

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет будівництва та транспорту**  
**Кафедра Архітектури та інженерних вишукувань**

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри  
Архітектури та інженерних  
вишукувань  
\_\_\_\_\_ Бородай Д. С.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**за другим рівнем вищої освіти**

На тему: «Впровадження енергоефективних методів утеплення фасадів на  
прикладі 9-ти поверхового житлового будинку в м. Глухів»

Виконав (ла)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Є. О. Фесенко

\_\_\_\_\_  
(Прізвище, ініціали)

Група

Буд 2301-2м  
\_\_\_\_\_

(Науковий)  
керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

В. П. Сопов

\_\_\_\_\_  
(Прізвище, ініціали)

Суми – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: Архітектури та інженерних вишукувань  
Спеціальність: 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

**ЗАВДАННЯ**

**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

**Фесенко Єгор Олександрович**

**Тема роботи:** Впровадження енергоефективних методів  
утеплення фасадів на прикладі 9-ти поверхового  
житлового будинку в м. Глухів

Затверджено наказом по університету № 3455/ос від " 07 " 10 2024р.  
Строк здачі студентом закінченої роботи: " 1 " грудня 2024 р.

Вихідні дані до роботи:

Дані інженерно-геологічних вишукувань, типові проекти, завдання проектування \_\_\_\_\_

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Розділ 1. Загальна характеристика роботи, 1.1. Матеріали та методи, 1.2. Аналіз ефективності утеплювача, Розділ 2. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі, 2.1. Ситуаційний план, 2.2. Об'ємно-планувальне рішення,



## Анотація

Фесенко Єгор Олександрович «Впровадження енергоефективних методів утеплення фасадів на прикладі 9-ти поверхового житлового будинку в м. Глухів» – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2024.

Робота складається із змісту, загальної характеристики роботи та її кваліфікаційних ознак, огляду досліджень за обраною темою, розділів основної частини, висновків за результатами МКР (українською та англійською мовами).

Сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, методи наукового дослідження.

Дослідження зосереджене на використанні зовнішніх теплоізоляційних композитних систем для фасадів, що є актуальним у контексті зростаючої потреби в енергоефективних та екологічних будівельних рішеннях. Традиційні матеріали, як-от пінополістирол і мінеральна вата, викликають екологічне занепокоєння, тоді як розширена пробка пропонує екологічні й акустичні переваги, забезпечуючи можливість стійкого утеплення фасадів.

Мета дослідження полягає в порівнянні довговічності, енергоефективності, вогнестійкості, водопоглинання, паропроникності та ударостійкості систем на основі пробки та пінополістиролу. Експериментальне дослідження оцінює ефективність цих систем у реальних умовах експлуатації, зокрема їх вплив на навколишнє середовище та потенціал зменшення глобального потепління.

Наукова новизна роботи полягає у визначенні переваг пробкових систем, які демонструють зниження водопоглинання, підвищення паропроникності, високу ударостійкість та ефективність у протипожежній безпеці. Результати підтверджують життєздатність коркових ізоляційних матеріалів для фасадів будівель, особливо у вразливих зонах, сприяючи розвитку стійких

будівельних практик.

Ключові слова: корковий матеріал, утеплювач, енергоефективність.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

1. Сопов В. П., Фесенко Є. О. ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ НА ПРИКЛАДІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ // Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції, 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.70

2. Фесенко Є. О. ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ НА ПРИКЛАДІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ / Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції студентів, 8-12 квітня 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.31

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 46 сторінках, у тому числі 10 таблиць, 5 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 2 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 21 використаних джерел. Графічна частина складається з 15 слайдів мультимедійної презентації.

## **Abstracts**

Fesenko Yegor Oleksandrovykh “Implementation of energy-efficient methods of facade insulation on the example of a 9-storey residential building in the city of Glukhiv” – Master's qualification work in the form of a manuscript.

Master's qualification work in specialty 192 “Construction and Civil Engineering”. – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2024.

The work consists of the content, general characteristics of the work and its qualification features, a review of research on the selected topic, sections of the main part, conclusions based on the results of the MCR (in Ukrainian and English).

The goal, objectives, object and subject of the study, methods of scientific research are formulated.

The study focuses on the use of external thermal insulation composite systems for facades, which is relevant in the context of the growing need for energy-efficient and environmentally friendly construction solutions. Traditional materials such as expanded polystyrene and mineral wool are of environmental concern, while expanded cork offers environmental and acoustic benefits, enabling sustainable facade insulation.

The aim of the study is to compare the durability, energy efficiency, fire resistance, water absorption, vapor permeability and impact resistance of cork and expanded polystyrene based systems. The experimental study evaluates the effectiveness of these systems in real operating conditions, in particular their impact on the environment and the potential to reduce global warming.

The scientific novelty of the work lies in identifying the advantages of cork systems, which demonstrate reduced water absorption, increased vapor permeability, high impact resistance and effectiveness in fire safety. The results confirm the viability of cork insulation materials for building facades, especially in vulnerable areas, contributing to the development of sustainable construction practices.

Keywords: cork material, insulation, energy efficiency.

List of publications and/or speeches at student conferences:

1. Sopov V. P., Fesenko E. O. IMPLEMENTATION OF ENERGY-EFFICIENT METHODS OF INSULATION OF FACADES ON THE EXAMPLE OF A RESIDENTIAL BUILDING // Materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference, November 29, 2024, KhNADU, Kharkiv, P.70

2. Fesenko E. O. IMPLEMENTATION OF ENERGY-EFFICIENT METHODS OF INSULATION OF FACADES ON THE EXAMPLE OF A RESIDENTIAL BUILDING / Materials of the 86th International Scientific Conference of Students, April 8-12, 2024, KhNADU, Kharkiv, P.31

The appendices contain the conference abstracts, an album of slides of a multimedia presentation.

Structure of the work.

The work consists of the main text on 46 pages, including 10 tables, 5 figures. The text of the work contains a general description of the work, 2 sections, conclusions and recommendations based on the results of the work, a list of 21 sources used. The graphic part consists of 15 slides of a multimedia presentation.

## **ЗМІСТ**

<b>Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1. Матеріали та методи.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2. Аналіз ефективності утеплювача.....</b>	<b>20</b>
<b>Розділ 2. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі.....</b>	<b>37</b>
<b>2.1. Ситуаційний план.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2. Об'ємно-планувальне рішення.....</b>	<b>37</b>
<b>2.3. Архітектурно-конструктивне рішення.....</b>	<b>39</b>
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>45</b>

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми:** Це дослідження зосереджено на використанні зовнішніх теплоізоляційних композитних систем для ремонту фасадів, тема, яка є особливо актуальною через зростаючу потребу в енергоефективних будівлях і практиках екологічного будівництва. Традиційні ізоляційні матеріали, такі як пінополістирол і мінеральна вата, широко використовуються, але їхній вплив на навколишнє середовище викликає занепокоєння.

У відповідь на це були представлені більш стійкі альтернативи, такі як розширена пробка, що забезпечує як екологічні, так і акустичні переваги. Цей перехід до екологічно чистих матеріалів робить дослідження особливо важливим, оскільки воно досліджує, чи можуть ці нові варіанти відповідати або перевищувати продуктивність звичайних систем.

**Мета і завдання дослідження:** Метою дослідження є оцінка та порівняння довговічності, енергоефективності та загальної продуктивності систем, що використовують пробку, з тими, що використовують інші утеплювачі. Дослідження має на меті визначити, чи можуть ці системи забезпечити аналогічну або кращу ізоляцію, вогнестійкість і контроль вологи, а також бути більш стійкими та пропонувати покращені акустичні характеристики.

**Об'єкт дослідження:** Впровадження енергоефективних методів утеплення фасадів.

**Предмет дослідження:** 9-ти поверховий житловий будинок в місті Глухів.

**Методи дослідження:** Щоб досягти цього, дослідження передбачає експериментальне дослідження, під час якого тестуються обидві системи. Дослідження вивчає, як ці системи працюють у реальних умовах, включаючи їх здатність протистояти вологи, підтримувати енергоефективність і витримувати тривале використання. Основна увага також приділяється їх

впливу на навколишнє середовище, зокрема з точки зору зменшення потенціалу глобального потепління. Порівнюючи продуктивність цих двох систем, дослідження дає цінну інформацію про життєздатність стійких ізоляційних матеріалів для майбутніх будівельних проєктів.

**Наукова та технічна новизна одержаних результатів:** Наукова новизна дослідження полягає в комплексному аналізі впливу різних ізоляційних матеріалів та покриттів на водопоглинання, паропроникність, міцність зчеплення, ударостійкість та вогнестійкість композиційних систем зовнішньої теплоізоляції. Особлива увага приділена порівнянню систем на основі пробки та пінополістиролу, що дозволило виявити переваги коркових ізоляційних матеріалів щодо зниження водопоглинання, підвищення паропроникності, а також їхню стійкість до механічних навантажень. Результати підтверджують потенціал пробкових систем для застосування у фасадах будівель, зокрема вразливих зонах, завдяки їхнім високим експлуатаційним характеристикам та ефективності у протипожежній безпеці.

**Апробація та публікація результатів роботи:** 1. Сопов В. П., Фесенко Є. О. ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ НА ПРИКЛАДІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ // Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції, 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.70

2. Фесенко Є. О. ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ НА ПРИКЛАДІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ / Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції студентів, 8-12 квітня 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.31

### **1.1. Матеріали та методи**

Щоб пом'якшити несприятливі наслідки зміни клімату та глобального потепління, спричинені виробництвом та споживанням енергії, будівельний сектор все більше зосереджується на розробці та впровадженні рішень, спрямованих на зменшення використання енергії. Серед цих рішень композитні системи зовнішньої теплоізоляції представляють значний прогрес

у технології ізоляції будівель. Ці системи визнані своєю ефективністю, універсальністю та простотою застосування, що робить їх привабливим варіантом для покращення енергетичної ефективності будівель.

Структура зовнішніх теплоізоляційних композитних систем складається з кількох компонентів, які працюють узгоджено для покращення теплових характеристик. Ці системи включають такі шари, як клей, ізоляція, механічні кріплення, базове покриття, сітчастий армуючий шар і верхнє покриття. Ізоляційний шар має вирішальне значення, оскільки він значно підвищує термічний опір і ефективно пом'якшує теплові мости, які можуть призвести до втрати енергії. Термічний опір зовнішніх теплоізоляційних композитних систем залежить від типу використовуваного ізоляційного матеріалу та його товщини, причому товщина ізоляційних матеріалів коливається від 50 міліметрів до 200 міліметрів, залежно від конкретного застосування та бажаних теплових характеристик.

На додаток до енергозбереження, композитні системи зовнішньої теплоізоляції сприяють покращенню теплового комфорту в будівлях, а в певних конфігураціях вони також підвищують акустичний комфорт. Ступінь звукоізоляції, який забезпечують ці системи, залежить від типу використовуваної ізоляції. Порівняльні випробування показали, що наповнювачі зі спіненої пробки мають значні звукоізоляційні характеристики, на відміну від пінополістиролової ізоляції. Попередні дослідження вказують на те, що при порівнянні систем з однаковою конфігурацією шарів і товщиною ізоляції системи на основі пробки (як натуральної, так і спіненої пробки) демонструють нижчу теплопровідність, ніж системи з пінополістиролу та мінеральної вати, частково завдяки кращим властивостям термозатримки пробки.

Наприклад, системи на основі пробки мають значення теплопровідності від 0,037 до 0,045 Вт, тоді як пінополістирол демонструє значення від 0,032 до 0,038 Вт. У помірному кліматі, де коливання температури є звичайним явищем, було показано, що композиційні системи

зовнішньої теплоізоляції на корковій основі перевершують свої аналоги з пінополістиролу та мінеральної вати з точки зору теплових властивостей та енергоефективності.

Композитні системи зовнішньої теплоізоляції можна встановлювати безпосередньо на існуючі зовнішні стіни, незалежно від того, оштукатурені вони чи ні, за умови, що поверхня стіни сумісна з компонентами системи. Ці системи розроблені як інтегровані комплекти, що вимагає сумісності між різними компонентами для забезпечення оптимальної загальної продуктивності. Важливо зазначити, що зміна будь-якого окремого компонента може суттєво вплинути на загальну продуктивність системи.

З огляду на те, що зовнішні теплоізоляційні композитні системи застосовуються для зовнішніх фасадів, вони піддаються значним гігротермічним коливанням протягом року. Різні компоненти цих систем мають різну теплопровідність і коефіцієнти теплового розширення, які необхідно враховувати під час проектування та встановлення. Базове покриття, яке має товщину від 2 до 3,5 міліметрів, має бути достатньо гнучким, щоб витримати температурні деформації шару ізоляції, забезпечуючи чудову ударостійкість. Це вимагає включення сітчастого армуючого шару для додання необхідної структурної цілісності.

Оздоблювальне покриття виконує як декоративну, так і захисну функцію, захищаючи нижні шари від впливу навколишнього середовища, зберігаючи при цьому естетичний вигляд будівлі з часом. Однак зовнішні теплоізоляційні композитні системи чутливі до пошкоджень від ударів, спричинених людською діяльністю або предметами, а також від суворих погодних умов, таких як град.

Дослідження показали, що і пінополістирол, і ізоляційні матеріали з пінополістиролу з додаванням графіту вразливі до деформації під впливом температур, що наближаються до 65 градусів, особливо в регіонах з інтенсивним сонячним випромінюванням. Отже, у країнах із високими літніми температурами композиційні системи зовнішньої теплоізоляції, що

використовують пінополістирол, можуть мати проблеми з продуктивністю через розм'якшення та подальшу деформацію ізоляційного матеріалу, що потенційно може погіршити ефективність усієї системи.

Ще одна важлива характеристика фінішного покриття в композитних системах зовнішньої теплоізоляції – це його водостійкість. Поглинання води оздоблювальним шаром може значно підвищити теплопровідність утеплювача, тим самим знизивши загальну ефективність системи. Це робить захист, який забезпечує фінішне покриття, необхідним для збереження теплових характеристик. Однак дуже важливо, щоб оздоблювальна система забезпечувала адекватну паропроникність, оскільки надмірне обмеження дифузії пари може призвести до накопичення вологи в шарі ізоляції та подальшого погіршення системи.

Найбільш часто використовувані композитні системи зовнішньої теплоізоляції включають пінополістирол у поєднанні з базовим шаром, що складається з розчину на основі цементу. Ці ізоляційні матеріали обирають через їх низьку вартість порівняно з іншими варіантами, особливо з більш стійкими ізоляційними матеріалами. Порівняльні дослідження, що оцінюють композитні системи зовнішньої теплоізоляції на основі пінополістиролу та мінеральної вати, продемонстрували сприятливі адгезійні характеристики та структурну цілісність після впливу вологого тепла. Наприклад, дослідження показують, що системи, що поєднують ці матеріали, зберігають понад 92 відсотків своєї міцності зчеплення після кількох циклів впливу тепла та вологи.

Незважаючи на свої практичні переваги, пінополістирол і екструдований полістирол утеплювачі суттєво впливають на навколишнє середовище. Зокрема, виробництво пінополістиролу виділяє від 60 до 90 кілограмів еквіваленту вуглекислого газу на кубічний метр, головним чином під час виробничого процесу. Цей викид суттєво сприяє потенціалу глобального потепління матеріалу. Екструдований полістирол із середньою щільністю приблизно 34 кілограми на кубічний метр виділяє приблизно 93

кілограми еквіваленту вуглекислого газу на етапі виробництва. Ці викиди підкреслюють екологічні проблеми, пов'язані з використанням цих традиційних ізоляційних матеріалів.

Навпаки, з'являються нові системи, які використовують більш стійкі та екологічно чисті матеріали. Одним із яскравих прикладів є використання плит із спучено-пробкового агломерату як ізоляції. Він на відміну від інженерних полімерних систем не сприяє потенціалу глобального потепління. Насправді цей тип ізоляції активно пом'якшує вплив на навколишнє середовище шляхом уловлювання викидів вуглекислого газу під час процесу виробництва, що призводить до чистого зниження потенціалу глобального потепління приблизно на 506 кілограмів еквіваленту вуглекислого газу. Ця значна користь для навколишнього середовища пояснюється природними характеристиками коркового дуба, з якого збирають пробку.



**Рис. 1.1. Корковий дуб**

Дерева коркового дуба переважно зустрічаються в регіоні Західного Середземномор'я, включаючи такі країни, як Португалія, Іспанія, південна

Франція, частини Італії та північної Африки, а також у деяких районах Китаю. Примітно, що Європа відповідає за виробництво приблизно 85 відсотків світових поставок пробки. В Україні переважна частина коркового дерева виростає в західній та центральній частині країни.

У таблиці представлено огляд композитних систем зовнішньої теплоізоляції, які були в центрі уваги цього дослідження. Загалом було проаналізовано 34 системи, 29 із яких використовували клейове з'єднання для прикріплення ізоляції до основи. Решта використовували методи механічної фіксації, які включали профілі та додаткові механічні кріплення, такі як анкери.

Основні властивості ізоляційних матеріалів, сітчастих компонентів, базового та верхнього покриття відрізнялися в різних системах. Деякі системи мали спільні компоненти, а інші мали унікальні характеристики. Ізоляційні матеріали, які досліджувалися, включали спінений полістирол і спінений пробковий агломерат, з конкретними системами, що використовують той чи інший матеріал. Таблиця містить детальну інформацію щодо різних властивостей ізоляційних матеріалів, включаючи міцність на розрив, об'ємну щільність, коефіцієнт опору дифузії водяної пари, теплопровідність і реакцію на вогонь.

Загалом чотири різних типи сітки були інтегровані в базове покриття систем. До них належали гладка сітка, армована сітка, звичайна сітка та подвійна армована сітка. Армована сітка характеризується меншими розмірами отворів і більшою поверхневою масою порівняно зі звичайною сіткою, що покращує її механічні властивості.

Клей і базове покриття, що використовувалися в кожній зовнішній теплоізоляційній композитній системі, були отримані з одного складу, хоча вони виконували різні функції в системі. Клей відповідає за надійне з'єднання ізоляції з основою стіни, тоді як базове покриття забезпечує захист ізоляції та служить середовищем для вбудовування сітки, яка є важливою для покращення механічних властивостей ізоляції.

**Таблиця 1.1. Характеристики компонентів**

ETICS	Ізоляція	Сітка	Клей/ Базове покриття	Фінішне покриття	Тип	Межа міцності на розтяг (МПа)	Об'ємна щільність (кг/м <sup>3</sup> )	Коефіцієнт дифузії водяної пари (μ)	Теплопровідність (Вт/м·К) (мінімальні значення) *	Реакція на вогонь (Євроклас) **	Тип та маса на одиницю поверхні (г/ м <sup>2</sup> )	Загальні характеристики
ETICS 1	EPS				Нормальне + Зміцнене (160 + 330)	0.22	19	34	0.041	E	Цементний розчин	-
ETICS 2	Акрил											
ETICS 3	ICB					0.05	100	-	0.042	-		
ETICS 4	Акрил											
ETICS 5	EPS				Зміцнене (330)	0.25	21	39	0.041		Цементний розчин	-
ETICS 6					Подвійне зміцнене (330 + 330)							
ETICS 7	Зміцнене (330)	Акрил										
ETICS 8	Подвійне зміцнене (330 + 330)	Акрил										

ETICS 9	ICB				Зміцнене (330)	0.05	100	-	0.042	Зміцнене	-	
ETICS 10	Подвійне зміцнене (330 + 330)											
ETICS 11	Зміцнене (330)	Акрил										
ETICS 12	Подвійне зміцнене (330 + 330)	Акрил										
ETICS 13	EPS				Подвійне зміцнене (376 + 376)	0.25	21	39	0.041	Цементний розчин	-	
ETICS 14	Акрил											
ETICS 15	ICB					0.05	114	11	0.042	-		
ETICS 16	Акрил											
ETICS 17	EPS				Нормальне (160)	0.27	20	34	0.034	Цементний розчин	-	
ETICS 18	Акрилові смоли											
ETICS 19	Нормальне + Зміцнене (160 + 330)											

ETICS 20	Акрилові смоли											
ETICS 21	ICB				Нормальне (160)	0.05	100	24	0.042		Змішані зв'язувальні розчини	-
ETICS 22	Акрилові смоли											
ETICS 23	Природне вапно на основі гідравлічного вапна + фарба на основі силікату											
ETICS 24	Нормальне + Зміцнене (160 + 330)											
ETICS 25	EPS				Нормальне (160)	0.21	21	40	0.034	Цементний розчин	-	
ETICS 26	Акрилові смоли											
ETICS 27	Нормальне + Зміцнене (160 + 330)											
ETICS 28	Акрилові смоли											

ETICS 29	ICB				Нормальне (160)	0.05	100	19	0.042	Нормальне	На основі природного гідравлічного вапна, цемент	-
ETICS 30	Акрилові смоли											
ETICS 31	Повітряне вапно, гідравлічний зв'язувач											
ETICS 32	Нормальне + Зміцнене (160 + 330)											

## 1.2. Аналіз ефективності утеплювача

Ефективність систем ізоляції зовнішніх стін будівель оцінювали за різними параметрами, які сприяють їх загальним характеристикам. Ця оцінка охоплювала кілька важливих аспектів, включаючи міграцію вологи, механічну поведінку (зокрема, ударостійкість і випробування на адгезію), акустичний і тепловий комфорт, довговічність (оцінена за допомогою фундаментальних механічних випробувань після старіння) і вогнестійкість (оцінена за допомогою протоколів випробувань на вогонь).

Щоб забезпечити вичерпний огляд процедур оцінки було детально описано конкретні випробування, проведені для аналізу кожного типу поведінки систем ізоляції зовнішніх стін. Для кожного випробування наведено перелік перевірених компонентів зовнішніх теплоізоляційних композитних систем разом із відповідною інформацією щодо віку досліджуваних зразків, розмірів зразків, використаних у кожному випробуванні, і критеріїв ефективності.

Міграція вологи була проаналізована, щоб визначити, наскільки ефективно системи запобігають проникненню води та керують дифузією пари, що має вирішальне значення для збереження теплових характеристик і структурної цілісності ізоляції. Механічну поведінку оцінювали за допомогою випробувань на удар для вимірювання стійкості ізоляції до фізичних навантажень і випробувань на адгезію для оцінки міцності зв'язку між ізоляційним матеріалом і основою.

Акустичний комфорт оцінювався шляхом вимірювання звукоізоляційних властивостей, що дає змогу зрозуміти, наскільки добре системи можуть послаблювати шум. Тепловий комфорт аналізували шляхом оцінки термічного опору ізоляційних матеріалів, що є важливим для забезпечення комфортного середовища в приміщенні. Випробування на довговічність, які включали основні механічні оцінки після старіння, були проведені для моделювання тривалої роботи та оцінки будь-якого погіршення механічних властивостей з часом.

Були проведені випробування на вогнестійкість, щоб визначити, наскільки добре системи ізоляції протистоять займанню та поширенню полум'я, що є критичним для забезпечення безпеки в будівництві. Результати цих випробувань мають важливе значення для визначення відповідності різних систем утеплення зовнішніх стін нормативним стандартам і для надання рекомендацій щодо їх використання в будівництві.



**Рис. 1.2. Схема з'єднання утеплювача**

Вимірювання водопоглинання, зокрема за допомогою тестування на капілярну дію, було проведено для оцінки стійкості систем ізоляції зовнішніх стін до проникнення води. У цій оцінці зразки без верхнього покриття використовувалися для визначення внутрішньої водостійкості лише базове покриття, що дозволяє чітко зрозуміти його ефективність окремо.

Крім того, важливе значення має випробування на удар, проведене після впливу тепла та вологості. Результати цього випробування відіграють вирішальну роль у визначенні класифікації композитних систем зовнішньої теплоізоляції та, отже, допустимої висоти для їх застосування на фасадах будівель. Категорія базується на розмірі видимих вм'ятин на поверхні ізоляційного матеріалу після випробувань на удар, проведених при рівнях енергії 4 Дж і 9 Дж. Тільки системи, класифіковані як категорія 1, схвалені

для встановлення на висоті близько до землі, що має вирішальне значення для забезпечення структурної цілісності та безпеки під час їх застосування.

Крім того, перевірка міцності зчеплення є важливою для оцінки зв'язку між базовим покриттям та ізоляційним матеріалом, а також між клеєм та ізоляцією. Це випробування дає зрозуміти довговічність і ефективність з'єднань у композитних системах зовнішньої теплоізоляції, які є вирішальними для збереження їхньої тривалої роботи в різних умовах навколишнього середовища.

Шляхом ретельної оцінки цих параметрів дослідження спрямоване на встановлення комплексних критеріїв ефективності та застосування композитних систем зовнішньої теплоізоляції в будівельній галузі. Такі оцінки життєво важливі для вдосконалення будівельних технологій, підвищення енергоефективності та забезпечення безпеки та комфорту внутрішнього середовища.



**Рис. 1.3. Вогнестійкість утеплювачів**

У ході експериментальної роботи було проведено кілька тестів для оцінки продуктивності широкомасштабних застосувань зовнішніх теплоізоляційних композитних систем. Ці тести були розроблені для моделювання реальних застосувань на фасадах будівель, надаючи цінні розуміння експлуатаційних характеристик композитних систем зовнішньої теплоізоляції в практичних умовах.

Протоколи випробувань суворо дотримувалися методологій, викладених у керівних принципах технічного схвалення. Ця всеосяжна настанова встановлює критичні вимоги до продуктивності композитних систем зовнішньої теплоізоляції, охоплюючи різні аспекти, такі як ефективність теплоізоляції, механічна стабільність, вологостійкість, вогнестійкість безпека, довговічність.

Кожен тест був ретельно розроблений для оцінки систем за цими встановленими критеріями продуктивності, гарантуючи, що отримані результати відображають їх ефективність у реальних програмах. Наприклад, було виміряно теплопровідність ізоляційних матеріалів, щоб визначити їх ефективність у мінімізації теплопередачі, тоді як механічні випробування оцінювали структурну цілісність систем за різних умов навантаження. Міцність зчеплення між базовим покриттям та ізоляцією, а також стійкість до проникнення вологи також були ретельно перевірені.

Шляхом систематичного аналізу результатів відповідно вимог до продуктивності дослідження має на меті забезпечити повне розуміння того, як зовнішні теплоізоляційні композитні системи функціонують у реальних умовах експлуатації. Результати цих випробувань сприятимуть розробці більш ефективних і надійних ізоляційних рішень, підвищення енергоефективності та екологічності проектування та будівництва будівель.

**Таблиця 1.2. Характеристики систем і компонентів**

Поведінка	Тест	Компонент	Вік (дні)	Розміри зразків	Вимоги та мета тестів
Водна поведінка	Водопоглинання капілярністю	ETICS	28	30 см × 30 см	ETICS вважаються стійкими до проникнення води, якщо поглинання води $\leq 1 \text{ кг/м}^2$ через 1 годину.
	Пермеабільність водяної пари	Рендер (зміцнене базове покриття)	28	10 см × 10 см	Опір дифузії водяної пари не повинен перевищувати 2.0 м (на основі EN 12086).
Механічна поведінка	Стійкість до удару	ETICS	Після старіння	3 м × 2 м	Тест на стійкість до удару. Категорії I, II, III визначають ступінь пошкодження.
	Сила зчеплення	ETICS	Після старіння	3 м × 2 м	Результати повинні бути $\geq 0.08 \text{ Н/мм}^2$ (МПа).
	Сила зчеплення між клеєм та ізоляцією	Клей та ізоляція	28	1 м × 0.5 м	
Акустичний і тепловий комфорт	Повітряний звук	ETICS	28	10 м <sup>2</sup>	Деклароване значення $\Delta RW$ , пряме ( $\Delta RW$ , пряме = $RW$ , з фінішем – $RW$ , без фінішу).
Довговічність	Візуальний аспект	ETICS	Після старіння	3 м × 2 м	Тестування на довговічність включає перевірку на бульбашки, відшарування та тріщини.
Вогнестійкість	Реакція на вогонь	ETICS	28	1 м × 1.5 м	Класифікація реакції на вогонь (B та C). Обмеження диму та виробництва палаючих крапель/частинок.

Поведінку зовнішніх теплоізоляційних композитних систем щодо проникнення води оцінювали за допомогою вимірювання швидкості водопоглинання та еквівалентної товщини повітря. Оцінку водопоглинання проводили на зразках як з фінішним покриттям, так і без нього, що дозволило провести комплексний аналіз характеристик вологостійкості кожної конфігурації.

Щоб забезпечити точні умови випробувань, краї зразків, що містять ізоляцію, були ретельно загерметизовані, запобігаючи впливу будь-якої зовнішньої вологи на результати та дозволяючи цілеспрямовано оцінювати водопоглинальні властивості матеріалів, що використовуються в системах.

На додаток до вимірювань водопоглинання, еквівалентна товщина повітря була оцінена для зразків, які включали армоване базове покриття в поєднанні з верхнім покриттям. Еквівалентна товщина повітря є критичним параметром, який вказує на ефективність системи ізоляції щодо опору дифузії водяної пари, що відіграє важливу роль у підтримці теплових характеристик і запобіганні утворенню конденсату всередині огорожувальних конструкцій.

Результати цих випробувань, підсумовані в таблиці, дають суттєве уявлення про можливості управління вологістю зовнішніх теплоізоляційних композитних систем, підкреслюючи вплив нанесення верхнього покриття на рівень водопоглинання та значення складу матеріалу для досягнення оптимальної вологостійкості. Розуміючи цю поведінку, дослідження сприяє вдосконаленню конструкцій систем ізоляції, які підвищують довговічність та енергоефективність у реальних застосуваннях.

**Таблиця 1.3. Випробування на капілярність і паропроникність**

ETICS	Components	Кількість, що застосована (кг/м <sup>2</sup> ) – розчин базового покриття + фінішне покриття	Зразки ETICS (з фінішним покриттям або без нього)	Зразки, що складаються з штукатурки (армоване базове покриття + фінішне покриття)	Вбирання води через 1 год (кг/м <sup>2</sup> )— середнє та σ	Капілярний коефіцієнт через 1 год (кг/м <sup>2</sup> ·с <sup>0,5</sup> ) —середнє	Еквівалентна товщина повітря – Sd (м)	Середнє μ
ETICS 1	EPS	-	5.59	0.17 ± 0.01	0.003	ND	ND	
ETICS 2	A	5.59 + 1.50	0.08 ± 0.04	0.001	1.49	47.3		
ETICS 3	ICB	-	6.97	0.80 ± 0.02	0.013	ND	ND	
ETICS 4	A	6.97 + 1.51	0.73 ± 0.04	0.012	1.42	42.2		
ETICS 5	EPS	-	3.50	0.04 ± 0.01	0.001	ND	ND	
ETICS 7	A	3.50 + 0.24	0.04 ± 0.01	0.001	0.042	27.9		
ETICS 9	ICB	-	3.81	0.07 ± 0.00	0.001	ND	ND	
ETICS 11	A	3.81 + 4.72	0.06 ± 0.01	0.001	1.03	13.5		
ETICS 13	EPS	-	9.45	0.20 ± 0.02	0.003	ND	ND	
ETICS 14	A	9.45 + 0.70	0.04 ± 0.01	0.001	0.44	44.6		
ETICS 15	ICB	-	8.93	0.09 ± 0.01	0.002	ND	ND	
ETICS 16	A	8.93 + 0.57	0.03 ± 0.01	0.001	0.44	35.3		
ETICS 17	EPS	-	3.39	0.15 ± 0.05	0.003	ND	ND	
ETICS 18	A	3.39 + 2.05	0.05 ± 0.01	0.001	0.71	38.2		
ETICS 21	ICB	M	-	6.50	0.20 ± 0.20	0.003	ND	
ETICS 22	A	6.50 + 1.56	0.10 ± 0.11	0.002	0.76	42.5		
ETICS 23	S	6.50 + 5.67	0.05 ± 0.01	0.001	1.33	33.3		
ETICS 25	EPS	-	2.82	0.10 ± 0.03	0.002	ND	ND	

ETICS 26	A	2.82 + 2.30	0.05 ± 0.01	0.001	0.38	39.9		
ETICS 29	ICB	CL	-	3.90	0.28 ± 0.04	0.005	ND	
ETICS 30	A	3.90 + 2.82	0.36 ± 0.17	0.006	0.21	21.5		
ETICS 31	AL	3.90 + 2.86	0.14 ± 0.04	0.005	0.06	18.7		

Дослідження водопоглинання в композиційних системах зовнішньої теплоізоляції дало ключове розуміння факторів, що впливають на цю властивість. Було виявлено, що готові системи демонструють значно нижчі показники водопоглинання порівняно з незавершеними системами, що підтверджує важливість фінішного покриття. Наприклад, порівняльний аналіз показав, що силікатне та повітряне вапняне покриття з гідравлічними в'язучими давали нижчі значення поглинання, ніж акрилове покриття.

Ізоляційний матеріал також відіграв вирішальну роль; певні системи зі спіненою пробкою показали вищу абсорбцію, ніж їхні аналоги з спіненого полістиролу. У деяких випадках системи на основі пробки перевершували спінений полістирол. Тип базового покриття також суттєво вплинув на водопоглинання. Системи з базовими шарами цементного розчину продемонстрували нижчу абсорбцію порівняно зі змішаними в'язучими розчинами та природними гідравлічними вапняними розчинами.

Дослідження повідомили про показники водопоглинання для акрилових фінішних покриттів у діапазоні від 0,001 до 0,007 кілограмів на квадратний метр на квадратний корінь з секунди, що узгоджується з результатами, отриманими як для пінополістиролових, так і для коркових систем.

Випробування на паропроникність показали, що характеристики водяної пари не залежали від ізоляційного матеріалу, але коефіцієнт опору дифузії пари для пробкових панелей був значно нижчим — приблизно на третину менше, ніж для панелей з пінополістиролу тієї ж товщини.

При порівнянні штукатурних систем виявилися чіткі відмінності. Вапняні покриття забезпечують більш прозоре нанесення, ніж акрилові покриття. Акрилова оздоблювальна штукатурка працює краще, ніж розчини природного гідралічного вапна.

Подальше порівняння виявило, що еквівалентна товщина повітря для 25 варіанту (0,37 метра, з використанням цементного розчину) була вищою, ніж для варіанту 29 (0,22 метра, з використанням природно гідратованої землі та розчину на основі цементу), що пояснюється відмінностями в основі покриття. Усі оцінені системи продемонстрували значення нижче 2.1 метрів для еквівалентної товщини повітря, що вказує на знижений ризик утворення конденсату. Однак нижчий коефіцієнт опору дифузії пари у коркових панелей (приблизно на 32% нижче, ніж у пінополістиролу) призвів до вищої паропроникності, що потребувало ретельного розгляду для оптимальних характеристик у практичних застосуваннях.

Капілярні випробування показали, що певні системи з ізолюваними пробковими плитами мають вищі показники водопоглинання, ніж системи з пінополістиролу. Однак усі зареєстровані значення через одну годину були нижчими за 1 кілограм на квадратний метр. Випробування на паропроникність зосереджувалися виключно на системі зображення зовнішньої теплоізоляційної композитної системи, що включало пряме порівняння між системами пінополістиролу та ізолюваних пробкових плит. Тим не менш, вапняне покриття у композитній системі зовнішньої теплоізоляції показало нижчі значення еквівалентної товщини повітря, що вказує на кращу паропроникність.

Загалом система ізолюваних пробкових плит продемонструвала відмінні показники водопоглинання та паропроникності, характеризуючись низькими значеннями капілярного водопоглинання через одну годину та сприятливою середньою еквівалентною товщиною повітря.

Механічні характеристики зовнішньої теплоізоляційної композитної системи оцінювали за допомогою випробувань на ударостійкість і міцність

на адгезію. Ці оцінки вивчали вплив типу ізоляції та варіації в інших компонентах, включаючи використання другої сітки в базовому покритті та зміни в базовому та фінішному покриттях.

Випробування на ударні навантаження показали однакову ефективність між ізолюваною пробковою плитою та системами з пінополістиролу для систем без обробки. Система ізолюваної пробкової плити перевершила систему пінополістиролу при використанні другої сітки, тоді як в інших тестах спостерігалися порівняльні результати. Системи, що включають дві сітки як у обробці, так і в базовому покритті, показали подібні категорії ефективності. Застосування фінішного покриття покращило ударостійкість у деяких випадках (композитні варіанти).



**Рис. 1.4. Ізолювані пробкові плити**

Система ізолюваних пробкових плит продемонструвала достатню ударостійкість, що робить її придатною для будь-якого застосування на фасадах будівель, включаючи вразливі зони. У таблиці також детально описані результати випробувань міцності зчеплення між базовим покриттям та ізоляцією.

**Таблиця 1.4. Стійкість зв'язку між базовим покриттям та ізоляцією**

CS	Components	ETICS Applied on Rig Submitted Hygrothermal Cycles	Samples Composed by Adhesive and Insulation with 28 Days	Ударостійкість	Зв'язок між базовим покриттям та ізоляцією	Зв'язок між клеєм та ізоляцією
ETICS 1	EPS	C	NR	-	II	0.23
ETICS 2	A	I	0.22	C		
ETICS 3	ICB	-	I	0.13	C	0.13
ETICS 4	A	II	0.16	C		
ETICS 5	EPS	C	R	-	II	0.20
ETICS 6	RR	I	0.16	C		
ETICS 7	R	A	II	0.17	C	
ETICS 8	RR	II	0.17	C		
ETICS 9	ICB	R	-	II	0.12	C
ETICS 10	RR	I	0.12	A/C		
ETICS 11	R	A	II	0.13	C	
ETICS 12	RR	II	0.13	A/C		
ETICS 13	EPS	C	RR	-	III	0.19
ETICS 14	A	III	0.15	C		
ETICS 15	ICB	-	III	0.12	A/C	ND

ETICS 16	A	II	0.11	A/C		
ETICS 19	EPS	C	NR	-	II	0.13
ETICS 24	ICB	M	I	0.11	C	0.08
ETICS 25	EPS	C	N	-	II	0.19
ETICS 26	A	-	0.18	C		
ETICS 27	NR	-	II	0.16	C	
ETICS 28	A	-	0.18	C		
ETICS 29	ICB	CL	N	-	-	0.09
ETICS 30	A	II	0.13	A		
ETICS 31	AL	III	0.21	A		
ETICS 32	NR	-	I	0.11	C	

При оцінці міцності зчеплення систем, що використовують коркову ізоляцію з різними базовими покриттями, спостерігалися подібні значення міцності зчеплення, що вказує на те, що ізоляція, ймовірно, витримає більше пошкоджень, ніж базове покриття, через виникнення когезійного руйнування всередині самої ізоляції.

Випробування міцності з'єднання на місці виявили, що додавання другого шару сітки в системи з пінополістиролу іноді призводило до гірших результатів, що свідчить про те, що додаткова сітка може ускладнити продуктивність, а не підвищити її. Подібним чином системи з використанням стоперів не показали істотного впливу на загальну міцність з'єднання, причому переважали когезійні руйнування.

Усі випробувані системи показали адгезійну міцність, що перевищує 0,075 мегапаскалів (МПа), при цьому більшість результатів вказують на когезійний або змішаний адгезійний/когезійний режими руйнування. Міцність з'єднання між клеєм та ізоляцією залежить виключно від використовуваної клейової системи. Переважали когезійні руйнування, що підкреслювало критичну роль властивостей ізоляційного матеріалу.

Наприклад, системи з яких використовують пінополістирол, але відрізняються розчинами для базового покриття, показали незмінні результати міцності з'єднання. Примітно, що система досягла вищої міцності з'єднання через внутрішній руйнування клею. У системах пробки міцність з'єднання коливалася від 0,075 до 0,125 МПа, постійно перевищуючи міцність ізоляції на розрив.

Випробування на ударостійкість показали, що системи коркової ізоляції працюють так само, як і звичайні системи, з міцністю з'єднання, що перевищує 0,125 Н/мм<sup>2</sup>, що вказує на хорошу сумісність з базовими покриттями. Обидві системи досягли найвищої класифікації ударостійкості, продемонструвавши відмінні характеристики.

Композитні системи зовнішньої теплоізоляції з використанням пінополістиролу та ізоляційних матеріалів на основі цементу продемонстрували значення термічного опору, що перевищують 1 м<sup>2</sup>·К/Вт. Це відображає значну теплову потужність підвищення комфорту. Термічний опір було розраховано з використанням мінімальної товщини ізоляції 45 міліметрів, причому вищий опір досягається при більшій товщині.

Хоча обидві системи показали високий термічний опір, система на основі цементу помітно покращила ізоляцію повітряного звуку, досягнувши збільшення на 6 децибел порівняно з непокритими бетонними блоковими палями. Це підкреслює важливість вибору ізоляційного матеріалу для підвищення акустичних характеристик.

**Таблиця 1.5. Розрахунок теплового опору та звукоізоляції**

ETICS	Компоненти	Тепловий комфорт	Акустичний комфорт
		Тепловий опір ізоляції (м <sup>2</sup> ·К/В)	Тепловий опір ETICS (м <sup>2</sup> ·К/В)
ETICS 1	EPS	-	1.08
ETICS 2	EPS	A	1.08
ETICS 3	ICB	-	1.05
ETICS 4	ICB	A	1.05
ETICS 5	EPS	-	1.17
ETICS 6	EPS	-	1.17
ETICS 7	EPS	A	1.17
ETICS 8	EPS	A	1.17
ETICS 9	ICB	-	1.05
ETICS 10	ICB	-	1.05
ETICS 11	ICB	A	1.05
ETICS 12	ICB	A	1.05
ETICS 13	EPS	-	1.17
ETICS 14	EPS	A	1.17
ETICS 15	ICB	-	1.05
ETICS 16	ICB	A	1.05
ETICS 17	EPS	-	1.17
ETICS 18	EPS	A	1.17
ETICS 19	EPS	-	1.17
ETICS 20	EPS	A	1.17
ETICS 21	ICB	-	1.05
ETICS 22	ICB	A	1.05
ETICS 23	ICB	S	1.05
ETICS 24	ICB	-	1.05
ETICS 25	EPS	-	1.17
ETICS 26	EPS	A	1.17
ETICS 27	EPS	-	1.17
ETICS 28	EPS	A	1.17
ETICS 29	ICB	-	1.05

ETICS 29	ICB	-	1.05
ETICS 30	ICB	A	1.05
ETICS 31	ICB	AL	1.05
ETICS 32	ICB	-	1.05

Під час і після випробування вологим теплом не спостерігалось жодних дефектів, включаючи утворення пухирів або відшарування оздоблення, пошкодження ізоляційних плит або проблеми з проникненням води. Ці висновки вказують на те, що композиційні системи зовнішньої теплоізоляції показали задовільні результати та, як очікується, будуть довговічними на фасадах, які з часом вивітрюються. Тести на прискорене штучне старіння підтвердили цей потенціал, коли системи, що використовують коркову ізоляцію, продемонстрували високу стійкість до циклів тепла та вологості.

У таблиці детально описано реакцію систем на вогонь, усі класифіковані як клас E за вогнестійкістю. Важливо те, що всі системи перевищили класифікацію вогнестійкості відповідних ізоляційних матеріалів, підкреслюючи роль базового та верхнього покриттів.

**Таблиця 1.6. Тест реакції на вогонь**

ETICS	Теплоізоляція	Компоненти	Реакція на вогонь ETICS
Тип	Товщина (мм)	Основа	Фінішне покриття
ETICS 2	EPS	105	C
ETICS 4	ICB	105	A
ETICS 7	EPS	84	C
ETICS 11	ICB	84	A
ETICS 14	EPS	84	C
ETICS 16	ICB	105	A
ETICS 18	EPS	105	C
ETICS 22	ICB	105	M
ETICS 23	ICB	105	S
ETICS 26	EPS	84	C
ETICS 30	ICB	105	CL
ETICS 31	ICB	105	AL

Порівняльний аналіз систем ізоляції виявив значні відмінності в димоутворенні. Композитні системи зовнішньої теплоізоляції отримали класифікацію s1, що вказує на нижче утворення диму, тоді як пробкові системи відповідають критеріям утворення диму, що не перевищує 700% від мінімального встановленого значення.

Випробування вогнестійкості з використанням пінополістиролу та акрилових верхніх покриттів досяг класифікації s2. Результати показали, що ефективність протипожежного захисту була подібною між ізоляційними композитними плитами. На відмінності в класифікації, очевидно, впливає конфігурація систем ізоляції. Крім того, система ізоляції на основі пробки продемонструвала задовільну вогнестійкість, що підкреслює її ефективність у застосуванні протипожежної безпеки.

### **Висновок**

Композитні системи зовнішньої теплоізоляції, у яких використовуються ізольовані коркові плити, виявляють більшу довговічність, ніж ті, що використовують пінополістирол. Зростання екологічної обізнаності призвело до впровадження стійких ізоляційних матеріалів. Щоб оцінити їхні технічні характеристики, тридцять дві різні системи були оцінені на зручність використання та довговічність, порівнюючи системи з пробки та пінополістиролу.

Система з ізоляційною композитною плитою, покритою силікатною фарбою, продемонструвала мінімальне водопоглинання та чудову водостійкість. При належному покритті відповідною системою штукатурки ізоляційні композитні плити показали надзвичайну ефективність проти вологи. Коефіцієнт опору дифузії водяної пари пробкових панелей був значно нижчим, ніж у спіненого полістиролу, що сприяло кращому відведенню вологи та мінімізації ризику конденсації.

Усі системи піддалися штучному старінню за допомогою циклів вологого тепла, що призвело до відсутності дефектів і підтвердження задовільних характеристик для обох типів ізоляції. Випробування на

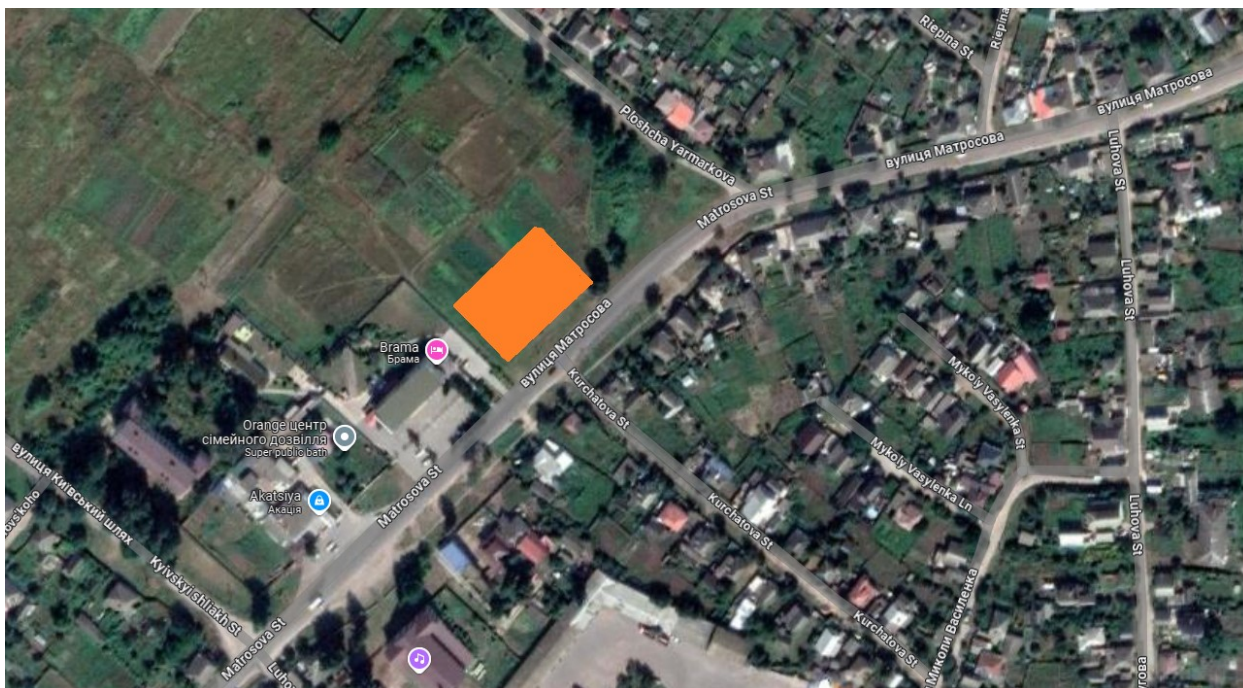
ударостійкість класифікували системи за категоріями від I до III, без помітних відмінностей між пробкою та пінополістиролом. Кілька систем ізоляційних композитних плит отримали категорію I, придатні для зон із сильним впливом.

Випробування міцності з'єднань показали, що когезійне руйнування в основному відбувалося всередині ізоляції, причому на результати значною мірою впливала міцність ізоляції на розтяг. Системи ізоляційних композитних плит продемонстрували чудову міцність з'єднань, що свідчить про ефективну інтеграцію з базовим шаром і міцну адгезію до основи.

Розрахунки термічного опору виявили значний внесок у тепловий комфорт від обох ізоляційних композитних плит і пінополістиролових систем. Акустичні вимірювання підтвердили, що системи з ізоляційними композитними плитами забезпечили покращене зниження шуму порівняно зі своїми аналогами з пінополістиролу.

## РОЗДІЛ 2. ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ

### 2.1. Ситуаційний план



**Рис. 2.1. Ситуаційний план**

Будівельний майданчик розташовано на вулиці Матросова в місті Глухів.

### 2.2. Об'ємно-планувальне рішення

Житловий будинок розрахований на горбистій місцевості характеризується холодним кліматом взимку. Дана місцевість входить до першого кліматичного поясу, де температура може опускатися до  $-26^{\circ}\text{C}$ . Габаритні розміри будівлі становлять 40,8 метра в довжину, 12,6 метра в ширину і 28,2 метра у висоту.

Він має конструктивну систему з цегляних несучих стін і пустотних плит, що забезпечує як міцність, так і теплоефективність. Будівля складається з 9 поверхів, висота кожного з яких становить 2,5 метра. Підвал, висота якого 2,1 метра, призначений для господарських потреб.

Будівля побудована таким чином, щоб витримувати місцеві умови навколишнього середовища, забезпечуючи стабільність і комфорт для мешканців регіону.

**Таблиця 2.1. Експлікація приміщень**

Номер приміщення	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>	Кат. приміщення
1	Кухня	8.40	
2	Зал	17.22	
3	Туалет	1.30	
4	Ванна кімната	2.62	
5	Спальня	12.70	
6	Комора	1.50	
7	Коридор	7.70	
8	Спальня	17.76	
9	Ванна кімната	2.62	
10	Туалет	1.30	
11	Кухня	8.40	
12	Зал	17.22	
13	Кухня	8.40	
14	Туалет	1.30	
15	Ванна кімната	2.62	
16	Ванна кімната	2.62	
17	Туалет	1.30	
18	Кухня	8.42	
19	Коридор	7.72	
20	Коридор	7.70	
21	Комора	1.50	
22	Спальня	17.76	
23	Спальня	12.70	
24	Кухня	8.40	
25	Туалет	1.30	
26	Ванна кімната	2.62	
27	Спальня	12.70	
28	Зал	17.22	
29	Комора	1.50	
30	Коридор	7.70	

31	Спальня	17.76	
32	Ванна кімната	2.62	
33	Туалет	1.30	
34	Кухня	8.42	
35	Коридор	7.72	
36	Зал	17.22	
37	Кухня	8.40	
38	Туалет	1.30	
39	Ванна кімната	2.62	
40	Ванна кімната	2.62	
41	Туалет	1.30	
42	Кухня	8.42	
43	Коридор	7.70	
44	Комора	1.50	
45	Спальня	17.70	
46	Спальня	12.70	
47	Балкон	8.29	

### **2.3. Архітектурно-конструктивне рішення**

#### **Фундаменти та основи**

Фундамент будівлі складається з пальної системи, розробленої для конкретних умов майданчика. Палі мають діаметр 400 мм і забиваються на глибину 12 метрів, яка простягається значно нижче межі промерзання 1,25 метра та рівня ґрунтових вод, що знаходиться на глибині 7 метрів. Палі розташовані на відстані одного метра одна від одної, щоб рівномірно розподілити навантаження на будівлю.

Монолітний залізобетонний ростверк має товщину 800 мм і розкидається поперек палі, з'єднуючи їх для рівномірного розподілу навантаження. Він зміцнюється сталевією арматурою діаметром 16 мм, з інтервалом 200 мм в обох напрямках. Для палі і ростверку використовується бетонна суміш високої міцності, яка підходить для великих структурних навантажень і стійкості до факторів навколишнього середовища.

Ця конструкція гарантує, що фундамент може витримувати розміри та вагу будівлі, захищаючи від морозу та проблем, пов'язаних із ґрунтовими водами, зберігаючи при цьому стабільність у різних умовах ґрунту.

### **Зовнішні, внутрішні стіни та перегородки**

Стіни будівлі побудовані з використанням цегляної кладки, обраної за її довговічністю, термічною масою та несучою здатністю. Несучі стіни мають товщину 640 мм, забезпечуючи міцну конструкцію будівлі, а також пропонуючи хорошу теплоізоляцію завдяки своїй товщині.

Для несучих стін використовується подвійний шар стандартної повнотілої глиняної цегли (250 x 120 x 65 мм). Цегляна кладка викладена за фламандською перев'язкою для підвищення як міцності, так і естетики. Між двома шарами цегли заповнено 20-міліметровий розчин цементного розчину марки М10 для зв'язування цегли та забезпечення цілісності конструкції.

Ненесучі перегородки мають товщину 120 мм і складаються з одного шару стандартної повнотілої цегли, викладеної розчином М10, достатнього для внутрішніх приміщень, де не потрібна опора на навантаження.

Для теплоізоляції зовнішні стіни обшиті плитами з пробкового дерева товщиною 50 мм. Пробку вибрано через її чудову термостійкість (R-значення приблизно 1,1 м<sup>2</sup>К/Вт), звукоізоляційні властивості та екологічність. Коркові дерев'яні плити кріпляться до зовнішньої сторони цегляних стін за допомогою механічних анкерів і клею, забезпечуючи ефективний термічний розрив для зменшення втрат тепла під час холодних зим. Поверх пробкових плит накладається паропроникна водонепроникна мембрана, яка захищає від вологи, одночасно дозволяючи стінам дихати, підтримуючи якість повітря в приміщенні та запобігаючи розвитку цвілі.

### **Покрівля**

Будівля має плоский дах, який побудований на пустотній бетонній плиті товщиною 220 мм. Ця плита служить основною структурною основою для даху, пропонуючи міцність, довговічність і здатність охоплювати великі площі без додаткової опори.

Поверх плити споруджується покрівельна система з декількох шарів для гідроізоляції, утеплення та дренажу. Пароізоляція встановлюється безпосередньо на бетонну плиту, щоб запобігти проникненню вологи в будівлю ззовні. Для цього шару використовується мембрана на основі поліетилену.

Для підвищення енергоефективності даху додається шар теплоізоляції екструдованого полістиролу, товщиною 120 мм. Ця ізоляція допомагає зменшити втрати тепла взимку та збільшення тепла влітку, сприяючи загальній тепловій ефективності будівлі.

Покрівельний матеріал це синтетична гума, встановлюється над ізоляцією для захисту будівлі від дощу та снігу. Цю мембрану зварюють щоб забезпечити безперервне водонепроникне ущільнення. Дах має незначний нахил у бік дренажів, щоб забезпечити належний стік води.

## Вікна та двері

**Таблиця 2.2. Специфікація дверних отворів**

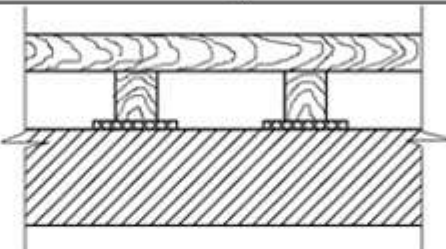
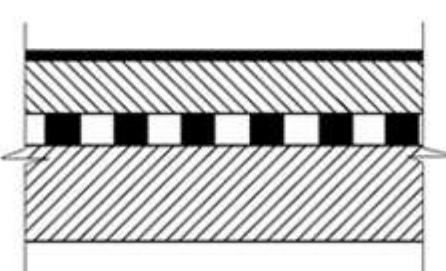
Елемент	Розміри (м)	Кількість стулок	Матеріал	Характеристики	Додаткова інформація
Міжкімнатні двері	2.0 x 1.2	1	МДФ з покриттям екошпоном	Стойкі до механічних пошкоджень, вологостійкі, звукоізоляція до 20 дБ. Двері мають ламіновану поверхню, що легко чиститься і не вимагає спеціального догляду.	Включають сучасні замки з високим ступенем безпеки та естетичні ручки з нержавіючої сталі.
Вхідні двері	2.0 x 2.4	2	Сталь з утепленням	Подвійні, з теплоізоляційним наповнювачем, коефіцієнт теплопередачі $U = 1.3$ Вт/м <sup>2</sup> ·К. Висока зламостійкість, стійкість до вандалізму.	Оснащені двома замками та броньованими петлями, забезпечують високий рівень безпеки та теплоізоляції.

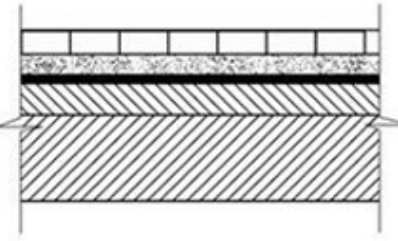
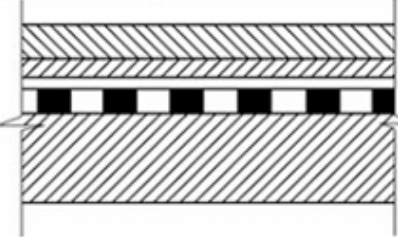
**Таблиця 2.3. Специфікація віконних отворів**

Елемент	Розміри (м)	Кількість стулок	Матеріал	Характеристики	Додаткова інформація
Вікна 1.5 x 1.2	1.5 x 1.2	2	ПВХ з двокамерним склопакетом	Стойкі до ультрафіолетового випромінювання, знижена теплопровідність, коефіцієнт теплопередачі $U = 1.1 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ . Склопакет з аргонем для підвищеної теплоізоляції.	Додаткові елементи: пластикові підвіконня, водовідведення, монтажна піна.
Вікна 1.5 x 2.4	1.5 x 2.4	3	ПВХ з двокамерним склопакетом	Підвищена енергоефективність, зручна система відкривання для вентиляції, шумопоглинання до 32 дБ. Водонепроникна конструкція та стійкість до корозії.	Включає захисні решітки, що запобігають несанкціонованому доступу.

### Покриття підлог

**Таблиця 2.4. Експлікація покриття підлог**

Найменування приміщень	Тип підлоги по проекту	Схема підлоги	Елементи підлоги та їх товщина
1	2	3	4
Житлові приміщення	дерев'яні		-з/бплита, -Прокладка з ДВП, -лага, -дошка.
Кухні та коридори	ліноліум		-з/б плита; -звукоізоляція; -гіпсобетонаплита; -ліноліум

Санвузли	керамічні		-з/б плита; -шлакобетон; -шар ребероїду або толю на бітумній мастиці; -цементний розчин; -керамічна плитка.
Сходова клітка, лоджії	мозаїчні		-з/б плита; -звукоізоляція; -водонепроникний папір; -бетон В7.5-40;

### Зовнішнє і внутрішнє опорядження

Зовнішнє оздоблення складається з штукатурки поверх цегляної кладки, створюючи гладку та витончену поверхню. Штукатурка відтінена в нейтральних, щоб гармонійно поєднуватися з цегляною та пробковою обробкою. Декоративні горизонтальні смуги додані, щоб розбити фасад і надати більш витонченого архітектурного вигляду.

У всій будівлі використовуються великі енергоефективні вікна з алюмінієвими рамами. Рами пофарбовані порошковою фарбою в темно-сірий колір для контрасту з теплими тонами. Вікна оснащені подвійним склопакетом для ізоляції, що допомагає зберегти енергоефективність будівлі під час холодних зим. Вікна мають сучасні витончені профілі з мінімалістичними рамами для максимального природного освітлення. Зовнішні двері призначені як для естетики, так і для безпеки. Головні входні двері виготовляються зі сталі з обробкою під дерево, що відповідає природним тонам будівлі.

Плоский дах обрамлений парапетною стіною, оздобленою тим самим матеріалом, що й фасад, для створення єдиного вигляду. Верхня частина парапету закрита металевою накладкою з цинку щоб захистити краї даху від проникнення води. Чіткі лінії парапету надають даху сучасний мінімалістичний вигляд.

Балкони споруджуються із залізобетонних плит, оброблених морозостійкою керамічною плиткою нейтральних тонів. Поручні виготовлені

зі сталі з порошковим покриттям, що забезпечує елегантну та сучасну естетику.

Внутрішні стіни оброблені гладкою штукатуркою, пофарбованою в нейтральні відтінки, такі як брудно-білий, світло-сірий або бежевий, щоб створити яскраве та повітряне відчуття. У деяких приміщеннях, наприклад у вітальні або передпокої, стіни можна оздобити шпоном з натурального каменю або декоративними цегляними панелями, які повторюють зовнішні матеріали, додаючи текстури та безперервності між зовнішнім і внутрішнім приміщенням.

Стелі оброблені білою штукатуркою для чистого вигляду, тоді як такі зони, як вітальня чи коридор, мають підвісні стелі з вбудованим світлодіодним освітленням та декоративні стельові молдинги для додання глибини та візуального інтересу.

Міжкімнатні двері мають суцільну основу, оздоблені дерев'яним шпоном для чистого мінімалістичного вигляду. Двері оснащені фурнітурою з нержавіючої сталі, що додає сучасний відтінок. Плінтуси та вікна виготовлені з дерева, пофарбовані в білий колір для створення різкого контрасту з кольором стін.

В інтер'єрі будівлі використовується комбінація вбудованого світлодіодного освітлення для загального освітлення та декоративних підвісних світильників у ключових зонах, таких як їдальня чи передпокій. Настінні бра використовуються в коридорах і житлових приміщеннях для створення якісного освітлення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15:2019 [Чинний від 2019-12-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2019. – 54 с. (Національні стандарти України).
2. Пожежна безпека об'єктів будівництва: ДБН В.1.1.7-2016 [Чинний від 2017-06-01]. -К: Держбуд України, 2017. – 84 с. (Національні стандарти України).
3. Благоустрій територій (зі Змінами): ДБН Б.2.2-5:2011 [Чинний від 2012-09-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2019. – 44 с. (Національні стандарти України).
4. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28:2018 [Чинний від 2019-02-28]. -К: Мінрегіонбуд України, 2018. – 7 с. (Національні стандарти України).
5. Склад та зміст проектної документації на будівництво: ДБН А.2.2-3-2014 [Чинний від 2014-10-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2014. – 10 с. (Національні стандарти України).
6. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 [Чинний від 2016-10-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2017. – 15 с. (Національні стандарти України).
7. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2016 [Чинний від 2017-10-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2016. – 13-16 с. (Національні стандарти України).
8. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018.
9. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією: ДБН В.2.6-33:2018.
10. Кам'яні та армокам'яні конструкції: ДБН В.2.6-162:2010.
11. Покриття будівель і споруд: ДБН В.2.6-220:2017
12. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги.

13. Вікна та двері: ДСТУ EN 14351-1:2020.
14. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи
15. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5-75:2013.
16. Охорона праці і промислова безпека в будівництві ДБН А.3.2-2-2009: [Чинний від 2012-04-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2012. – 53-54 с. (Національні стандарти України).
17. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2016. – 44-46 с. (Національні стандарти України).
18. Кошторисні норми України «Настанова з визначення вартості будівництва»: [Чинний від 2021-11-09]. -К: Мінрегіонбуд України, 2021. – 44-46 с. (Національні стандарти України).
19. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6- 98:2009 [Чинний від 2011-01-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2011. – 45 с. (Національні стандарти України).
20. Довідково-інформаційний збірник ресурсів та одиничних розцінок на будівельно-монтажні роботи, Суми, СНАУ – 2011 р.
21. Нормування праці та кошториси в будівництві. Суми -«Мрія – 1», 2010 , 452 с.