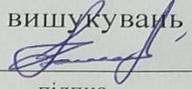


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра Архітектури та інженерних вишукувань

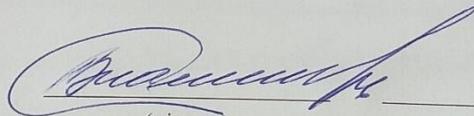
До захисту
Допускається
Завідувач кафедри
Архітектури та інженерних
вишукувань

_____ Д.С. Бородай
підпис
«10» березня 2025 р

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Застосування енергоефективних матеріалів при будівництві
адміністративної будівлі»

Виконав (ла)

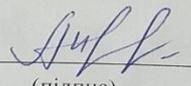

_____ (підпис)

Кісліцин В.В.
_____ (Прізвище, ініціали)

Група

БУД 2301-2 м

(Науковий) керівник


_____ (підпис)

Андрух С.Л.
_____ (Прізвище, ініціали)

Суми – 2025 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

Кісліцин Володимир Вікторович

1. Тема роботи Застосування енергоефективних матеріалів при будівництві адміністративної будівлі

Затверджено наказом по університету № 1363/авід " 8 " 05 2024р.

2. Строк здачі студентом закінченої роботи: " 10 " 03 2025р

3. Вихідні дані до роботи: Аналіз енергоефективних матеріалів, що застосовуються в будівель.

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

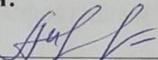
Досвід проектування енергоефективних громадських будівель. Нормативні вимоги до енергоефективності будівель. Світовий досвід будівель з нульовим енергоспоживанням. Аналіз віконних склопакетів однокамерних та двокамерних. Економічна доцільність застосування енергоефективних матеріалів та рекомендації щодо їх застосування.

5. Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)

Вашин, актуальність теми, об'єкт дослідження, предмет дослідження, мета дослідження, наукова та технічна новизна одержаних результатів, практичне значення одержаних результатів. Презентація доповіді на мультимедійному проекторі.

Завдання видав до виконання:

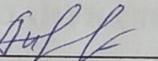
Керівник :


(підпис)

Андрух С.Л.

(Прізвище, ініціали)

Консультант:

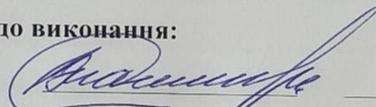

(підпис)

Андрух С.Л.

(Прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання:

Здобувач


(підпис)

Кісліцін В.В.

(Прізвище, ініціали)

ЗМІСТ

Завдання	
Анотація	
Вступ	
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ	
РОЗДІЛ 2. БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1. Історія розвитку щодо утеплення будівель	
2.2. Навіщо потрібно застосовувати енергоефективні матеріали.....	
2.3. Досвід проектування енергоефективних громадських будівель в Україні.....	
2.4. Нормативні вимоги до енергоефективності будівель	
2.5. Світовий досвід будівель з нульовим енергоспоживанням	
РОЗДІЛ 3 АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ БУДІВЛІ	
3.1. Ситуаційний план	
3.2. Об'ємно-планувальні рішення	
3.3. Архітектурно-конструктивне рішення	
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВТРАТ КРІЗЬ ВІКНА.....	
4.1. Аналіз віконних склопакетів	
4.2. Аналіз однокамерного склопакету	
4.3. Аналіз двокамерного склопакету	
4.4. Економічна доцільність застосування енергоефективних матеріалів та рекомендації щодо їх застосування	
4.5. Висновок до розділу 4	
Список використаних джерел	
Додаток	

Анотація

Кісліцін Володимир Вікторович. Застосування енергоефективних матеріалів при будівництві адміністративної будівлі – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

Робота складається із змісту, загальної характеристики роботи та її кваліфікаційних ознак, огляд досліджень за обраною темою, розділів основної частини та висновків по роботі.

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

Результати досліджень дослідити ключові методи енергоефективності будівлі та відокремлюючи їхні недоліки. Дослідити сучасні види енергоефективних матеріалів та їх характеристики. Визначити нормативні вимоги до енергоефективності адміністративних будівель. Проаналізувати вплив теплоізоляційних матеріалів на загальну ефективність будівлі. Оцінити економічну доцільність застосування енергоефективних матеріалів. Надати рекомендації щодо їх використання у будівельних конструкціях.

В основній частині розглянуті актуальні питання щодо енергоефективності будівель для регіонів із холодним кліматом. Завдяки впровадженню досліджених технологій можна досягти значного зниження витрат на опалення та кондиціонування, що сприятиме загальному зниженню енергоспоживання та поліпшенню екологічної ситуації.

Із впровадженням сучасних будівельних стандартів та законодавчих вимог щодо енергозбереження, таких як ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція будівель", енергоефективність будівлі стає не лише необхідністю, а й важливим кроком у досягненні високого класу енергоефективності будівлі. До того ж, утеплення всієї будівлі забезпечує додатковий захист конструкцій від впливу вологи та низьких температур, що значно підвищує довговічність будівлі.

У **висновках:** двокамерні склопакети також покращують акустичні характеристики приміщення, знижуючи рівень зовнішнього шуму, що є важливим для житлових будинків, розташованих у міських районах. Крім того, використання енергоефективних вікон сприяє підвищенню класу енергоефективності будівель, що позитивно впливає на ринкову вартість нерухомості та може сприяти залученню державних або приватних субсидій для енергозбереження.

Отже, вибір між однокамерними та двокамерними склопакетами повинен базуватися не лише на початкових витратах, а й на довгострокових вигодах. Для регіонів із помірним та холодним кліматом двокамерні склопакети є найбільш ефективним варіантом, що забезпечує суттєве скорочення експлуатаційних витрат та підвищення комфорту у приміщенні.

Ключові слова: дослідження будівель, утеплення будівель, енергоефективні матеріали, будівельна фізика, склопакети,.

Список публікацій: Кісліцін В.В., Андрух С.Л. Застосування енергоефективних матеріалів при будівництві адміністративної будівлі//V Міжнародної науково-практичної дистанційної конференції / SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS OF CONTEMPORARY SOCIETY (5-7 грудня 2024 р)

В додатках наведено; тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на __ сторінках, у тому числі __ таблиць, __ рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, __ розділів, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з __ використаних джерел, __ додатків на __ сторінках. Графічна частина складається з __ аркушів креслень та __ плакатів (або __ слайдів мультимедійної презентації).

Abstract

Kislitsyn Volodymyr Viktorovich. The use of energy-efficient materials in the construction of an administrative building – 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, 2025.

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 and conclusions on the work.

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

Research results to investigate key methods of energy efficiency of the building and separating their shortcomings. To investigate modern types of energy-efficient materials and their characteristics. To determine regulatory requirements for the energy efficiency of administrative buildings. To analyze the impact of thermal insulation materials on the overall efficiency of the building. To assess the economic feasibility of using energy-efficient materials. To provide recommendations for their use in building structures.

The main part considers current issues regarding the energy efficiency of buildings for regions with a cold climate. Thanks to the implementation of the studied technologies, it is possible to achieve a significant reduction in heating and air conditioning costs, which will contribute to an overall reduction in energy consumption and an improvement in the environmental situation.

With the introduction of modern building standards and legislative requirements for energy saving, such as DBN V.2.6-31:2021 "Thermal Insulation of Buildings", the energy efficiency of a building becomes not only a necessity, but also an important step in achieving a high class of energy efficiency of a building. In addition, the insulation of the entire building provides additional protection of structures from moisture and low temperatures, which significantly increases the durability of the building.

In conclusion: double-glazed windows also improve the acoustic characteristics of the room, reducing the level of external noise, which is important for residential buildings

located in urban areas. In addition, the use of energy-efficient windows contributes to an increase in the energy efficiency class of buildings, which has a positive effect on the market value of real estate and can contribute to attracting state or private subsidies for energy conservation.

Therefore, the choice between single-chamber and double-chamber double-glazed windows should be based not only on initial costs, but also on long-term benefits. For regions with a temperate and cold climate, double-chamber double-glazed windows are the most effective option, providing a significant reduction in operating costs and increased comfort in the room.

Keywords: building research, building insulation, energy-efficient materials, building physics, double-glazed windows,.

List of publications: Kislitsin V.V., Andrukh S.L. Application of energy-efficient materials in the construction of an administrative building//V International Scientific and Practical Distance Conference / SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS OF CONTEMPORARY SOCIETY (December 5-7, 2024)

The appendices include; conference abstracts, multimedia presentation slide album.

Structure of the work.

The work consists of the main text on __ pages, including __ tables, __ figures. The text of the work contains a general description of the work, __ sections, conclusions and recommendations based on the results of the work, a list of __ sources used, _ appendices on __ pages. The graphic part consists of __ sheets of drawings and __ posters (or __ slides of a multimedia presentation).

ВСТУП

Сучасні тенденції будівництва спрямовані на підвищення енергоефективності споруд, що є одним із ключових аспектів сталого розвитку. Використання енергоефективних матеріалів у будівництві адміністративних будівель дозволяє значно знизити енергоспоживання, скоротити витрати на опалення, кондиціонування та освітлення, а також підвищити рівень комфорту для працівників та відвідувачів.

В умовах зростаючих вимог до енергоефективності будівель, зокрема згідно з міжнародними та національними стандартами, зростає потреба у впровадженні сучасних теплоізоляційних матеріалів, систем рекуперації тепла, енергоефективного скління та інших технологій, що сприяють зменшенню тепловтрат. Важливу роль у цьому процесі відіграють матеріали з високими теплоізоляційними властивостями, такі як мінеральна вата, екструдований пінополістирол, полікарбонат та інші інноваційні рішення.

Мета даного дослідження – аналіз ефективності використання енергоощадних матеріалів у будівництві адміністративної будівлі, їх вплив на загальну енергоефективність споруди, економічну доцільність та відповідність сучасним екологічним вимогам. У ході роботи буде розглянуто характеристики та переваги енергоефективних матеріалів, їхню роль у зниженні експлуатаційних витрат та довговічності будівельних конструкцій.

Застосування енергоефективних технологій та матеріалів у будівництві адміністративних будівель є не лише економічно виправданим, а й екологічно необхідним кроком, що сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля та підвищенню рівня енергетичної незалежності країни.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Енергоефективність у будівництві є одним із ключових напрямків розвитку сучасної будівельної галузі. Враховуючи зростання витрат на енергоресурси та підвищення екологічних вимог, дослідження застосування енергоефективних матеріалів стає вкрай актуальним. Зменшення енергоспоживання будівель дозволяє не лише знизити фінансові витрати на їх експлуатацію, але й зменшити вплив на довкілля, що є надзвичайно важливим у контексті глобальних змін клімату.

Робота спрямована на вивчення сучасних енергоефективних матеріалів, їхніх характеристик та впливу на теплотехнічні властивості адміністративних будівель. Основною метою є розробка рекомендацій щодо вибору та застосування матеріалів для підвищення енергетичної ефективності, що сприятиме створенню комфортного мікроклімату та економії енергоресурсів.

В останні десятиліття спостерігається значне зростання уваги до енергоефективного будівництва. Основними причинами цього є:

- Високі витрати на енергоресурси, що стимулюють розробку нових будівельних матеріалів та технологій, спрямованих на зменшення теплових втрат.
- Зміни в законодавстві, що зобов'язують забудовників впроваджувати сучасні технології для зменшення енергоспоживання.
- Екологічні аспекти, адже зменшення використання традиційних джерел енергії, таких як газ та вугілля, сприяє зниженню викидів парникових газів.
- Комфортні умови проживання та роботи в енергоефективних будівлях, що покращує якість життя мешканців.

Особливу увагу слід приділити адміністративним будівлям, оскільки вони мають значні теплові навантаження через велику площу скління, використання штучного освітлення та електронного обладнання. Використання енергоефективних матеріалів у таких спорудах може призвести до значного зменшення експлуатаційних витрат.

Мета і завдання дослідження.

Мета дослідження – оцінити ефективність використання енергоефективних матеріалів у будівництві адміністративних будівель та розробити рекомендації щодо їх впровадження.

Завдання дослідження:

1. Дослідити сучасні види енергоефективних матеріалів та їх характеристики.
2. Визначити нормативні вимоги до енергоефективності адміністративних будівель.
3. Проаналізувати вплив теплоізоляційних матеріалів на загальну ефективність будівлі.
4. Оцінити економічну доцільність застосування енергоефективних матеріалів.
5. Надати рекомендації щодо їх використання у будівельних конструкціях.

Об'єкт дослідження – сучасні енергоефективні матеріали та їх застосування у будівництві адміністративних будівель.

Предмет дослідження - вплив енергоефективних матеріалів на теплотехнічні характеристики та енергоспоживання будівель.

Методи дослідження. У ході дослідження використано такі методи:

- *Аналіз літературних джерел та нормативних документів* – для оцінки сучасних вимог до енергоефективності будівель.
- *Математичне моделювання* – для розрахунку теплових характеристик будівельних матеріалів.
- *Експериментальні дослідження* – для оцінки теплоізоляційних властивостей матеріалів.
- *Порівняльний аналіз* – для визначення оптимальних матеріалів з урахуванням вартості та експлуатаційних характеристик.

Наукова та технічна новизна одержаних результатів. У процесі дослідження отримано такі нові результати:

- Визначено вплив сучасних матеріалів на енергоспоживання адміністративних будівель.

- Розроблено рекомендації щодо оптимального поєднання матеріалів для зниження теплових втрат.
- Досліджено ефективність застосування комбінованих рішень у будівництві енергоефективних будівель.

Практичне значення одержаних результатів. Практичні результати можуть бути використані:

- У проектуванні та будівництві нових адміністративних будівель.
- Для реконструкції та модернізації існуючих споруд.
- При розробці національних стандартів та нормативних документів.
- У розрахунках економічної доцільності застосування енергоефективних матеріалів.

Завдяки впровадженню досліджених технологій можна досягти значного зниження витрат на опалення та кондиціонування, що сприятиме загальному зниженню енергоспоживання та поліпшенню екологічної ситуації.

Апробація та публікація результатів роботи. Кісліцін В.В., Андрух С.Л. Застосування енергоефективних матеріалів при будівництві адміністративної будівлі//V Міжнародної науково-практичної дистанційної конференції / SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS OF CONTEMPORARY SOCIETY (5-7 грудня 2024 р)

РОЗДІЛ 2. БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Історія розвитку щодо утеплення будівель

Первісні методи утеплення. Починаючи з давніх давен люди прагнули захищати свої оселі від холоду у взимку та спеки у літку. Так первісні будівлі того часу будувалися з природніх матеріалів даної місцевості де будівництво проводиться. При цьому також застосовувалися теплоізоляційні матеріали з відповідними фізико-механічними властивостями. Отже коли будівництво будинку будувалося у холодних кліматичних умовах використовували снігові укриття, а при будівництві у помірних широтах застосовували будівельні матеріали такі як: глину, дерев'яні та солом'яні будівлі. Так завдяки в певним властивостям глини та дереву мають властивість накопичувати тепло та поступово його віддавати, що таким чином може забезпечувати певний рівень комфорту.

Античні матеріали та технології. В стародавні епохи Єгипту, Греції та Римі (рис.1) поступово розвивалося будівельні технології, що враховували термоізоляційні властивості матеріалів. На той час широке розповсюдження отримали такі матеріали як: камінь, цегла-сирець та вапняковий розчин. Значний технологічний стрибок стався при застосуванні бетону, вони змогли завдяки додавання у бетон, вулканічного попелу, що надавав йому міцності та довговічності.

Середньовіччя та початок використання органічних утеплювачів. У середньовічній Європі почали все активніше використовувати дерев'яні каркасні конструкції з глиняним заповненням, що також мають позитивні теплоізоляційні характеристики. Так щодо теплоізоляційних матеріалів які отримали розповсюдження, а саме: мох, солома та шерсть.

Промислова революція та поява перших теплоізоляційних матеріалів. В зв'язку із розвитком промисловості у XIX столітті починається стрімке вдосконалення будівельних матеріалів. З'являються перші спроби створення штучних будівельних утеплювачів. Утеплення приміщень може бути досягнуто за рахунок подвійним стінам, які заповнені шлаком, тирсою або корою. Вже у другій половині XIX століття починається активне використання мінеральної

вати, яка виготовлялася з розплавленого базальту або шлаку. Завдяки цьому матеріалу отримали чудові теплоізоляційні властивості, який в подальшому став одним із перших промислових утеплювачів.

XX століття – ера синтетичних матеріалів. XX століття отримало значний стрімкий розвиток будівельних технологій та появою нових сучасних видів утеплювачів. Так вже 1930 році було отримано новітній матеріал пінополістирол. Завдяки своїм характеристикам і теплопровідним та іншим властивостям легкості, що дозволило широко застосовувати для утеплення будівель. Вже у другій половині XX століття було розроблено ще кілька синтетичних утеплювачів серед яких:

- Екструдований пінополістирол – матеріал із покращеними механічними характеристиками та вологостійкістю.
- Пінополіуретан – легкий матеріал з високими теплоізоляційними властивостями.
- Скловата – покращений варіант мінеральної вати, який отримав широке поширення в будівництві.

В цей період починають дуже активно застосовуватися комбіновані системи утеплення, зокрема вентилявані фасади та тришарові панелі з утеплювачем.

Сучасні тенденції та екологічні утеплювачі. Новітній етап щодо розвитку теплоізоляційних матеріалів спрямовує на підвищення енергоефективності та екологічності будівель. XXI століття показало, що з розвитком технологій набули популярності натуральні утеплювачі, такі як:

- Ековата (на основі целюлози);
- Конопляні та льняні утеплювачі;
- Пробкові плити.

Паралельно з цим розробляються нанотехнологічні утеплювачі, такі як аерогелі, які забезпечують мінімальну теплопровідність при дуже малій товщині шару.

Перспективи розвитку. Майбутнє утеплювачів – це поєднання ефективності, довговічності та екологічності. Очікується подальший розвиток біорозкладних та енергоефективних матеріалів, зокрема утеплювачів на основі водоростей,

мікроорганізмів та вторинної сировини. В таблиці 1 наведені етапи розвитку енергоефективні матеріали.

Таблиця 1. Етапи розвитку енергоефективних матеріалів

№ п.п.	Період	Основні матеріали	Ключові технології
1	Первісні часи	Глина, дерево, сніг, мох, солома	Природні матеріали
2	Античність	Камінь, цегла-сирець, гіпокаустичні системи	Використання бетонних конструкцій, гіпокаусти
3	Середньовіччя	Дерево, солома, шерсть, мох	Каркасні конструкції, натуральні утеплювачі
4	XIX століття	Мінеральна вата, шлаковий утеплювач	Штучні утеплювачі, багатошарові конструкції
5	XX століття	Пінополістирол, пінополіуретан, скловата	Синтетичні матеріали, пінопласти
6	XXI століття	Ековата конопляні утеплювачі, аерогелі	Енергоефективні утеплювачі, нанотехнології

Таким чином, історія розвитку утеплювачів демонструє постійне прагнення людства до створення матеріалів, які дозволяють мінімізувати тепловтрати та зменшувати енергоспоживання будівель, що є ключовим аспектом у досягненні енергоефективності та сталого розвитку (рис.2).



Рис. 1. Історія розвитку енергоефективних матеріалів

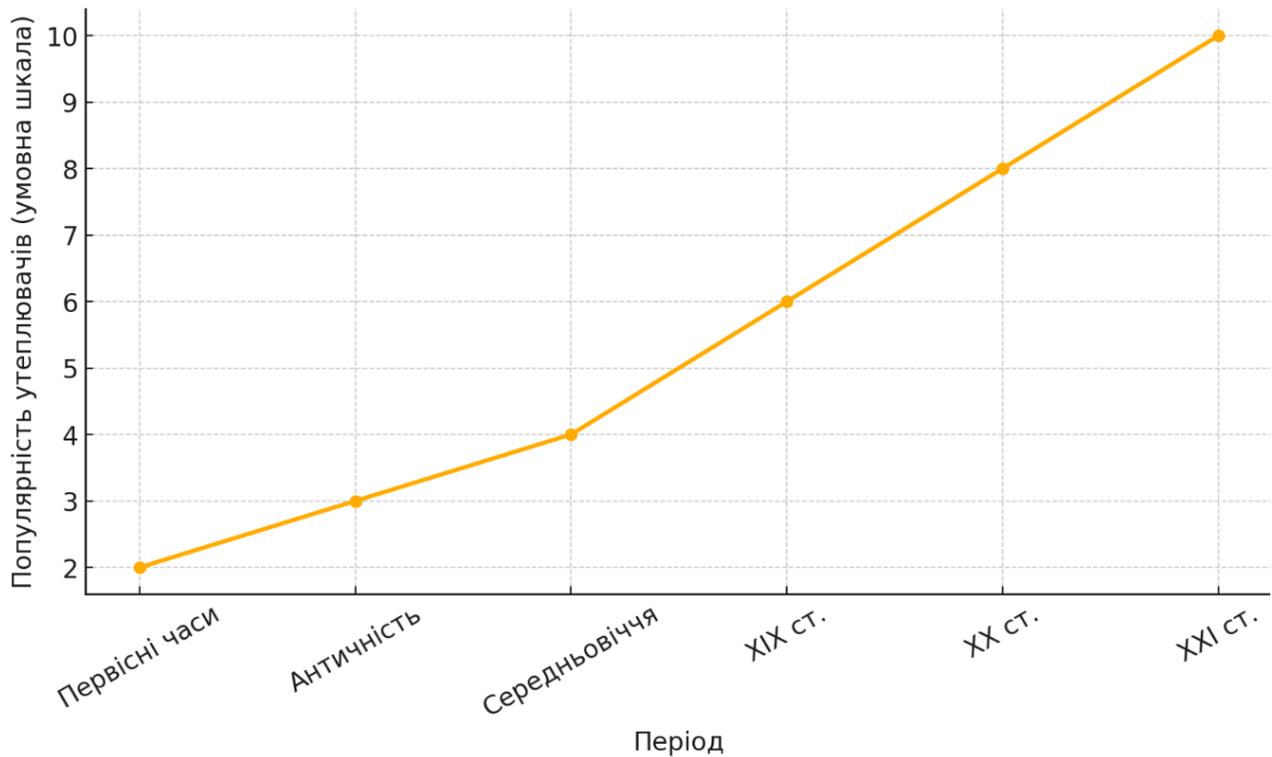


Рис. 2. Зростання популярності у теплових систем у різні періоди

2.2. Навіщо потрібно застосовувати енергоефективні матеріали

Енергоефективні матеріали в будівництві та реконструкції будівель стають дедалі актуальнішими в сучасних умовах. Зростання вартості енергоресурсів, необхідність скорочення викидів парникових газів та покращення комфорту проживання стимулюють використання матеріалів, що сприяють зменшенню втрат енергії. В своїй роботі розглядаю переваги щодо застосування енергоефективних матеріалів, їх основні типи, економічні аспекти, а також їх вплив на довкілля.

Зниження витрат на опалення та кондиціонування

Однією з ключових переваг використання енергоефективних матеріалів є суттєве зменшення витрат на опалення взимку та кондиціонування влітку. Завдяки високим теплоізоляційним властивостям матеріали сприяють утриманню тепла в приміщенні, що дозволяє скоротити споживання енергії та зменшити вуглецевий слід.

Підвищення комфорту для адміністративних будівель

Завдяки використанню енергоефективних матеріалів у будівництві можна значно покращити мікроклімат у приміщенні. Це сприяє створенню стабільної температури, відсутності протягів і підвищенню акустичного комфорту.

Довговічність і зниження витрат на обслуговування

Багато енергоефективних матеріалів мають високу міцність, стійкість до впливу вологи, грибків, ультрафіолетового випромінювання. Це забезпечує довгий строк експлуатації будівлі без значних витрат на ремонти та обслуговування.

Екологічна безпека

Зменшення споживання енергії знижує кількість шкідливих викидів у атмосферу. Використання природних і вторинно перероблених матеріалів сприяє збереженню природних ресурсів і зниженню екологічного навантаження.

Теплоізоляційні матеріали

Теплоізоляція є основою енергоефективного будівництва. Найпоширеніші матеріали:

- Мінеральна вата – має гарні теплоізоляційні властивості, стійка до високих температур.
- Пінополістерол (EPS і XPS) – легкий, вологостійкий, ефективний для утеплення фасадів, дахів, підлог.
- Ековата – екологічний матеріал з переробленого паперу з добавками для стійкості до вологи і вогню.

Енергоефективні вікна і двері

Сучасні вікна з багатокамерними профілями із ПВХ або алюмінію, а також енергоефективне скло (із селективним покриттям або аргоном між склопакетами) допомагають значно зменшити тепловтрати.

Високотехнологічні будівельні матеріали

- Фасадні системи з утепленням – вентилявані фасади, мокрі фасадні системи (СФТК).
- Теплоакумуючі матеріали – спеціальні бетонні і цегляні конструкції, що накопичують тепло.

- Рефлексивні покриття – допомагають зменшити перегрівання приміщень у спекотний період.

Економічний аспект енергоефективних матеріалів

Хоча енергоефективні матеріали мають вищу початкову вартість, вони швидко окупаються за рахунок скорочення витрат на опалення та охолодження.

Підвищення ринкової вартості нерухомості

Будівлі з високими показниками енергоефективності мають більшу привабливість для інвесторів та покупців, оскільки вони передбачають менше витрат на експлуатацію.

Вплив на довкілля

Енергоефективне будівництво сприяє скороченню викидів CO₂, зменшенню споживання невідновлюваних енергоресурсів та розвитку концепції "зеленого" будівництва.

Якщо робити висновок до вище сказаного то можна таким чином додати наступне. Використання енергоефективних матеріалів у будівництві та реконструкції є важливим кроком на шляху до сталого розвитку. Це дозволяє не лише знизити витрати на енергію, а й підвищити комфорт проживання, покращити екологічну ситуацію і збільшити довговічність будівель. Отже, вибір енергоефективних матеріалів є стратегічно важливим рішенням для майбутнього будівництва.

2.3. Досвід проектування енергоефективних громадських будівель в Україні

Завдяки активному впровадженню енергоощадних технологій у деяких випадках приватного будівництва, а також реалізації державних програм у цьому напрямку, в Україні почали з'являтися порівняно компактні комерційні споруди, в проектах яких передбачено використання екологічних технологій.

Особливо цікаві з точки зору архітектурних рішень такі громадські комерційні будівлі, як готель "Ковчег" у Карпатах, бізнес-центр "Оптіма Плаза" у Львові та офіс продажів житлового комплексу Roetica "Стала Континуальність" у Києві.

Енергонезалежний готель «Ковчег», зведений у Карпатах у 2014 році (рис. 3, а), був спроектований із застосуванням екологічних рішень для збереження енергії та використання відновлюваних джерел ще на етапі проектування. Будівля отримала екологічний сертифікат відповідно до стандарту ISO 14024. Конструкція готелю повністю виконана з деревини, покритої натуральним бджолиним воском. Електропостачання забезпечується трьома вітрогенераторами та шістьма сонячними панелями загальною потужністю 6кВт, а гаряче водопостачання – завдяки 70 вакуумним трубкам сонячних теплових колекторів.



а



б



в



г

Рис.3. Готель «Ковчег» у Карпатах (а); багатофункціональний комплекс у Вінниці (б); бізнес – центр «Оптіма Плаза» у Львові (в); офіс продажів житлового кварталу Roetisa «Стала Континуальність» у Києві (г)

Система енергозабезпечення побудована так, що в разі різкого зниження генерації електроенергії (за відсутності вітру чи за хмарної погоди) автоматично активується резервний дизельний генератор. Усередині приміщення

використано енергоефективне освітлення – люмінесцентні та світлодіодні лампи. Водопостачання здійснюється через змішувачі з водозберігаючими насадками, що забезпечують рівномірний розподіл води за допомогою дрібнодисперсного дифузора.

Бізнес-центр “Оптіма Плаза” у Львові, розроблений архітектурним бюро “Архіматика” (рис. 4), відкрився у 2016 році. Його загальна площа становить 18,8 тис. м². Будівля відповідає найвищим сучасним стандартам енергоефективності та раціонального використання ресурсів, що підтверджується міжнародним сертифікатом BREEAM In-Use International.



Рис. 4. Інноваційний парк на півострові Собаче гирло

При проєктуванні комплексу враховувалася орієнтація щодо сторін світу. Архітектурна композиція розділена на три виступаючі секції (ризаліти), що надають фасаду динамічності та допомагають зменшити візуальну монотонність. Торцеві фасади облицьовані металевими панелями, тоді як північний і південний – мають панорамне скління, створюючи ефект “обгортання форми”.

На стилобатній частині даху між ризалітами облаштовані просторі тераси з озелененням, де висаджено живі дерева. Велике панорамне скління південного фасаду захищене горизонтальними металевими ламелями системи затінення, що забезпечують комфортний мікроклімат: улітку вони захищають приміщення від перегріву, а взимку сприяють кращому проникненню сонячного світла. Такі ж ламелі встановлені і на торцевих фасадах будівлі.

На даху бізнес-центру розміщені сонячні колектори та чилер із тепловими насосами, які забезпечують підігрів води та кондиціонування повітря в теплу пору року. Паркувальний рівень має два рівні: підземний та відкритий на рівні першого поверху, з боку внутрішнього двору. Для природної вентиляції стилобатний фасад паркінгу оздоблено металевою сіткою, що дозволило зменшити витрати на встановлення системи димовидалення.

Будівля оснащена системами автоматизації та диспетчеризації інженерних мереж, контролем доступу, функцією “консьєрж-сервіс”, а також сучасними комунікаційними технологіями: цифровим телефонним зв’язком, клімат-контролем, ергономічними сонцезахисними робочими місцями. Додатково передбачено криту велопарковку та цілодобову охорону. На території паркінгу встановлено три зарядні станції для електромобілів.

У 2018 році Dmytro Aranchii Architects розробили концепцію “зеленого” офісу продажів житлового кварталу Poetica під назвою “Стала Континуальність” (рис. 3, г). Візуально будівля нагадує масштабний пандус із озелененим дахом. Окрім зовнішнього озеленення, рослини інтегровані й у внутрішній простір, що дозволяє створити гармонійне поєднання архітектури та природи в будь-яку пору року.

Зелений дах сприяє формуванню комфортного простору для відпочинку відвідувачів та персоналу офісу. Фундамент будівлі виконаний із геопаль, що мінімізує вплив на природне середовище. Каркас має розбірну конструкцію, що спрощує монтаж і демонтаж, дозволяючи швидко змінювати місце розташування об’єкта.

Завдяки своєму дизайну зелений дах виконує кілька функцій: знижує рівень шкідливих викидів, зменшує навантаження на міську систему водовідведення, а також запобігає перегріву офісу в літній період. Легка модульна конструкція відповідає побажанням замовника, оскільки її можна демонтувати та повторно встановити з мінімальними витратами й ушкодженнями.

2.4. Нормативні вимоги до енергоефективності будівель

Енергоефективність будівель є одним із ключових напрямів у сучасному будівництві, що сприяє зменшенню енергоспоживання, зниженню викидів парникових газів і підвищенню комфорту проживання. Вимоги до енергоефективності регламентуються національними та міжнародними нормативними документами, такими як ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція будівель", Директива ЄС 2010/31/EU "Про енергетичні характеристики будівель" та інші.

Українські нормативні акти

- ДБН В.2.6-31:2021 – визначає вимоги до теплової ізоляції будівель.
- Закон України "Про енергетичну ефективність будівель" – регулює питання енергетичної сертифікації будівель.
- ДСТУ Б EN 15217:2011 – встановлює методологію розрахунку енергетичної ефективності будівель.

Європейські та міжнародні стандарти

- Директива 2010/31/EU – зобов'язує країни ЄС забезпечувати будівництво будівель з майже нульовим споживанням енергії.
- EN 13790 – встановлює методи розрахунку енергетичних потреб будівель.

Вимоги до енергоефективності та відповідні коефіцієнти тепловтрат.

Основні показники енергоефективності будівель визначаються за коефіцієнтами теплопередачі конструкцій.

Таблиця 2. Граничні значення коефіцієнтів теплопередачі

Елементи огорожувальної конструкції	Граничне значення (Вт/м ² К)
Зовнішні стіни	0,3 – 0,5
Покрівля	0,2 – 0,3
Вікна та двері	0,8 – 1,2

Класи енергоефективності

Енергоефективність будівель класифікується за рівнем енергоспоживання:

- А (дуже висока ефективність) – <50 кВт·год/м²·рік
- В (висока ефективність) – 50-100 кВт·год/м²·рік
- С (задовільна ефективність) – 100-150 кВт·год/м²·рік
- D (низька ефективність) – >150 кВт·год/м²·рік

Використання теплоізоляційних матеріалів

Теплоізоляція є основним способом зниження тепловтрат. На рисунку 5 представлено вплив товщини утеплювача на втрати тепла.

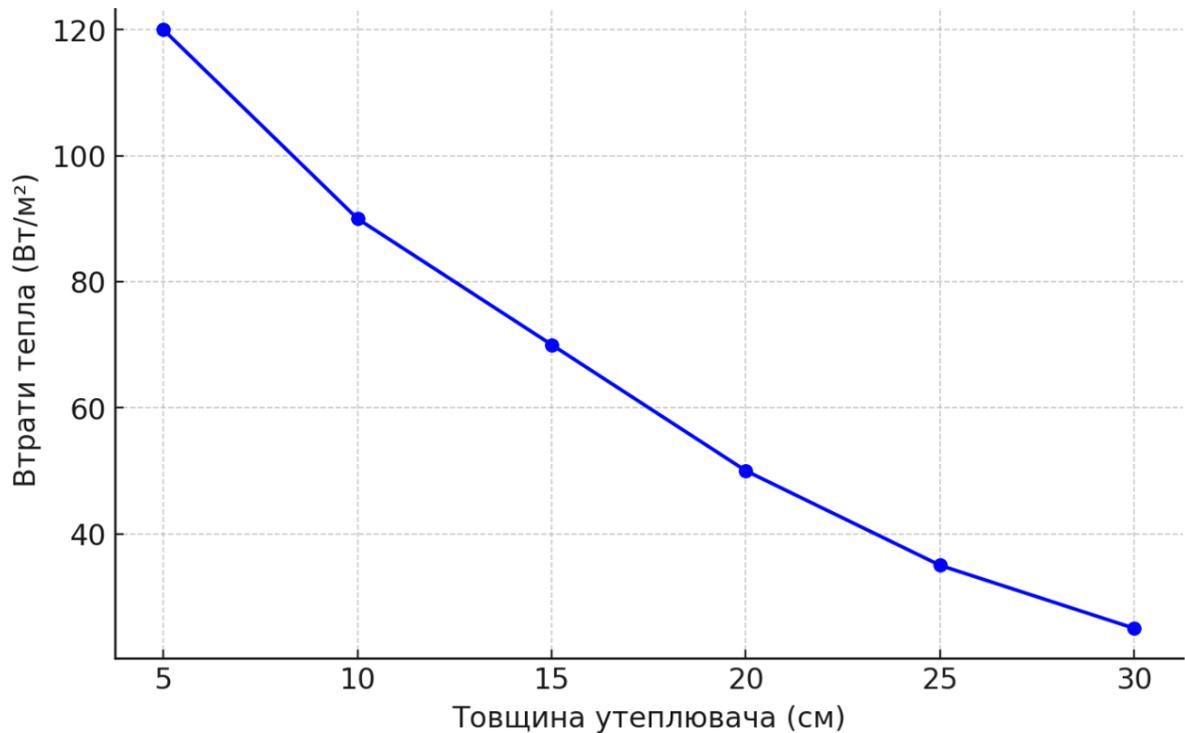


Рис. 5. Графік впливу товщини утеплювача на тепловтрати

Використання вентиляції з рекуперацією тепла

Системи рекуперації дозволяють зменшити втрати тепла через вентиляцію. Ефективність рекуператорів може досягати 80-90% (рис. 6).

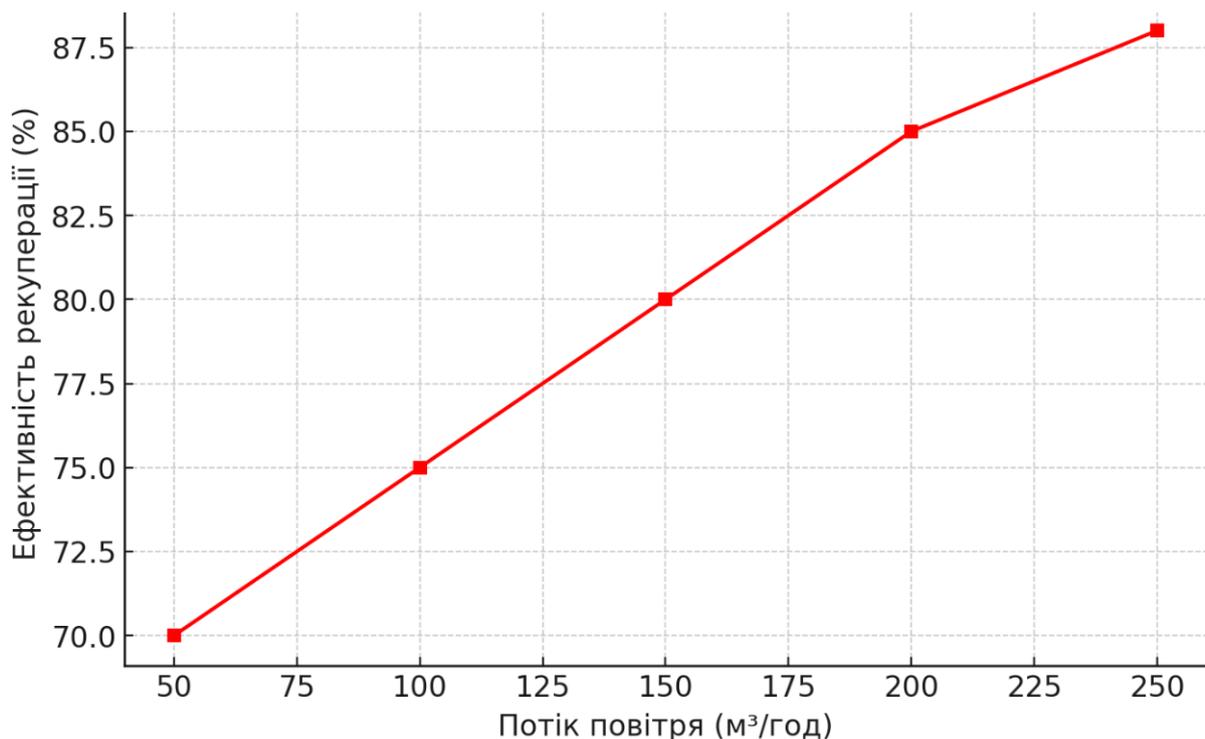


Рис. 6. Ефективність рекуператора в залежності від потоку повітря

Впровадження відновлюваних джерел енергії

Сонячні панелі, теплові насоси та геотермальні системи дозволяють значно зменшити споживання традиційних енергоресурсів.

Таблиця 3. Ефективність матеріалів щодо утеплення

№ п.п.	Матеріал	Коефіцієнт теплопровідності, (Вт/м ² К)	Необхідна товщина, см
1	Мінеральна вата	0,035	10,0
2	Екструдований пінополістирол	0,03	8,5
3	Пінополіуретан	0,025	7,0
4	Газобетон	0,12	34,0
5	Цегла	0,5	142,0

Отже для того щоб виконувати нормативні вимоги до енергоефективності потрібно зменшити витрати на опалення та кондиціонування, покращити комфорт у приміщеннях і знизити негативний вплив на довкілля. Впровадження енергоефективних технологій та матеріалів і сприятиме розвитку сталого будівництва в Україні.

2.5. Світовий досвід будівель з нульовим енергоспоживанням

Європейський досвід щодо будівель які можуть забезпечити біля 40% мирового використання енергії. Зростаючий попит щодо будівель із нульовим енергоспоживанням має сучасні ідеальні пропозиції. Завдяки цим рішенням будівлі мають знизити споживання енергії яку вони зараз споживають. По перше будівлі з нульовим енергоспоживанням – це є майбутнє щодо сталої архітектури, а також проектування сучасних енергоефективних будівель. Європейські країни планують до 2050 року виконати роботи по модернізації сотні мільйонів будівель зробивши з нульовим енергоспоживанням. Це велике завдання для переоснащення будівель в країнах Європи (рис. 7).



Рис. 7. Модернізація будівель Європи з нульовим енергоспоживанням

Так у Міжнародній агенції з енергетики планують провести модернізацію близько 20% існуючих будівель до 2030 року. Це є головною метою для лідерів країн Європи з модернізації будівель. Будівлі з нульовим енергоспоживанням є ключовими щодо досягнення поставленої мети, за рахунок чого скоротиться використання енергії та відповідно і викидів у навколишнє середовище. Отже будівельний сектор ЄС має приблизно до 36% викидів вуглекислого газу. Цей відсоток великий за рахунок побудованих будівель до 1970-х років, що становить близько 66% будівель. Європейські програми спрямовані на скороченні споживання енергії та викидів, завдяки чому сучасна модернізація може добре відіграти велику роль у цьому процесі. Європейські країни планують потратити на сучасну модернізацію один мільярд євро протягом десяти років. Завдяки цим інвестиціям виконують модернізацію будівель та розвину ініціативу зелена будівля. Завдяки практичним процесам сталого будівництва у сфері будівництва і європейських будівельних норм має стійке будівництво і ціль модернізації буде зростати табл.4.

Таблиця 4. Потреба у модернізації будівель у країн Європи.

Країна	Відсоток будівель, побудованих до 1960 року
Данія	Високий
Швеція	Високий
Франція	Високий
Німеччина	Високий
Польща	Високий
Іспанія	Високий
Португалія	Високий
Італія	Високий

Якщо поглянути на таблицю 4, то можна одразу наголосити те, що після другої світової війни країни Європи мали значні пошкодження будівель. Почалось повне відновлення будівель або будівництво нових одразу після війни. Центральні частини міст мали щільну забудову і невелику поверховість будівель того часу.

Так у нас час XXI століття з'явилися все нові матеріали та відповідно стали жорсткими до будівництва нормативні акти та документи щодо будівель з нульовим енергоспоживанням і цей процес навіяний сьогоднішнім часом.

Застосування сучасних будівельних матеріалів може отримати вирішальне значення у проектуванні будівель з нульовим енергоспоживанням. Природні матеріали мають не тільки менший вплив на природне середовище, аніж звичайні екологічно чисті будівельні матеріали. Ці матеріали також допомагають в енергоефективності завдяки будівельним матеріалам, що в свою чергу допомагають в енергоефективності будівельних об'єктів. Застосовуючи природні будівельні матеріали, дизайнери та конструктори таким чином допомагають докільку зменшувати викиди вуглецю. Та закладати екологічні фактори щодо мешканців будинків так і для природнього середовища. Окрім того, що сучасні природні ізоляційні матеріали, наприклад целюлоза або інші матеріали із вторсировини допомагають отримати чудові енергоефективні рішення з приводу ізоляції будівель. Завдяки матеріали отримуються не токсичність, мають свої індивідуальні фізико-хімічні властивості щодо ізоляції будівель.

Наприклад піонером щодо енергоефективності будівель стала Німеччина. Для цього вона спрямувала на оновлення старих будівель сучасні екологічно чисті матеріали, щоб використовувати менше енергії (рис.8).



Рис. 8. Модернізація будівель в Німеччині з нульовим енергоспоживанням

Приклади щодо досвіду будівель з нульовим енергоспоживанням. По всьому світу вже збудовано чимало будівель, що досягають стандарту нульового або близького до нуля енергоспоживання. Наприклад, дослідницький офісний центр NREL (Research Support Facility) у США – 20-тисячний офіс, що спроектований із наднизьким споживанням і оснащений сонячною електростанцією 1,6 МВт на даху, завдяки чому будівля покриває 100% своїх енерговитрат протягом року. В ньому реалізовано товстий утеплений бетонний каркас для термоакумуляції, 70 миль труб для радіаційного опалення/охолодження, а також transpired solar collectors (перфоровані сонячні повітряні колектори) для підігріву вентиляції. Інший приклад – Центр сталих ландшафтів Phipps в Піттсбурзі, який спочатку зменшив своє енергоспоживання на ~50% через пасивні рішення (орієнтація, оптимальна ізоляція, LED-освітлення, тощо), а тоді покрив залишок потреб сонячними панелями, досягнувши статусу Net Zero Energy. У Європі відомий приклад – офісний будинок “Bullitt Center” у Сіетлі, який називають одним з “найзеленіших” у світі: він має широкі навіси даху, вкриті сонячними батареями, систему збору дощової води, компостування відходів та повністю працює без зовнішніх енергоресурсів. В Україні концепція NZEB також поступово

впроваджується – діють нормативи щодо будівель з близьким до нульового енергоспоживання (ДБН В.2.6-31:2021), і зведено декілька демонстраційних пасивних будинків. Оскільки регуляторні вимоги стають більш жорсткими, вже найближчим часом усі нові громадські будівлі мають проектуватися як енергоощадні або й з нульовим балансом. Зокрема, в ряді країн впроваджуються зобов'язання: наприклад, у США постановлено, що після 2030 року всі нові федеральні будівлі площею >25 тис. м² повинні бути спроектовані та збудовані як Net Zero. Приклади будинків наведені далі.



Рис. 9. Будівля Унісфери з нульовим

Унісфера розташована (рис.9) у місті Сільвер-Спрінг, штат Меріленд, і є однією з найбільших споруд у світі з нульовим споживанням енергії.

Її головна мета — забезпечити розробку необмеженої кількості органів для трансплантації для пацієнтів, які цього потребують.

Об'єкт застосовуватиме різноманітні технології використання відновлюваної енергії, зокрема високоефективні сонячні батареї, геотермальну енергетику, електрохромне скло, природне освітлення та інтегровану систему автоматизації будівель.

Відповідно до офіційного сайту Унісфери, проект має отримати щонайменше срібний сертифікат LEED від Ради екологічного будівництва США, проте команда прагне досягти ще вищого рівня.



Рис.10. Будинок Ньютон Грін DBS

Будівлі в Сінгапурі (рис.10) є джерелом 20% усіх викидів вуглекислого газу в країні, що підкреслює важливість зведення більшої кількості споруд із нульовим рівнем викидів для ефективної боротьби зі змінами клімату.

Однією з нових екологічних будівель є Newton Green від DBS, яка стала 19-ю в національному переліку споруд із нульовим енергетичним балансом.

Будівлю було оновлено, зокрема, встановлено сонячні панелі на даху та впроваджено енергоефективні прилади, що дозволило їй досягти стану нульового чистого споживання енергії.

Додатково застосовані екологічні технології, наприклад, під'їзні доріжки, виготовлені зі суміші неперероблюваного пластику та переробленого асфальту, що сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля.



Рис.11. Плавучий офіс Роттердам

Плавучий офіс Роттердам, розташований у Нідерландах, об'єднує три офіси, серед яких і нова штаб-квартира Powerhouse Company — компанії, яка розробила цей проект (рис.11). Будівля спирається на бетонний понтон, що повністю відповідає її назві, адже вона дійсно плаває.

Ця триповерхова конструкція з деревини створена з урахуванням принципів екологічності, тому в майбутньому її можна буде повторно використати або переробити. На даху FOR встановлені сонячні панелі, а система охолодження працює завдяки використанню води, що надходить з-під будівлі.



Рис. 12. Будівля Актив-Штадхаус

У Франкфурті, Німеччина, багатоповерховий житловий комплекс Aktiv-Stadthaus (рис.12) є не просто будівлею з нульовим споживанням енергії, а справжнім енергоефективним об'єктом. Це означає, що споруда виробляє більше енергії, ніж споживає протягом року.

Система сонячного теплопостачання забезпечує підігрів води та повітря всередині будівлі, а в квартирах встановлені вентиляційні установки з функцією рекуперації тепла.

На даху Aktiv-Stadthaus розташована високопродуктивна фотоелектрична система, здатна генерувати до 251 кВт·год електроенергії.



Рис. 13. Будівля SCGZero+

Будівлю SCGZero+ (рис. 13) заклали в січні 2021 року в Шанхаї, Китай. За даними компанії dB(A), яка займається її розробкою, цей об'єкт стане першою офісною будівлею, що відповідатиме концепції "5Zero".

Це означає, що споруда матиме нульовий рівень викидів вуглецю, нульове споживання води, нульовий баланс енергії, нульові відходи та повну відсутність формальдегіду.

SCGZero+ розрахована на приблизно 400 співробітників і прагне досягти найвищих екологічних сертифікацій, зокрема LEED, BREEAM, WELL, China 3Star і China Healthy Building.

Цей приклад демонструє, що досягнення нульового енергоспоживання вже сьогодні є цілком реальним, за умови грамотного проектування та вкладень у енергоефективні матеріали й технології.

На (рис. 14) зображено житлову будівлю, оснащену сонячними панелями на даху, що є одним із ключових факторів у забезпеченні енергонезалежності споруди.



Рис. 14. Багатоквартирна будівля з встановленими на даху сонячними панелями (Лос-Анджелес, США). Сонячні фотоелектричні панелі генерують електрику, компенсуючи споживання з мережі, що є необхідною умовою для будівель з нульовим енергоспоживанням.

РОЗДІЛ 3. АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ БУДІВЛІ

3.1. Ситуаційний план

Будівля, що вже побудована має три поверхи і має форму в плані у вигляді прямокутника. Будівництво Сумського обласного академічного театру для дітей та юнацтва було розпочато у 1907 році. План під забудову було сформовано ще 1900 році для міста Суми (рис.15). Загальний вигляд будівлі зображено на (рис.16).

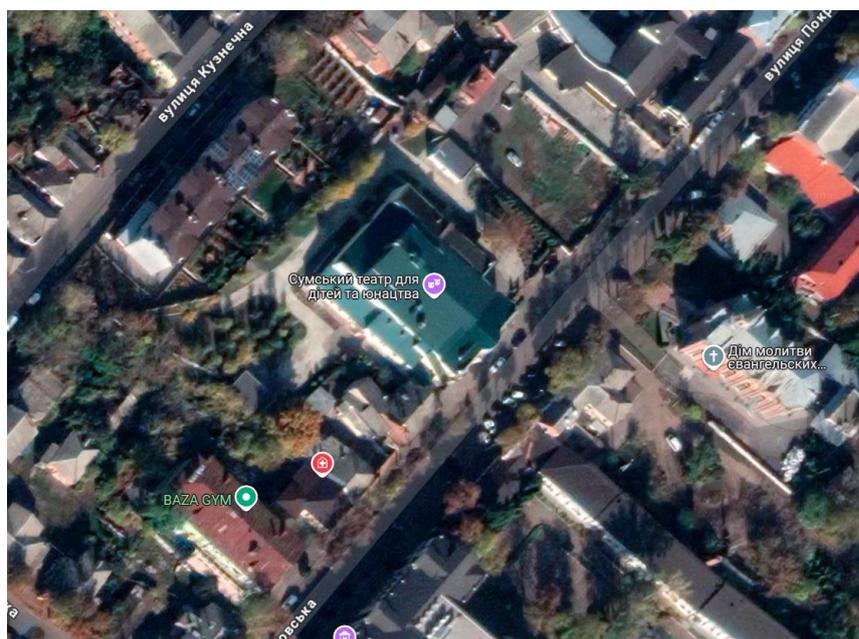


Рис. 15. Ситуаційний план



Рис. 16. Фасад будівлі Сумського театру для дітей та юнацтва

Відповідно до пожежної безпеки є передбачення щодо пожежних відстаней між будівлями. Під час розробки генерального плану здійснювалося розміщення будівель на території майбутньої забудови з урахуванням їх функціонального призначення, орієнтації відносно сторін горизонту, напрямку домінуючих вітрів, рівня освітленості сонячним промінням, специфіки рельєфу та наявних споруд. Ділянка, відведена для зведення багатоповерхового житлового будинку, гармонійно вписана в міський ландшафт Сум. Рельєф місцевості рівнинний, із незначним ухилом у західному напрямку, а основний напрямок вітрів – східний. Підземні води мають рівень такі межі у абсолютних висотах 148 – 149 метрів, і вони відносяться до флювіогляціальних відкладень. Вертикальне планування здійснено з урахуванням особливостей наявного рельєфу. Рельєф ділянок сформовано за допомогою проектних горизонтальних ліній, з урахуванням природних умов, будівельних стандартів, вимог до організації водовідведення з поверхні, а також розташування доріг, інженерних мереж і комунікацій. Для забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов на території заплановані заходи з озеленення та благоустрою, що включають посадку дерев і кущів, облаштування газонів та пішохідних зон. Для зручності пішохідного руху передбачено тротуари та пішохідні доріжки. Генеральний план території розроблений із зонуванням ділянки на окремі функціональні зони. Відведення поверхневих вод реалізується за рахунок спланованої поверхні з напрямком в низини рельєфу, використовуючи поздовжні

та поперечні ухили доріг, майданчиків і газонів. Дощові води з території відводяться за допомогою ухилів доріг і майданчиків до системи дощової каналізації запроектованого кварталу.

Будівля є односекційною з розмірами в осях 27,18 м × 48,0 м, висота поверху становить перемінне 2,40м, 2,74м, 3,40м, 5,93м, 10,8м, 12,5м підвал має висоту -2,0 м та -5,5 м. Відстань між будівлями має відповідати мінімально допустимим розривам згідно з санітарними нормами, зазначеними в таблиці 5.

Таблиця 5. Санітарно-технічні умови щодо відстані між будинками

Нормативна відстань	Відстань при будівлі, кількість поверхів 2-4
Між зовнішніми сторонами	20
Між зовнішніми сторонами і торцями будинку, також між торцями з вікнами громадських будівель	12
Між торцями без віком	За нормами протипожежних відстаней

Вимоги щодо пожежної безпеки будівельних об'єктів наведені в таблиці 6. Проєкт передбачає комплексний благоустрій та озеленення території. Проїзди та вимощення виконуються з асфальтовим покриттям, а тротуари й пішохідні доріжки облаштовуються тротуарною плиткою.

Таблиця 6. Протипожежні відстані між будівлями

Ступені вогнестійкості будинку	Відстань при ступені вогнестійкості		
	1,2	3	4,5
1,2	6	8	10
3	8	8	10
4,5	16	10	15

Ділянка генерального плану має прямокутну конфігурацію, на якій зображено запроектований Сумський обласний академічний театр для дітей та юнацтва, а також інші наявні споруди. Будинок відноситься до II класу і має II ступінь вогнестійкості та II ступінь довговічності. Запроектовані ухили запланованої ділянки коливаються в діапазоні від 0,18% до 1,8%. Повітряні лінії

електропередачі передбачені з урахуванням необхідного висотного зазору дротів над проїжджою частиною згідно з вимогами ПУЕ-86.

Таблиця 7. ТЕП генерального плану

№ п.п.	Найменування	Одиниця виміру	Кількість	Примітка
1	Площа ділянки	м ²	2532	
2	Площа забудови	м ²	1305	
3	Площа асфальтобетонного покриття	м ²	90	
4	Площа покриття плиткою	м ²	96	
5	Площа озеленення	м ²	1200	

3.2. Об'ємно планувальні рішення

Обласний академічний театр для дітей та юнацтва має три поверхи. План будівлі має прямокутну форму з відповідними розмірами 27,18 м × 48,0 м. Висота щодо поверхів має перемінне значення 2,40м, 2,74м, 3,40м, 5,93м, 10,8м, 12,5м. Підвальне приміщення також має перемінне значення по висоті -2,0 м та -5,5 м.

Таблиця 8. Експлікація приміщень першого поверху

Номер № п.п.	Найменування	Площа, м ²
1	Коридор	29,10
2	Коридор	3,7
3	Фойє	87,6
4	Сходова клітина	15,7
5	Кладова	2,4
6	Коридор	3,5
7	Каса	3,6
8	Каса	3,8
9	Коридор	3,8
10	Кладова	2,4
11	Сходова клітина	15,6
12	Фойє	53,6
13	Коридор	4,1
14	Сходова клітина	13,5
15	Кабінет	11,2
16	Коридор	1,4
17	Кабінет	13,4
18	Роздягальня	14,7
19	Коридор	3,2
20	Вбиральня	10,1

Продовження табл. 8

21	Вмивальник	3,1
22	Вбиральня	9,7
23	Вмивальник	4,1
24	Вбиральня	1,0
25	Вмивальник	10,6
26	Вбиральня	20,1
27	Коридор	18,0
28	Коридор	21,4
29	Коридор	21,5
30	Костюмерна	8,5
31	Сходова клітина	15,8
32	Коридор	10,4
33	Гримерна	5,8
34	Гримерна	6,0
35	Гримерна	12,3
36	Гримерна	10,8
37	Гримерна	21,8
38	Коридор	3,1
39	Гримерна	12,5
40	Кладова	2,1
41	Душова	2,0
42	Склад	100,3
43	Коридор	6,4
44	Сходова клітина	4,4
45	Сцена	200,1
46	Глядацький зал	210,5
47	Сходова клітина	6,1
48	Коридор	5,3
49	Щитова	9,2
50	Коридор	5,0
51	Коридор	5,4
52	Роздягальня	21,5
53	Коридор	3,2
54	Вбиральня	4,3
55	Коридор	2,6
56	Приймальна	15,2
57	Роздягальня	25,8
58	Фойє	49,1
59	Коридор	2,7
60	Сходова клітина	11,9
61	Підсобне	7,3
62	Майстерня	42,3
63	Підсобне	4,9
	Всього 1-го поверху:	1192,8

Номер № п.п.	Найменування	Площа, м ²
1	Сходова клітина	15,9
2	Фойє	118,0
3	Фойє	55,6
4	Зал	91,2
5	Коридор	4,0
6	Сходова клітина	13,8
7	Кабінет	8,5
8	Кабінет	14,0
9	Дитяча	13,8
10	Вмивальник	3,0
11	Вбиральня	8,2
12	Вмивальник	3,4
13	Вбиральня	8,6
14	Вбиральня	1,1
15	Сходова клітина	18,7
16	Склад	9,9
17	Склад	24,8
18	Сходова клітина	6,3
19	Коридор	6,8
20	Кладова	11,6
21	Коридор	5,1
22	Балетна	50,2
23	Роздягальня	22,6
24	Фойє	62,1
25	Сходова клітина	16,0
26	Сходова клітина	11,8
27	Підсобне	6,4
28	Репетиційний зал	48,9
	Всього по II-му поверху	660,3
1	Сходова клітина	15,5
2	Фойє	12,0
3	Коридор	4,5
4	Кладова	5,5
5	Пульт керування	103,8
6	Кабінет	18,6
7	Кабінет	17,5
8	Сходова клітина	38,4
9	Сходова клітина	46,4
10	Склад	11,4
11	Склад	36,1
12	Кладова	5,5
13	Сходова клітина	16,0
	Всього по III-му поверху	331,2

У разі пожежі евакуація мешканців відбуватиметься через внутрішні сходові клітини. Розрахунки виконані відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2016. Нормативне значення коефіцієнта опору теплопередачі для зазначених умов будівництва та першої температурної зони становить $R_0 = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Розрахункова температура повітря всередині приміщень визначена згідно з вимогами ДСН 3.3.6.042-99 і нормами проєктування житлових і громадських будівель та становить $t = 18 \text{ °C}$. Вологісний режим приміщень — нормальний.

3.3. Архітектурно-конструктивне рішення

Схема будівлі щодо конструктивного рішення є цегляна. Будівля без каркасна. Жорсткість будівлі може бути забезпечено за рахунок поздовжніх та поперечних стін, а також плит перекриття та покриття. З'єднання між поверхами здійснюється за рахунок сходових маршів. В якості діафрагми жорсткості забезпечується за рахунок залізобетонних плит перекриття та монолітної плити покриття.

Фундаменти

Фундамент будівлі, Сумського обласного академічного театру для дітей та юнацтва виконаний у формі стрічкового безкінечного фундаменту. Фундамент заглиблений на відмітці $-3,3\text{м}$. Матеріал з якого виконаний фундамент – цегла. Ширина фундаменту становить 100 см. Розчин з якого виготовлений фундамент має склад 1 до 3 одиниць, назва глиноземистий цемент. Обов'язкова гідроізоляція фундаменту виконана у вертикальному та горизонтальному варіанті.

Перекриття

Перекриття та покриття виконано із монолітного залізобетону. Товщина плити становить 200мм. Клас бетону відповідає міцності C20/25.

Дах

В будівлі, Сумського обласного академічного театру для дітей та юнацтва виконаний плоский дах із монолітного залізобетону. Товщина плити становить 200мм. Після останнього ремонту, зробили горище у вигляді двох скатної криші. Матеріал, що використовується це металочерепиця.

Вікна, Двері

Зараз дуже трудно зрозуміти щодо будівельних матеріалів на прикладі застосування сучасних матеріалів ПВХ – вікон. Поєднуючи із склопакетами які є конструкцією з двох і більше стекол. Вони гарно мають герметичні з'єднання які заповнені абсорбуючим порошком. Склопакети які мають дві камери можуть додатково мати внутрішні і зовнішні герметики. Ця технологічна послідовність має захистити вікно від появи конденсату в середині вікна. Пустоти між склом можуть мати осушене повітря або інертне осушення повітрям або інертним газом.

Виконуючи монтаж склопакетів гарантувати ефективну тепло – та звукоізоляцію. Виняткові властивості склопакетів, приміром сонцезахисні, звукоізоляційні і протиударні вікна, які досягаються завдяки нанесенню спеціального покриття на поверхню скла. Це також може стосуватися відповідному спеціальному покриттю на скло, а ще може за рахунок індивідуальним конструктивними властивостями. Відповідно від кількості камер склопакети можуть бути однокамерними, двокамерними і більшим числом камер у вікні.

Виготовляючи скло потрібно важливо точно орієнтувати скло із відповідними спеціальними властивостями, а саме: енергозберігаючі стекла встановлюючи внутрішнім шаром покриття, що має бути повернуте всередину склопакету, а сонцезахисні можуть розміщатися як зовнішній шар. Щоб покращити безпеку необхідно застосовувати загартовані стекла або триплекс.

В проекте враховані розміри вікон наступних марок СПД 6-21, СПД 3-18 відповідно до ДСТУ 30673-99. Склопакети можуть кріпитися за допомогою пластикових прокладок у створці вікна, а фіксується за допомогою штапіку. Склопакети можуть кріпитися у кутах та в середині за рахунок анкерів, а зазори між блоком і стіною обов'язково заповнюються піною. Після затвердіння піни влаштовують відкоси гіпсокартоні або шпаклюються під фарбування.

Сходи

В будівлі запроектовано як одно маршові так і двомаршові внутрішні сходи та відповідними сходовими майданчиками. Залізобетонні вироби виконані із залізобетону у відповідності із серією 1.251.1-4, а також марші ЛМФ 39.14.17-5-1 і майданчики для сходів ЛПФ 28.13-5. Метою всіх наведених вище конструктивних елементів виконує з'єднання між поверхами. А під час пожежі слугує евакуаційними виходами з будівлі.

Внутрішнє та зовнішнє оздоблення

Внутрішнє оздоблення у Сумському обласному академічному театрі для дітей та юнацтва виконано із шпаклюванням поверхонь стін та стелі з подальшим їх фарбуванням водоемульсійною фарбою у світлі жовті коляри. Також на стінах та стелі присутня ліпнина, яка виконує декорування внутрішнього середовища актового залу та коридорів і фойє.

Зовнішнє оздоблення виконано з утепленням зовнішньої стіни, а потім по шпакльоване і пофарбоване фарбою для зовнішніх робіт колір вибраний світло жовтого кольору. У сантехнічних приміщеннях підлоги і стіни виконані із керамічної глазурованої плитки у світлих тонах.

Теплотехнічних розрахунок

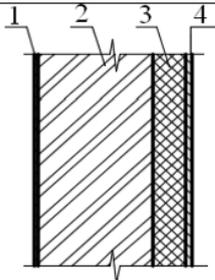
Теплотехнічний розрахунок має на меті визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару для зовнішніх стін із цегли. Параметри мікроклімату приміщень та умови експлуатації огорожувальних конструкцій, згідно з ДБН В.2.6-31-2021 «Теплова ізоляція будівель», наведено в таблиці 9.

Таблиця 9. Мікроклімат приміщень і умови експлуатації огорожень

№ з/п	Найменування	Значення
1	Розрахункова температура внутрішнього повітря	$t_{в}=20$
2	Вологість повітря	$\varphi =55 \%$
3	Вологісний режим приміщення	нормальний
4	Умови експлуатації огорожень	Б

Конструкція стіни та розрахункові коефіцієнти, зводимо до таблиці 10.

Таблиця 10. – Конструкція зовнішньої стіни і розрахункові данні

Схема стіни	Характеристика шару			
	№	Матеріал	Товщина, м	Коефіцієнт теплопровідності
	1	Внутрішня штукатурка	0,02	$\lambda = 0,81$
	2	Керамічна цегла	0,51	$\lambda = 0,93$
	3	Утеплювач – мінераловатні плити	X	$\lambda = 0,048$
	4	Зовнішня штукатурка	0,02	$\lambda = 0,81$

Необхідний опір теплопередачі огорожувальної конструкції визначається відповідно до ДБН В.2.6-31-2021 «Теплова ізоляція будівель». Згідно з картою-схемою температурних зон, місто Суми належить до II району (додаток В), для якого $R_{o,TP}=4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Термічний опір кожного шару огорожувальної конструкції R_i розраховується за формулою 3.1:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (3.1)$$

де: δ – товщина шару огорожувальної конструкції, м;

λ – коефіцієнт теплопровідності, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$.

$$R_1 = \frac{0,02}{0,81} = 0,025 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

$$R_2 = \frac{0,51}{0,93} = 0,55 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

$$R_3 = \frac{X}{0,048} = X \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

$$R_4 = \frac{0,02}{0,81} = 0,025 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Необхідний термічний опір шару утеплювача розраховується за формулою 3.2:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (3.2)$$

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

$\alpha_{н}$ - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції, $\alpha_{н} = 23 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ - коефіцієнти теплопередач матеріалів, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$.

Розрахункова товщина утеплювача ($\delta_3 = x \text{ см}$) визначаємо за формулою:

$$\begin{aligned} \delta_3 &= \left(R_o^{\text{тр}} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{\delta_4}{\lambda_4} \right) * \lambda = \\ &= (4 - 0,115 - 0,025 - 0,55 - 0,025 - 0,043) * 0,048 = 0,155 \text{ м} \end{aligned}$$

Приймаємо товщину утеплювача $\delta_3 = 170 \text{ мм}$.

Підставляємо значення до формули (3.2) отримуємо:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,51}{0,93} + \frac{0,17}{0,048} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 4,2 \text{ м}^2 \times \text{К}/\text{Вт}$$

Теплотехнічний розрахунок огорожуючої конструкції визначаємо по формулі (3.3)

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = R_{q, \text{ min}} \quad (3.3)$$

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = 4.2 (\text{м}^2 \times \text{К})/\text{Вт} > R_{q, \text{ min}} = 4.0 (\text{м}^2 \times \text{К})/\text{Вт}$$

Умова виконується, тип конструкції обрано вірно.

Техніко-економічні показники об'ємно-планувальні рішення

№ п/п	Найменування	Одиниці виміру	Площа
1	Загальна площа приміщень	м ²	1398,3
2	Площа забудови	м ²	1305
3	Будівельний об'єм	м ³	13007
4	Поверховість будинку	пов.	3

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВТРАТ КРІЗЬ ВІКНА

4.1. Аналіз віконних склопакетів

Тепловтрати з найбільшими показниками в будівлі проходять через вікна та двері з елементами склопакетів. Це може бути пов'язане із наявністю низького значення їх термічного опору теплопередачі. Постає першочергове завдання з приводу покращення енергозбереження будівлі, академічного театру для дітей та юнацтва постає вибір щодо аналізу віконних конструкцій. Якщо розглянути основні можливі процесу передачі тепла через скло. В такому випадку щодо конвекції у газовому середовищі, що має заповнений простір між склопакетами і можливо також перехід тепла з теплої частини приміщення в бік холодного середовища. Для того щоб покращити фізичні характеристики скла потрібно зробити це за рахунок покращення термічність скла щодо опору і наявність газового прошарку між склом. А також ще потрібно врахувати падіння рівня променевого переносу щодо тепла.

Для того щоб покращити процес визначення розповсюдження температури на зовнішніх та внутрішніх поверхнях вікна, що також для аналізу системи опалення і повітрообміну для визначення місць більшої втрати тепла із будівлі.



Було виконано тепловізійне обстеження будівлі Сумського обласного академічного театру для дітей та юнацтва. Для дослідження застосовувався прилад тепловізор Testo 868 (рис.17). Декілька слів щодо об'єкту дослідження який виконувався у відповідності до [10, 11]. У відповідності до результатів дослідження ми визначали ділянки поверхонь фасаду, де температура може значно відрізнятись від температури внутрішнього приміщення. Це може засвідчити, що числові показники теплового потоку на поверхні вікна є малими значеннями температурного опору вікна.

Рис. 17. Тепловізор Testo 868

На (рис.19) наведена термограма головного фасаду. На ньому можна добре побачити, що у зонах де розміщені вікна спостерігаються тепловтрати у будинка.



Рис. 18. Головний фасад будівлі

Рис.19. Тепловізійне обстеження будівлі театру

Глянувши на відповідні результати щодо проведення випробування, з метою надати дії щодо зменшення споживання тепла в будівлі. В театрі виконані роботи по заміні старих вікон на нові більш сучасні вікна зі склопакетами та пластмасовими профілями віконних рам.

Для застосування ефективного типу конструкції вікна досліджуємо різні варіанти скління склопакетів. В дослідженні застосуємо три різні варіанти вікон з енергозберігаючих елементів (склопакетів), які дозволяли забезпечувати стабільну теплоізоляційну спроможність вікна. Варіанти вікон та конфігурація їх наведена у таблиці 11.

Таблиця 11. Склад вікна та його профілю на заміну старих

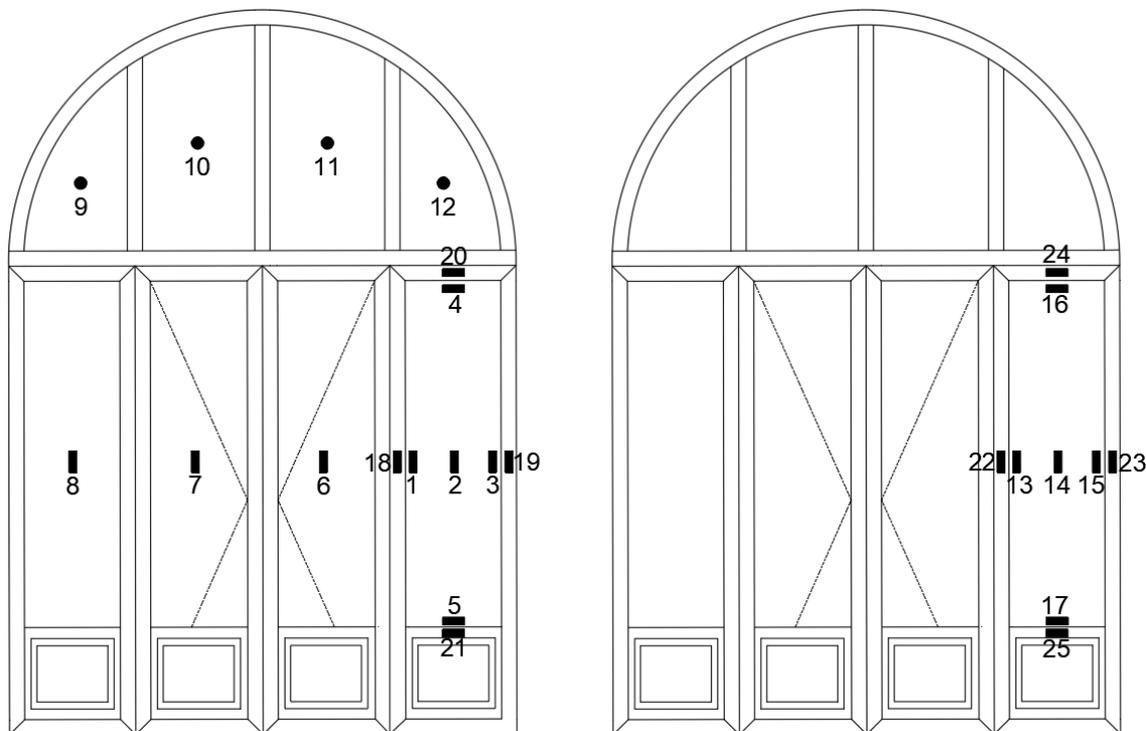
№ п.п.	Варіанти скління	Наповнювач між склопакетами	Профіль рами	Опір теплопередачі склопакету, м ² К/Вт	Кількість камер у склопакеті
1	4M ₁ -10-4M ₁	Повітря	Rehau eurodesign 60	0,29	1
2	4M ₁ -10-4M ₁ -10-4M ₁	Повітря	Rehau eurodesign 60	0,47	2

Спробуємо виконати експериментальні дослідження щодо теплопереносу через встановлені склопакети. На протязі одного опалювального періоду було проведено експериментальні дослідження трьох різних склопакетів з теплопередачі тепла.

Виконуємо дослідження 2-х типів конструкцій склопакетів:

- однокамерний склопакет;
- двокамерний склопакет;

Досліджуючи конструкції скла з температурними властивостями щодо характеристик густоти потоку тепла біля поверхні склопакетів у приміщенні театру. Паралельно виконувались роботи по визначенню температури зовнішнього повітря. Розміщення датчиків на вікні склопакету наведено на (рис.20).



а)

б)

Рис.20. Схема розташування датчиків на вікні:

а) розташування датчиків в середині приміщення;

б) датчики розміщені на зовнішній поверхні склопакетів.

Для визначення показників температури та відповідного теплового потоку застосовувались датчики. Ці датчики мають високочутливі властивості для визначення теплового потоку. Вони були виготовлені у вигляді жорсткої прямокутної та круглої форми. Колір датчиків має чорний. Загальний вигляд датчиків наведений на (рис.21).



Рис. 21. Датчики для визначення теплового потоку і температури
 1. Константа; 2. Мідь; 3. Чутливий матеріал; 4. Холодний бік; 5. Теплий бік;
 6. Тепловий потік

В зв'язку із проведенням експериментальних досліджень і визначаючи теплопередачу через віконний склопакет враховуючи при цьому всі відповідні показники. Намагаємось визначити за допомогою дослідження оптимальний тип склопакету для встановлення його у віконний проріз.

4.2. Аналіз однокамерного склопакета

Конструкція яка застосовується для однокамерного склопакета наведена на (рис. 22). Для проведення експерименту було застосовано однокамерний склопакет з варіантом скління 4М₁-10-4М₁ (товщина скла 4 мм, відстань між склом становить 10мм).



Рис.22. Конструкція вікна з однокамерного склопакету 4М₁-10-4М₁.

Дослідження проводились, початок з 20 грудня 2024року по 28 грудня 2024 року. Випробування склопакету виконувались у відповідності з нормами. Отримали графік відповідності між температурою та густиною теплового потоку для даного зразка однокамерного склопакету наведено на (рис.23).

Рис. 23. Результати отриманих даних щодо внутрішньої і зовнішньої поверхні для склопакету 4М₁-10-4М₁

Лінії з позначеннями t1, t2, t3, t4, t5, t6 зображують температуру на внутрішній поверхні склопакету, а інша група ліній такі як: t7, t8, t9, t13, t14, t15, t16, t17 – показують температуру зовнішню поверхню склопакету. Так

позначення $t_{вс.пр}$ і $t_{зов.пов}$ відповідають значенню температури в середині приміщення та повітря зовні на відстані 20 см від склопакету. Показники точок t_6 , t_7 , t_8 , t_9 отримані за допомогою встановлення додаткового аналізу теплопередачі. Схема розташування датчиків на віконному склопакеті наведено на (рис.24).

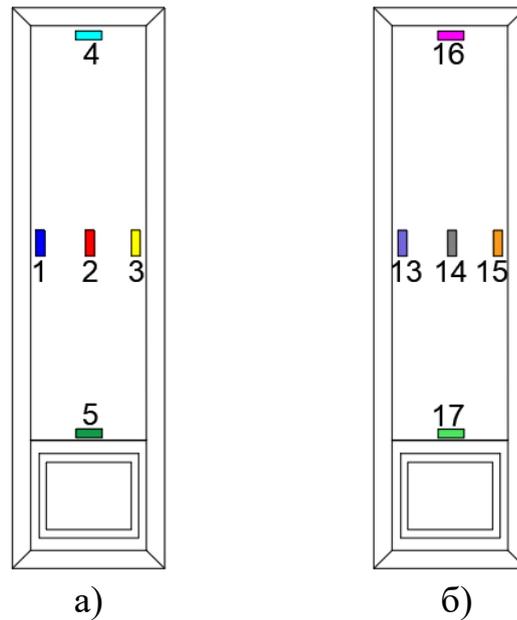


Рис.24. Графічне зображення датчиків на поверхні склопакету
а) склопакет зі сторони приміщення;
б) склопакет розміщений із зовнішньої сторони (вулиця).

Виконуючи аналіз з отриманих результатів можна зробити підсумок, що дані щодо температури датчика 1, розташовані в нутрі самого приміщення коло стінки. Якщо враховувати той факт, що термічний опір стіни більше, а ніж у склопакету. Число по датчику 4 показує значення більші, а датчик 5 показує значення нижчі і це можна зрозуміти виходячи з підйомно-опускної течії повітря неподалік скла. Щодо результатів які отримані з центрального датчику є достатній характер з підйомів або опускань теплового потоку і відповідно температури. Роблячи висновок з приводу того, що є деякий відсоток теплоти від центру склопакету і до бічного профілю. Це може мати те значення, що склопакет і профіль з якого зроблена рама мають на початку виготовлення різні матеріали, а також і від'ємні теплофізичні характеристики. Спостерігаючи за різними показниками між різними точками, наприклад точка 2 та точка 1 відрізняє всього $0,5^{\circ}\text{C}$; між точкою 2 та точкою 3 різниця складає $0,7^{\circ}\text{C}$; інші

показники між точками 2 та 4 різниця становить $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$; точки 2 і 5 між ними температура становить $1,15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Так числові значення щодо теплового потоку в приміщенні театру або ззовні на вулиці є коливальні і стрибкові значення в результаті впливу природних умов. Отже коли під час дослідження були значні пори вітру, що свідчить про отримані результати досліджень мали перепади в декілька десятків $\text{Вт}/\text{м}^2\text{К}$. В день сонячна радіація мала вплив і це можна було добре бачити дивись (рис.25).

Рис. 25. Дані густини теплового каскаду на поверхні склопакету і всередині приміщення

Так з (рис. 25) зображено значні коливальні процеси теплового шляху, це може бути пов'язано із зовнішнім природнім середовищем. Це пов'язано із пульсаціями швидкостями вітрового каскаду див. (рис.26).

Рис.26. Дані швидкості повітря на зовнішній поверхні стіни

Характер даних на (рис.26) нам показує про локальну швидкість повітря на зовнішньої поверхні стени. Дані були отримані за допомогою термоанемометра.

4.3. Аналіз двокамерного склопакету

Конструкція двокамерного склопакету наведено на (рис.27). Для проведення



експерименту було застосовано двокамерний склопакет з варіантом скління $4M_1-10-4M_1-10-4M_1$ (товщина скла 4 мм, відстань між склом становить 10мм). Двокамерний склопакет складається з трьох листових листів скла.

Рис.27. Конструкція вікна з двокамерного склопакету $4M_1-10-4M_1-10-4M_1$

Дослідження виконувались з 10 січня 2025року по 18 січня 2025 року. Випробування двокамерного склопакету виконувались у відповідності із документами стандарту. Побудували графік щодо відповідності між температурою та густиною теплового потоку для зразка двокамерного склопакету, що наведено на (рис.28).

Рис. 28. Рух у часі температури на внутрішніх та зовнішніх поверхнях двокамерного склопакету $4M_1-10-4M_1-10-4M_1$

Рис. 29. Величина густини щодо теплового потоку на зовнішньому та внутрішньому поверхні двокамерного склопакету 4M₁-10-4M₁-10-4M₁

Отже у діючих нормах України [6] і для такого типу склопакету значення опору теплопередачі наведені - 0,47 м²К/Вт. Експериментально знайшли величину опору становить R_{о, експ.} = 0,5 м²К/Вт, що на 6% може перевищувати діючі нормативні показники для світлопрозорих елементів конструкцій.

Висновок до розділу 4

Виконавши серію досліджень та відповідно проаналізував всі отримані результати, можливо виконати висновок, що для зручного варіанту, заміна старих вікон конструкції на склопакети з подвійним прошарком. Збільшуючи відстань між склом дозволяє покращити опір з теплопередачі склопакету. При кращому підборі складу склопакету можна підібрати достатньо високі показники значень щодо опору теплопередачі, ніж ті, що вимагають діючі стандарти України.

Якщо враховувати кліматичні умови України то для будівель з високою енергетичною ефективністю потрібно встановлювати подвійні двокамерні вікна зі склопакету $4M_1-10-4M_1-10-4M_1$.

Було отримано великий масив експериментальних даних по температурних полях, полях теплового потоку та по опору теплопередачі 2 варіантів віконних склопакетів при їх довготривалій експлуатації в умовах реального клімату для міста Суми.