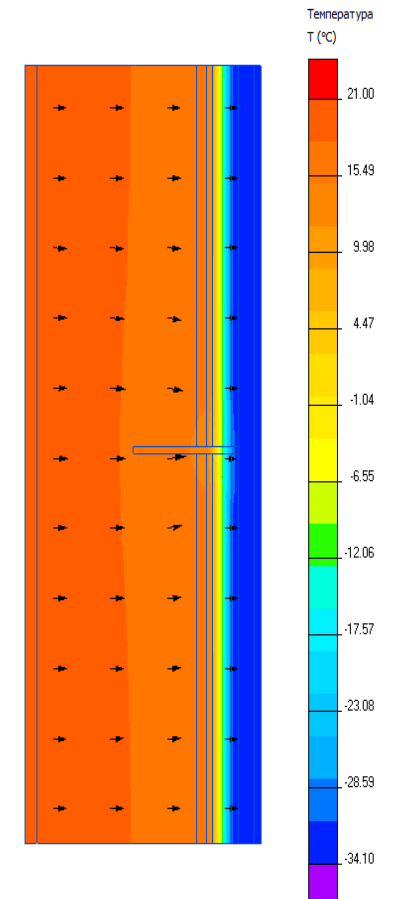
- AF - металева плівка ,
- MF1 - одношарова металізована плівка
- MF2, MF3 - тришарова металізована плівка

Тип оболонки	λ_f , Вт/(м·К)	Товщина VIP								
		5 мм	10 мм	15 мм	20 мм	25 мм	30 мм	35 мм	40 мм	45 мм
AF-VIP	25	0,0760	0,0660	0,0583	0,0522	0,0473	0,0432	0,0397	0,0368	0,0343
MF1-VIP	0,38	0,0045	0,0028	0,0021	0,0016	0,0013	0,0011	0,0010	0,0009	0,0008
MF2-VIP	0,42	0,0049	0,0031	0,0023	0,0018	0,0015	0,0012	0,0011	0,0010	0,0009
MF3-VIP	0,90	0,0087	0,0059	0,0044	0,0036	0,0030	0,0025	0,0022	0,0020	0,0018

Конструкції стін з утепленням ВІП «Мокрий» фасад по цегляній стіні

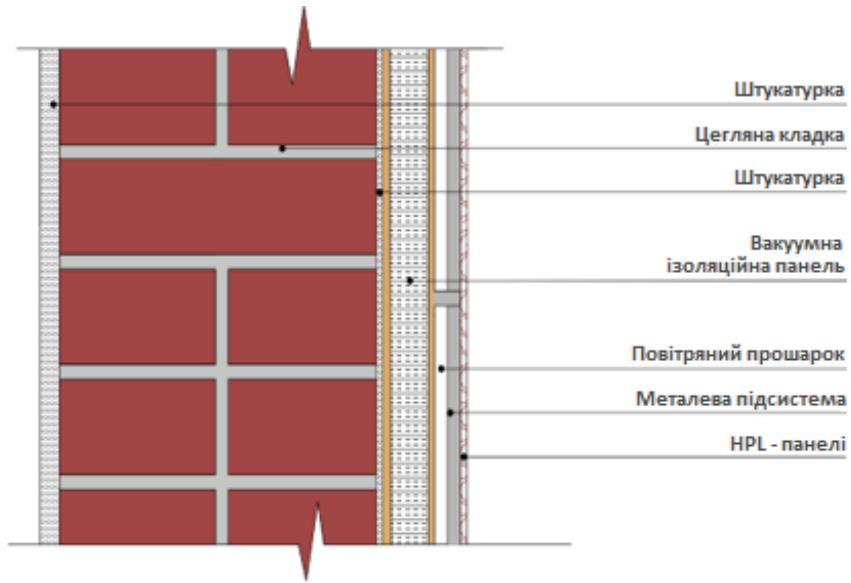


Вакуумна ізоляційна панель з отвором для кріплення

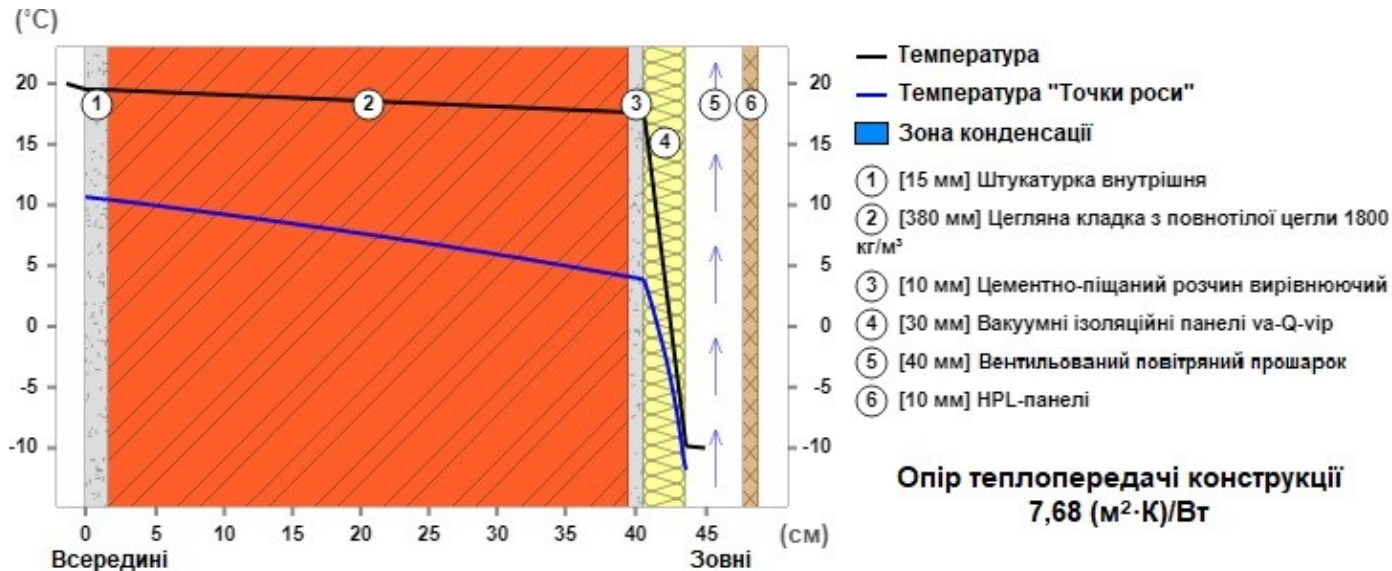
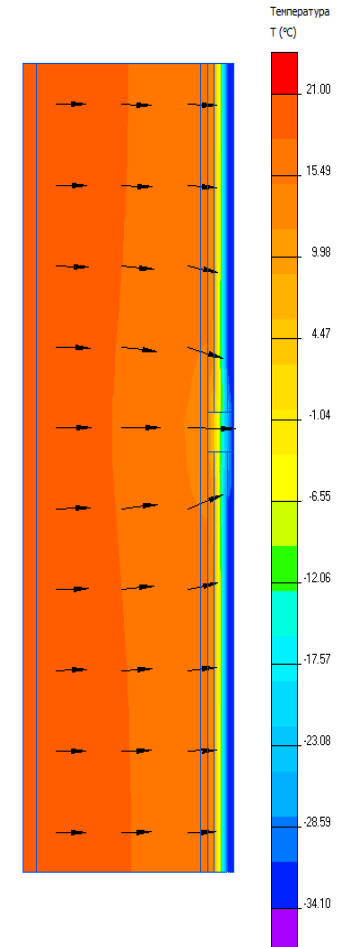


Конструкції стін з утепленням ВІП

Вентильований фасад по цегляній стіні



Панелі va-Q-vip



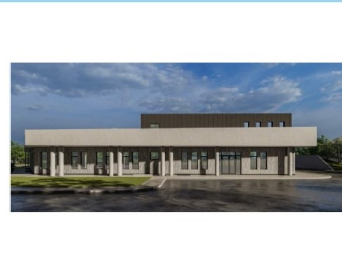
ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі:	м. Хмельницький <small>Клацніть тут, щоб ввести текст.</small>
Ідентифікатор об'єкта будівництва:	-
Відомості про об'єкт сертифікації	проект нового будівництва
Функціональне призначення та назва будівлі:	Нове будівництво громадської будівлі в м.Хмельницькому

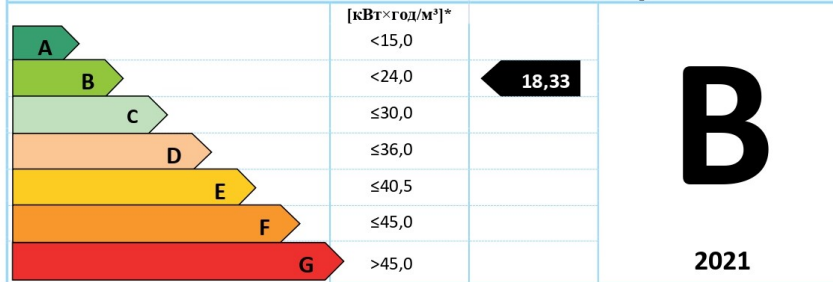
Відомості про конструкцію будівлі

Загальна площа, (м ²):	2 356,11
Загальний об'єм, (м ³):	11 145,53
Опалювана площа, (м ²):	990,81
Опалюваний об'єм, (м ³):	3 566,92
Кількість поверхів:	1
Рік прийняття в експлуатацію:	2023
Кількість під'їздів або входів:	5



Шкала класів енергоефективності

Клас енергетичної ефективності та питоме енергоспоживання



Питоме споживання первинної енергії:	95,41
Питомі викиди парникових газів:	19,08
Дані енергоаудитора:	Номер та дата реєстрації:
<small>Клацніть або торкніться тут, щоб ввести текст.</small>	

I. Характеристики огорожувальних конструкцій будівлі

Вид огорожувальної конструкції	Значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції, (м ² ·К/Вт)		Площа А, (м ²)
	Визначене за результатами сертифікації	Встановлені мінімальними вимогами до енергетичної ефективності	
Зовнішні стіни	4,46	4,0	454,10
Суміщені покриття	11,56	7,0	1018,15
Покриття опалюваних горіщ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	-	6,0	-
Горіщні перекриття неопалюваних горіщ	-	6,0	-
Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами	5,26	5,0	1026,32
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,9	0,9	168,84
Зовнішні двері	-	0,7	-

Опис виявленого стану огорожувальних конструкцій

Наводимо опис огорожувальних конструкцій, передбачених проектом нового будівництва

Зовнішні стіни (з вентиляваним фасадом із HPL-панелей по алюмінієвому каркасу):

- Внутрішня штукатурка густиною 1800 кг/м³, товщиною 0,015м, λ_b = 0,81 Вт/(м·К);
- Кладка з цегли керамічної повнотілої, товщиною 0,38м, густиною 1800 кг/м³, λ_b = 0,81 Вт/(м·К);
- Штукатурка (вирівнюючий шар) густиною 1800 кг/м³, товщиною 0,010м, λ_b = 0,81 Вт/(м·К);
- Вакуумні ізоляційні панелі Va-Q-tec, товщиною 0,03м, густиною 180 кг/м³, λ_b = 0,0043 Вт/(м·К).

Суміщені перекриття:

- Монолітна залізобетонна плита, товщиною 0,3м, густиною 2500 кг/м³, λ_b = 2,04 Вт/(м·К);
- Пінополістирол EPS150, товщиною 0,35м, густиною 24 кг/м³, λ_b = 0,034 Вт/(м·К);
- Керамзитовий ґравій, товщиною 0,15м, густиною 600 кг/м³, λ_b = 0,19 Вт/(м·К);
- Цементно-піщана стяжка, товщиною 0,08м, густиною 1800 кг/м³, λ_b = 0,93 Вт/(м·К);
- Чорнозем, товщиною 0,2м, густиною 1250 кг/м³, λ_b = 2,0 Вт/(м·К).

Перекриття над неопалюваними підвалами:

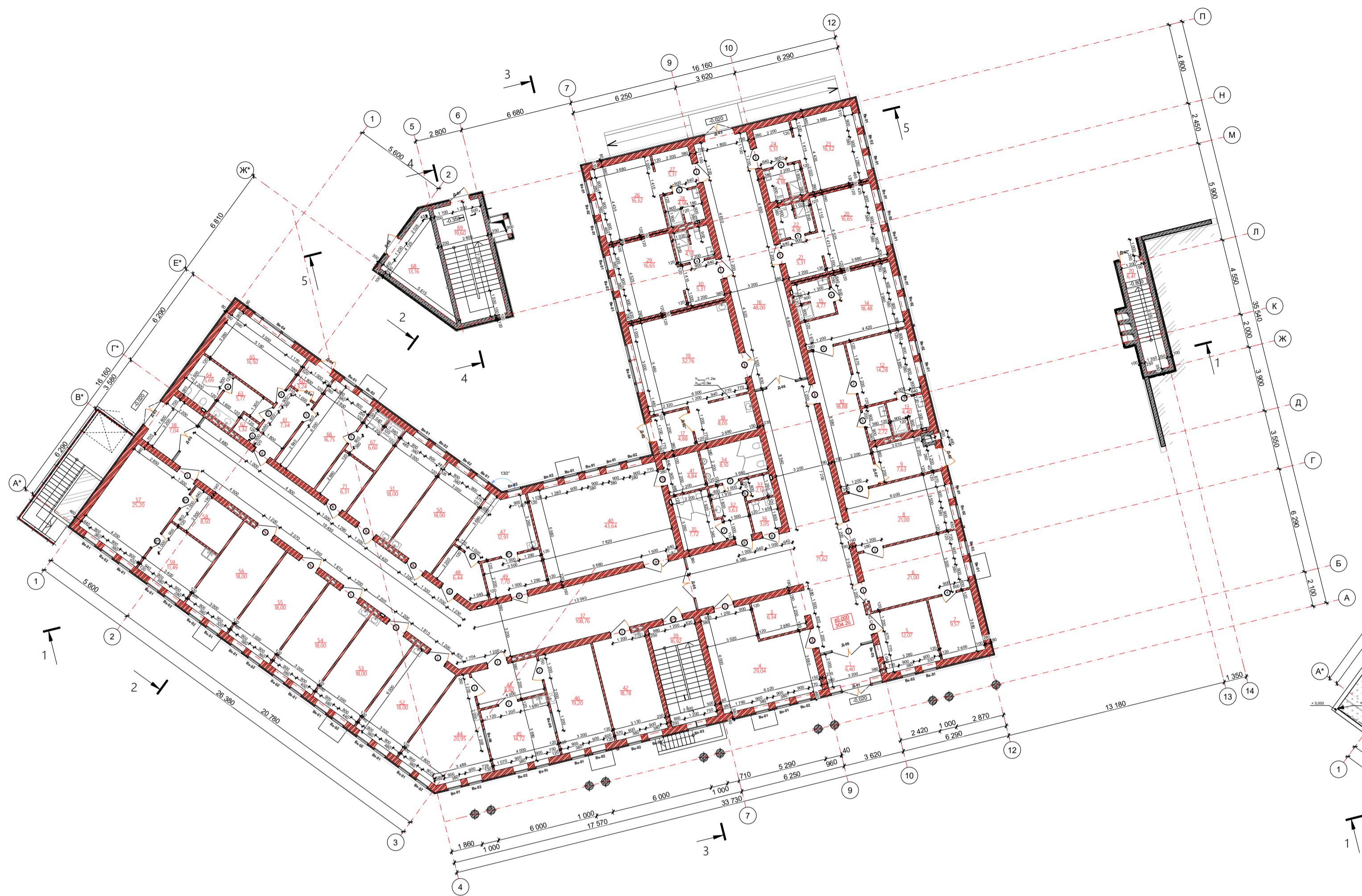
- Монолітна залізобетонна плита, товщиною 0,3м, густиною 2500 кг/м³, λ_b = 2,04 Вт/(м·К);
- Пісок, товщиною 0,45м, густиною 1600 кг/м³, λ_b = 0,58 Вт/(м·К);
- Мінераловатні плити, товщиною 0,15м, густиною 150 кг/м³, λ_b = 0,038 Вт/(м·К);
- Цементно-піщана стяжка, товщиною 0,06м, густиною 1800 кг/м³, λ_b = 0,93 Вт/(м·К).

Світлопрозорі огорожувальні конструкції:

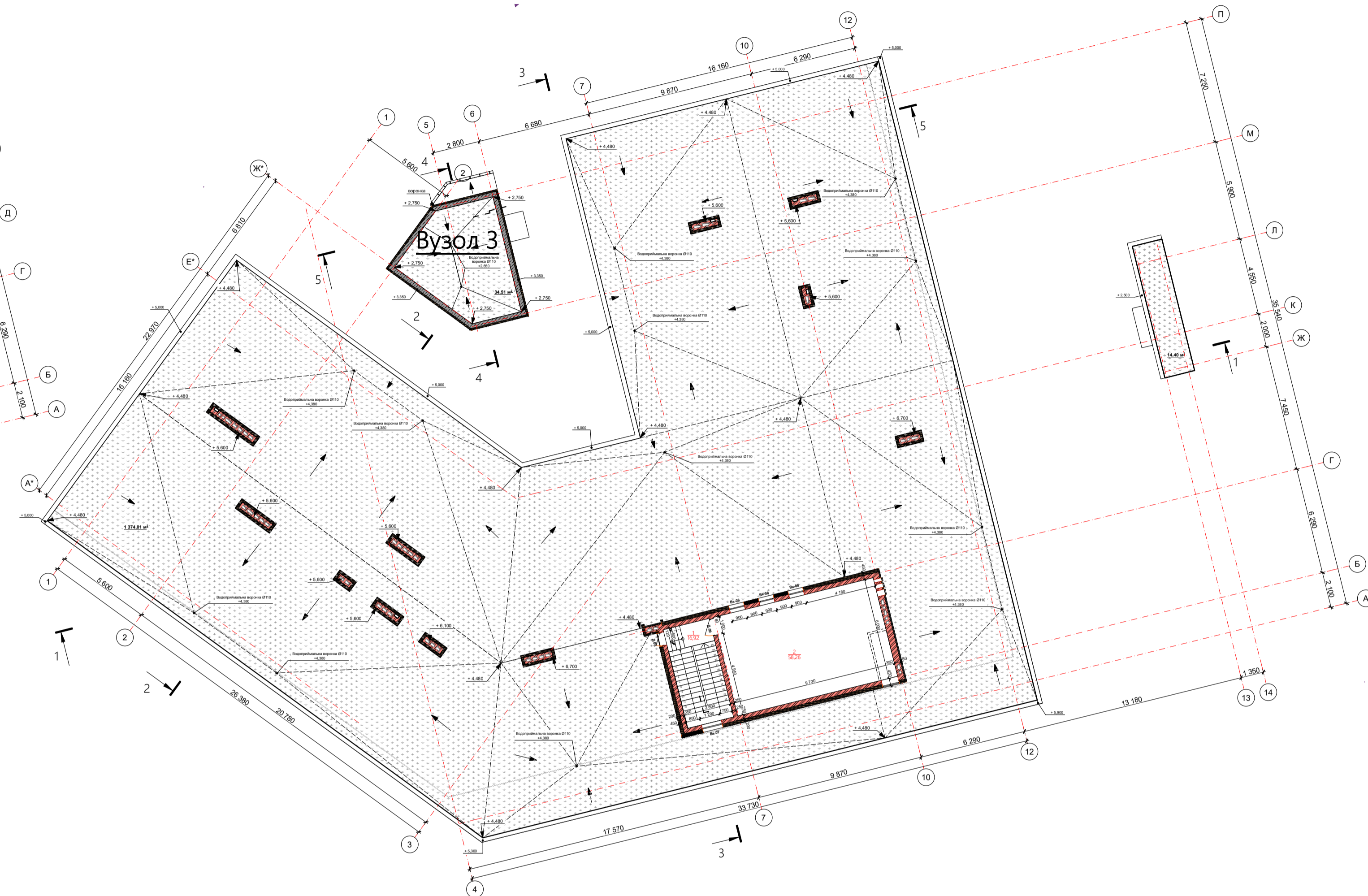
Світлопрозорі конструкції (вікна, зовнішні двері) передбачені з ПВХ-профілів із заповненнями двокамерними склопакетами з енергозберігаючими покриттями на зовнішньому та внутрішньому склі (4i-10-4M₁-10-4i). Опір теплопередачі світлопрозорих конструкцій становить 0,9 (м²·К)/Вт (сертифікат виробника).

Всі зовнішні огорожувальні конструкції запроектовані у відповідності до нормативних вимог ДБН В.2.6-31:2021 за вологісним і повітряним режимами та теплостійкістю огорожень і приміщень.

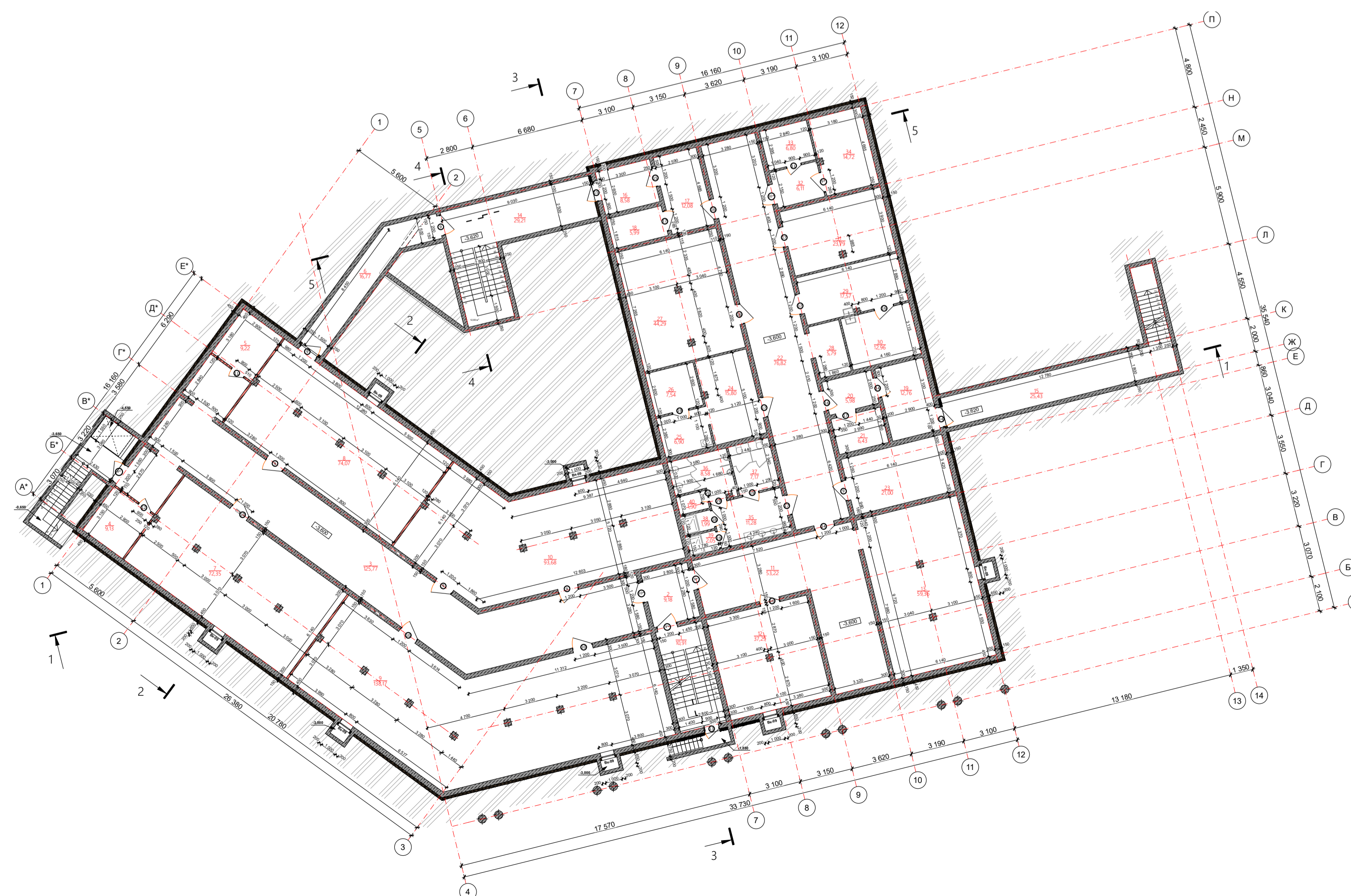
План 1-го поверху



План покрівлі



План підвалу

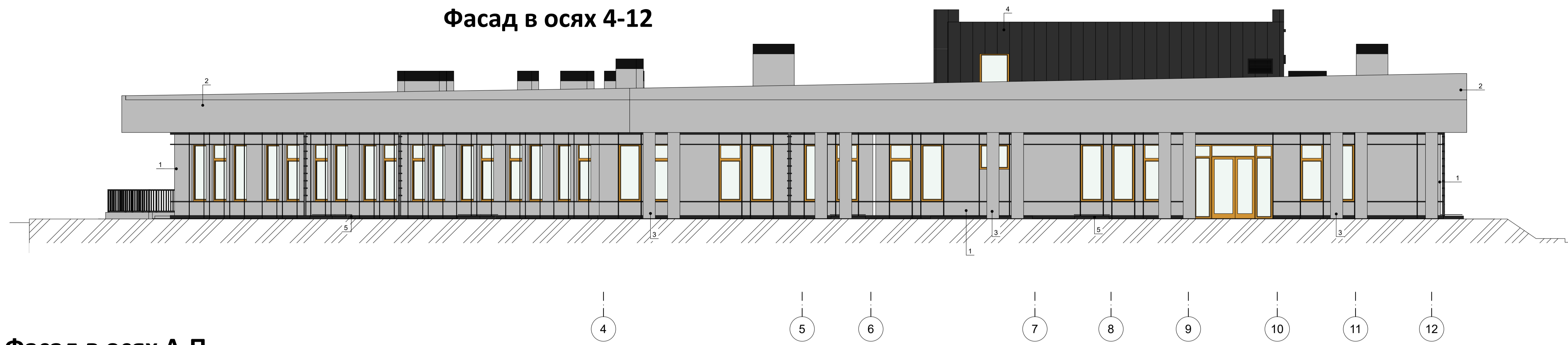


Специфікація заповнення віконних та дверних прорізів

Марка познач	Позначення	Найменування	Кількість на поверх				Загальна кількість.	Вага/ площа	Примітка
			підвал	1	покрівля	-			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
/Вікна/									
Вк-01	Вікно інд. виготовлення	880 x 2280 (h)	-	34	-	-	34		3, 12
Вк-02	Вікно інд. виготовлення	880 x 2280 (h)	-	28	-	-	28		3, 12
Вк-03	Вікно інд. виготовлення	1180 x 980 (h)	-	1	-	-	1		3,12
Вк-04	Вікно інд. виготовлення	2980 x 2280 (h)	-	2	-	-	2		4, 12
Вк-05	Вікно інд. виготовлення	750 x 2280 (h)	-	1	-	-	1		5, 13
Вк-06	Вікно інд. виготовлення	1180 x 1480 (h)	-	2	-	-	2		5, 13
Вк-07	Вікно інд. виготовлення	1180 x 1480 (h)	-	-	1	-	1		3, 12
Вк-08	Вікно інд. виготовлення	880 x 1580 (h)	-	-	3	-	3		3, 12
Вк-09	Вікно інд. виготовлення	780 x 1180 (h)	7	-	-	-	7		3, 13

						08-11.МКР.001 - АР		
						Нове будівництво громадської будівлі в м. Хмельницькому		
Зм.	Кільк.	Аркуш	Маск.	Підпис	Дата			
Розробив	Авдеєва О.Д.					Ефективні технології влаштування огорожувальних конструкцій при будівництві громадської будівлі		
Перевірив	Христин О.В.							
Керівник	Христин О.В.					Стадія	Аркуш	Аркушів
Н. Контр.	Мавська І.В.					П	12	16
ОпONENT	Степанова Н.					План 1-го поверху. План підвалу. План покрівлі. Специфікація заповнення віконних та дверних прорізів		
Затвердив	Швець В.В.							
						ВНТУ, гр. Б-21м		

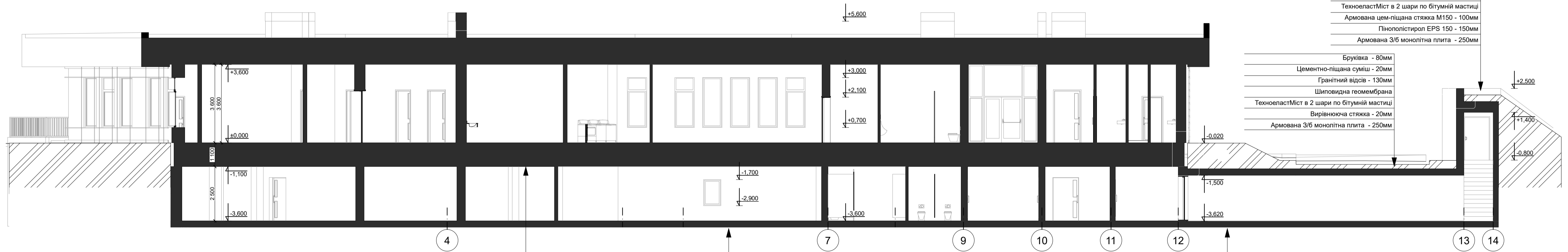
Фасад в осях 4-12



Фасад в осях А-П



Розріз 1-1



- Чорнозем - 300мм
- Шпильовидна геомембрана
- ТехноластМіст в 2 шари по бітумній мастиці
- Армована цем-піщана стяжка М150 - 100мм
- Пінопістирол EPS 150 - 150мм
- Армована 3/6 монолітна плита - 250мм

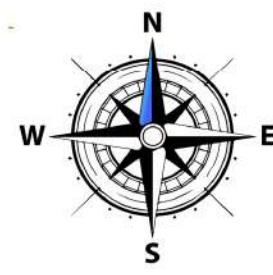
- Бруківка - 80мм
- Цементно-піщана суміш - 20мм
- Гранітний відсів - 130мм
- Шпильовидна геомембрана
- ТехноластМіст в 2 шари по бітумній мастиці
- Вирівнююча стяжка - 20мм
- Армована 3/6 монолітна плита - 250мм

- Покриття підлоги
- Ніпівсуха цем-піщана стяжка М150, армована фіброволокном - 60 мм
- Плівка "гідробар'єр"
- Мін. вата 150 кг/м³ - 100 мм
- Плівка "паробар'єр"
- Армована 3/6 монолітна плита - 150 мм
- Плівка "гідробар'єр"
- Пісок - 470мм
- Шпильовидна мембрана
- Армована 3/6 монолітна плита - 300 мм

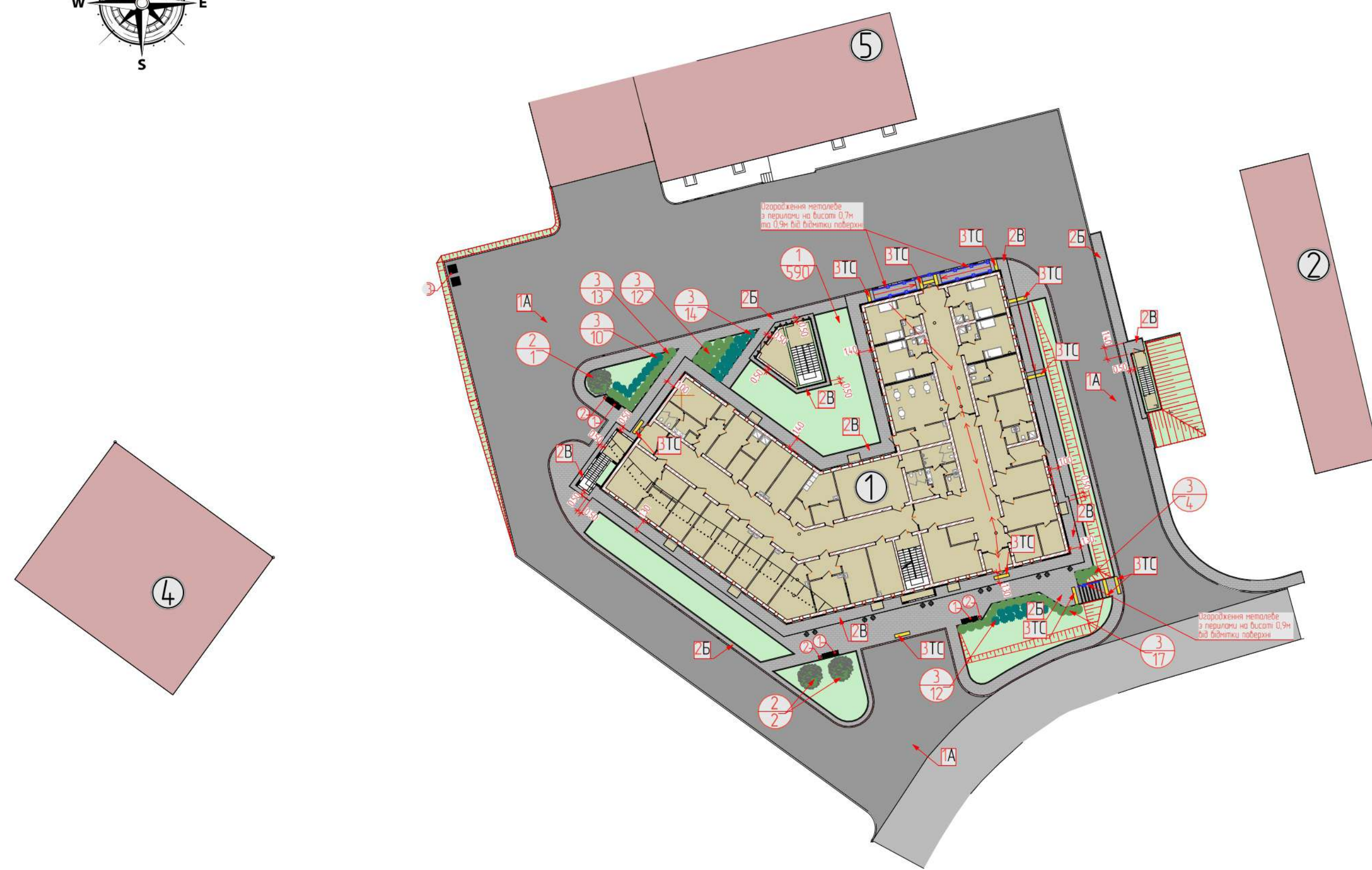
- Затирка топінгом
- Армована 3/6 монолітна плита - 120 мм
- Плівка "гідробар'єр"
- Пінопістирол EPS 150 - 100мм
- Гранітний відсів, висівки по ДСТУ Б В.2.7-76-98 - 50 мм
- Щебенева підготовка фракції 20-40мм - 100 мм
- Ущільнений ґрунт

- Затирка топінгом
- Армована 3/6 монолітна плита - 300 мм
- Бетонна підготовка - 100мм
- Ущільнений ґрунт

08-11.МКР.001 - АР					
Нове будівництво громадської будівлі в м. Хмельницькому					
Зм.	Кільк.	Аркуш	Назв.	Підпис	Дата
Розробив	Авдеева О.Д.				
Перевірив	Христин О.В.				
Керівник	Христин О.В.				
Н. Контр.	Мавська І.В.				
ОпONENT	Степанова Н.				
Затвердив	Швець В.В.				
			Ефективні технології влаштування огорожувальних конструкцій при будівництві громадської будівлі		
			Стадія	Аркуш	Аркушів
			П	13	16
			Фасад в осях 4-12. Фасад в осях А-П Розріз 1-1. Візуалізація фасаду		
			ВНТУ, гр. Б-21м		



План благоустрою території М 1:500



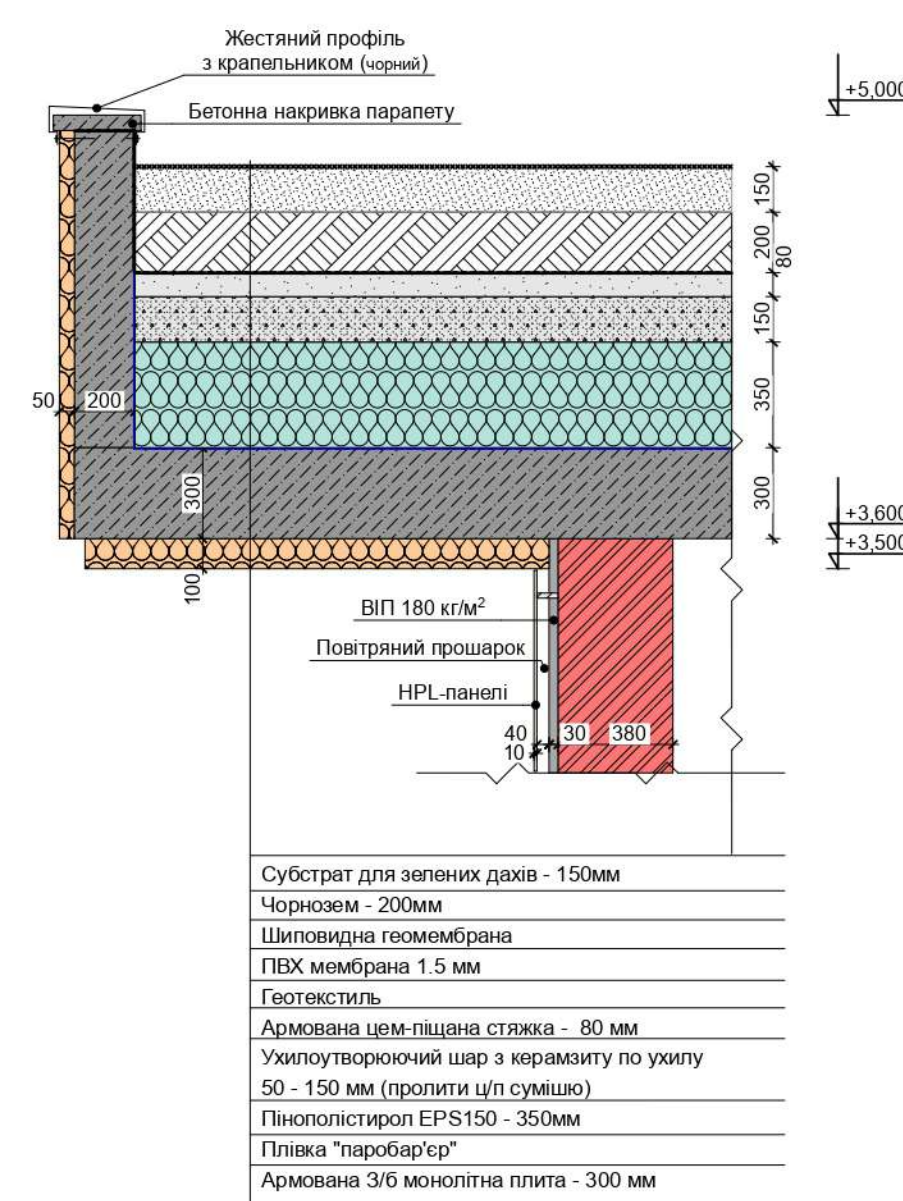
Основні техніко-економічні показники об'єкта

№ з/п	Найменування показників	Розмірність	Кількість
1	Площа забудови	м ²	1336,89
2	Поверховість	пов.	1
3	Висота будівлі	м	8,5
4	Ступінь вогнестійкості будівлі		I
5	Загальна площа	м ²	2356,11
6	Корисна площа	м ²	2143,88
7	Загальний будівельний об'єм: У тому числі: - вище позн. ±0,000 - нижче позн. ±0,000	м ³ м ³	11145,53 4817,41 6328,12
8	Тривалість експлуатації	років	100
9	Кількість переховуваних в укритті	осіб	100

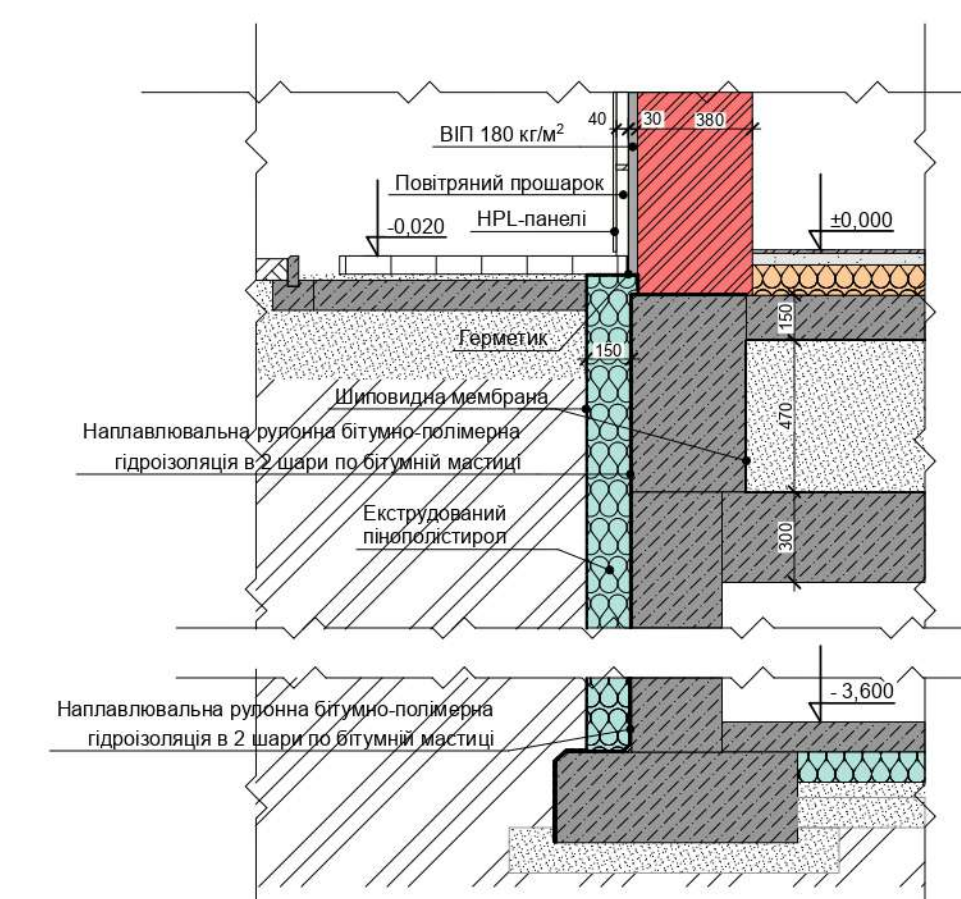
Відомість житлових і громадських будівель та споруд

Поз	Найменування	Поверховість Будівель	Кількість		Площа, м. кв.		Будівельний об'єм		
			Квартир	Будів	Забудови	Загальна, що нормується	Будівлі	Всього	
1	Нове будівництво громадської будівлі	1	1		1336,89	1336,89		11145,53	11145,53
2	Існуючий житловий будинок	2	1						
3	Існуюча нежитлова будівля	1	1						
4	Існуючий житловий будинок	4	1						
5	Існуюча нежитлова будівля	1	1						

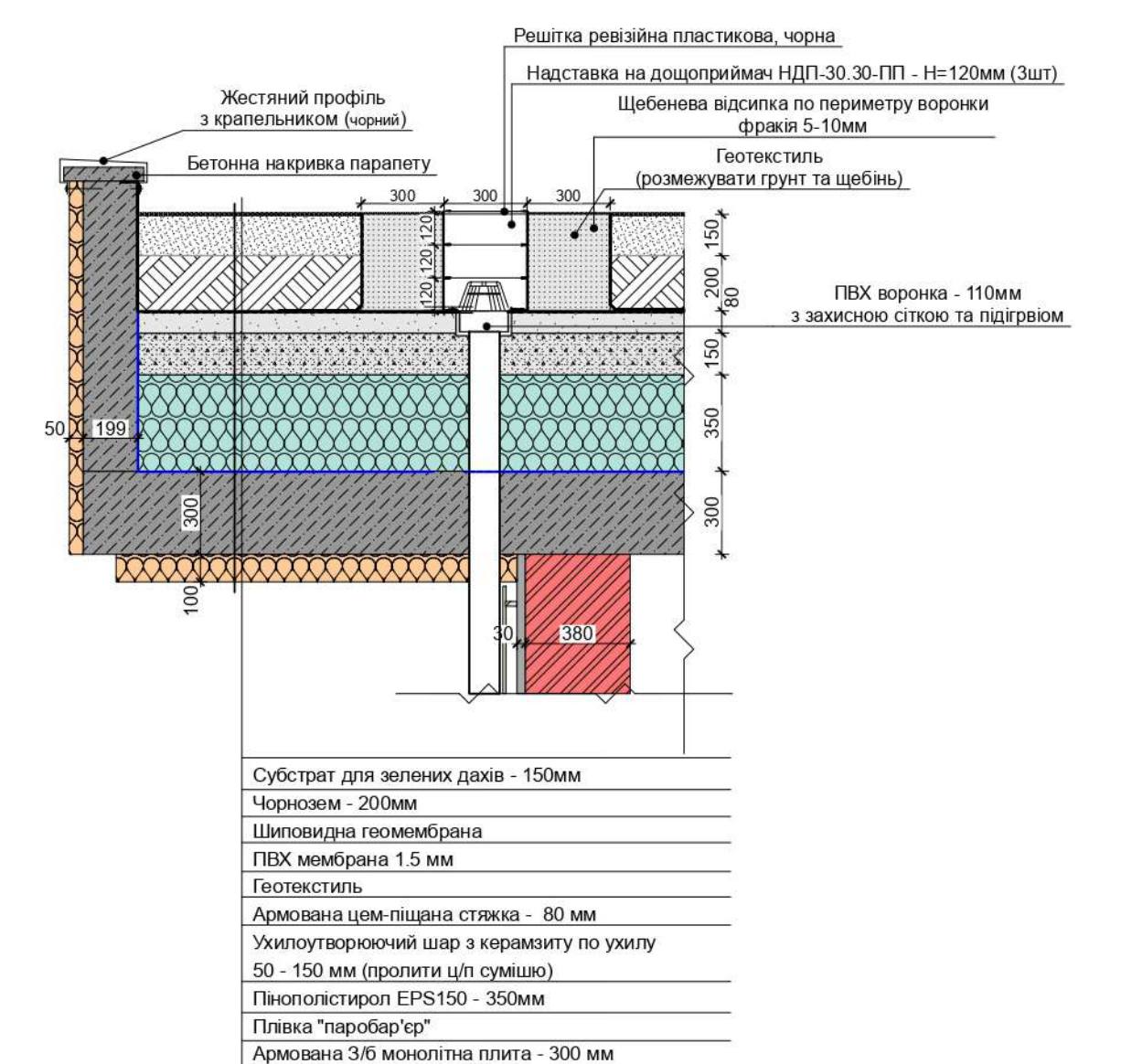
Вузол влаштування покрівлі



Вузол влаштування теплоізоляції



Вузол влаштування водозливної воронки



Відомість тротуарів, доріжок та майданчиків

Поз	Найменування	Тип	Площа покриття м. кв.	Примітки
1	Прозіди	A	2150,0	
2	Тротуар внутрішньоб'єктовий, доріжки	Б	456,0	
3	Відмостка	В	226,0	
3	Попереджувальна тактильна смуга	ТС	9,0	

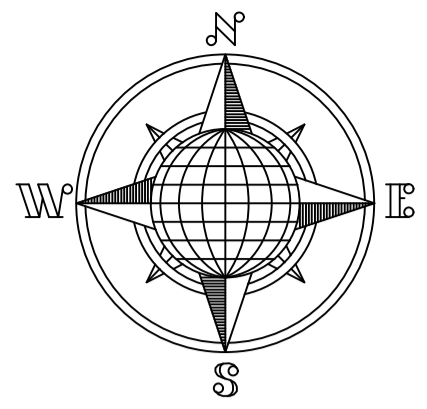
08-11.МКР.001 - ГП					
Нове будівництво громадської будівлі в м. Хмельницькому					
Зм.	Кільк.	Аркуш	Нижок	Підпис	Дата
Розробив	Авдеева О.Д.				
Перевіряв	Христин О.В.				
Керівник	Христин О.В.				
Н. Контр.	Маєвська І.В.				
Опонент	Степанова Н.				
Затвердив	Швець В.В.				

Ефективні технології влаштування оторождувальних конструкцій при будівництві громадської будівлі

План благоустрою. Техніко-економічні показники об'єкта. Вузол влаштування теплоізоляції. Вузол влаштування покрівлі

Стадія	Аркуш	Аркушів
П	14	16

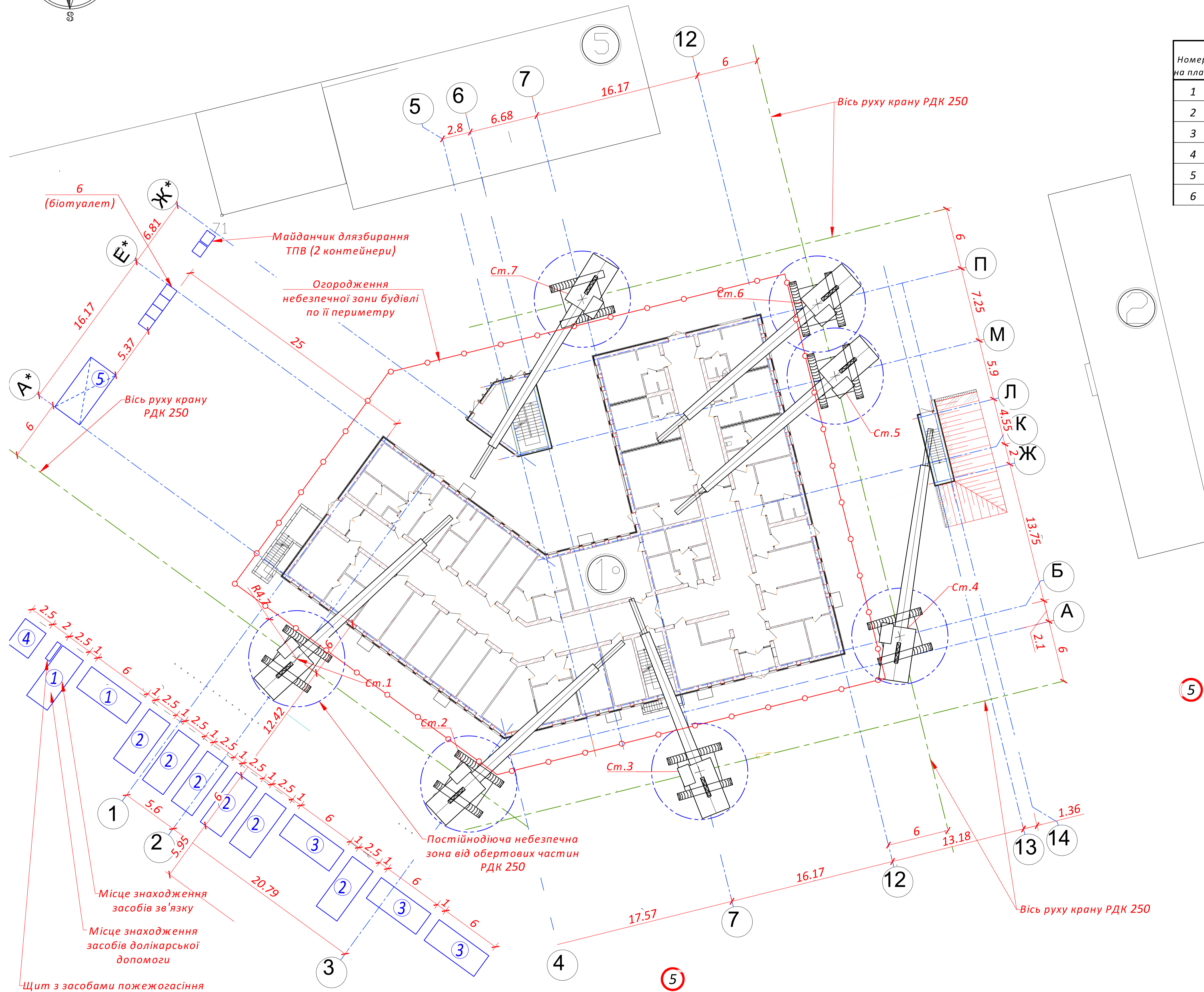
ВНТУ, гр. Б-21м



Будівельний генеральний план

Експлікація тимчасових будівель і споруд

Номер на плані	Найменування	Кількість	Площа забудови, м ²
1	Виконробська	2	15.0
2	Кімната прийому їжі, відпочинку	6	15.0
3	Сушильня, гардеробна	3	15.0
4	Матеріальний склад	1	15.0
5	Об'єктна майстерня(навіс)	1	18.0
6	Біотуалет	4	1.44



08-11.МКР.001 - ПОБ						
Нове будівництво громадської будівлі в м. Хмельницькому						
Зм.	Кільк.	Аркуш	Народ.	Підпис	Дата	
Розробив	Авдеєва О.Д.					
Перевірив	Христин О.В.					
Керівник	Христин О.В.					
Н. Контр.	Мавська І.В.					
Опонент	Степанова Н.					
Затвердив	Швець В.В.					
Ефективні технології влаштування огорожувальних конструкцій при будівництві громадської будівлі				Стадія	Аркуш	Аркушів
Будівельний генеральний план				П	15	16
				ВНТУ, гр. Б-21м		

