

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет будівництва, архітектури та дизайну

(повне найменування факультету)

Кафедра будівельного виробництва та управління проектами

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на ТЕМУ УДОСКОНАЛЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ОПОРУ
ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ
IMPROVEMENT OF INDICATORS OF HEAT TRANSFER RESISTANCE
OF ENCLOSING STRUCTURES OF BUILDINGS

Виконав: студентка 2 курсу, групи БАДз-113м
Спеціальності 192 Будівництво та цивільна
інженерія

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Промислове та цивільне будівництво

Гусяк В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Сторчай Н.С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Будівництва архітектури та дизайну
Кафедра будівельного виробництва та управління проектами
Ступінь вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Промислове та цивільне будівництво
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри БВУП, к.т.н, доц.
О.М. Назаренко
“ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ГУСЯК Вікторія В'ячеславівна
(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення показників опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівель. Improvement of indicators of heat transfer resistance of enclosing structures of buildings.

керівник проекту (роботи) д.т.н., професор СТОРЧАЙ Надія Станіславівна,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ ” _____ 2024 року № _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 12 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) рекомендована література, технічне завдання, констркивні та фізичні огорожуючих конструкцій

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Теоретичні основи теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій. 2. Сучасні матеріали та технології для підвищення опору теплопередачі. 3. Практичні аспекти впровадження енергоефективних рішень у будівництві.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Слайди презентації, графічний матеріал 7-8 аркушів А1 розруковані на А3 зброшуровані

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Теоретичні основи теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій	Сторчай Н.С., професор		
Сучасні матеріали та технології для підвищення опору теплопередачі	Сторчай Н.С., професор		
Практичні аспекти впровадження енергоефективних рішень у будівництві	Сторчай Н.С., професор		
Нормоконтролер	Сторчай Н.С., професор		

7. Дата видачі завдання “ 14 ” жовтня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Теоретичні основи теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій	1-4 тиждень	Розділ 1
2	Вплив архітектурно-планувальних рішень та новітніх технологій на будівництво енергоефективних будівель	5-8 тижні	Розділ 2
3	Вплив зносу огорожуючих конструкцій на супротив теплопередачі огорожуючих конструкцій	9-11 тижні	Розділ 3
8	Оформлення графічної частини	12-13 тиждень	
9	Нормоконтроль та рецензування	14-15 тижні	
10	Захист роботи.	16 тиждень	

Студент(ка)

_____ Вікторія ГУСЯК
(підпис) (ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)

_____ Надія СТОРЧАЙ
(підпис) (ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг роботи. Робота являє собою наукове дослідження, теоретизації удосконалення опору теплопередачі огорожуючих конструкцій. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків і рекомендацій, списку використаних джерел.

Методи дослідження - для досягнення мети використовувалися аналітичний і емпіричний підходи, аналіз літератури, порівняння показників, а також теплотехнічні розрахунки.

Об'єкт дослідження – методи проектування енергоефективних огорожуючих конструкцій будинків.

Предмет дослідження – теоретизовані засади із удосконалення опору огорожуючих конструкцій.

Актуальність теми енергоефективні методи у будівництві є ключем до екологічно сталого розвитку та економічно вигідного використання енергоресурсів.

Ключові слова: підвищення енергоефективності будівель, вдосконалення супротиву теплопередачі, огорожуючі конструкції будівель.

ABSTRACT

Structure and scope of work. The work is a scientific study, theorizing the improvement of heat transfer resistance of enclosing structures. The work consists of an introduction, three chapters, conclusions and recommendations, a list of used sources.

Research methods - to achieve the goal, analytical and empirical approaches, literature analysis, comparison of indicators, as well as thermal engineering calculations were used.

The object of research is methods of designing energy-efficient enclosing structures of buildings.

The subject of research is the theorized principles of improving the resistance of enclosing structures.

The relevance of the topic of energy-efficient methods in construction is the key to ecologically sustainable development and economically profitable use of energy resources.

Keywords: improvement of energy efficiency of buildings, improvement of thermal resistance, enclosing structures of buildings.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ АСПЕКТІВ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ.....	10
1.2 Базові системи монтажу елементів конструкцій фасадів та різновиди виконання різних систем	17
1.3 Сучасний стан матеріалів які використовуються в системах енергозбереження будівель	Ошибка! Закладка не определена.
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ЕФЕКТИВНОГО УТЕПЛЕННЯ МАТЕРІАЛАМИ ПІДВИЩЕНОГО ТЕПЛОВОГО СУПРОТИВУ	22
2.1 Дослідження та оцінка конструктивного пристрою, технологій монтажу та вузлів кріплення навісних фасадів систем утеплення.....	22
2.2 Дослідження та оцінка матеріалів, які застосовуються в конструкціях.....	35
РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЗАЦІЯ ОПТИМІЗАЦІЇ УЛАШТУВАННЯ СИСТЕМ УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ.....	37
3.1 Розробка теоретизованих підходів до вдосконалення систем устрою навісних фасадів.....	37
3.2 Визначення теретизованого енергоспоживання будівлі, при використанні першого та другого варіантів утеплення, згідно таблиць 3.1 та 3.2.....	Ошибка!
Закладка не определена.	
3.3 Визначення засад з можливого удосконалення вибору матеріалів каркасів кріплення шарів навісних фасадів.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.4 Визначення оптимізації процесу зведення вентильованих фасадів	53
ВИСНОВКИ	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	67

ВСТУП

Актуальність теми енергоефективні методи у будівництві є ключем до екологічно сталого розвитку та економічно вигідного використання енергоресурсів. Місто Запоріжжя, розташоване у степовій кліматичній зоні України, характеризується значними коливаннями температури протягом року. Узимку температура може опускатися нижче нуля, а влітку досягати екстремально високих значень. Ці кліматичні умови створюють підвищене навантаження на системи опалення та кондиціонування будівель. Водночас, більшість житлових і громадських будівель у Запоріжжі, зокрема ті, що були зведені в радянський період, мають застарілі конструкції з низьким рівнем теплоізоляції. Це призводить до значних тепловтрат у зимовий період і надмірного нагрівання приміщень улітку.

Проблема низького опору теплопередачі огорожувальних конструкцій безпосередньо впливає на витрати мешканців на опалення та кондиціонування. З огляду на постійне зростання цін на енергоносії, підвищення енергоефективності будівель стає важливим засобом економії фінансових ресурсів як на рівні домогосподарств, так і міста в цілому.

Запоріжжя є промисловим центром України, де збереження екології має особливе значення через високий рівень техногенного забруднення. Скорочення споживання енергоресурсів для опалення будівель через підвищення опору теплопередачі зменшує викиди парникових газів і забруднюючих речовин в атмосферу. Це сприяє покращенню якості повітря та створює більш сприятливі умови для життя мешканців.

Покращення теплоізоляції будівель сприяє забезпеченню комфортного мікроклімату в приміщеннях. Це особливо важливо для соціально вразливих верств населення, які не завжди можуть дозволити собі значні витрати на енергоносії. До того ж, комфортні умови проживання підвищують рівень життя та сприяють здоров'ю мешканців.

Багато будівель у Запоріжжі мають потребу в капітальному ремонті, що створює можливість для впровадження сучасних теплоізоляційних матеріалів та інноваційних конструктивних рішень. Реконструкція із вдосконаленням показників опору теплопередачі може стати одним із ключових напрямів модернізації житлового фонду міста.

Україна активно адаптує свої стандарти до європейських вимог щодо енергоефективності будівель. Для Запоріжжя, як одного з важливих індустріальних міст, це питання особливо актуальне. Удосконалення теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій дозволить не лише відповідати сучасним нормам, але й сприятиме формуванню позитивного іміджу міста як екологічно відповідального та прогресивного.

Мікроклімат у багатоквартирних будинках значною мірою залежить від стану зовнішніх огорожувальних конструкцій. З часом, внаслідок зношування цих конструкцій, виникають порушення внутрішнього мікроклімату, що призводить до дискомфорту мешканців. У старих житлових будинках, навіть за умови регулярного виконання поточних ремонтів, спостерігається погіршення характеристик внутрішнього середовища.

У процесі експлуатації будівель відбувається поступове погіршення стану огорожувальних конструкцій та інженерного обладнання. Це суттєво впливає на опір теплопередачі огорожуючих конструкцій. Основна зношеність проявляється у вигляді тріщин у конструктивних елементах, зниження загальних теплоізоляційних властивостей, підвищення вологості та повітропроникності огорож. Збільшення теплопровідності огорожувальних конструкцій підвищує витрати на опалення, а підвищена вологість сприяє появі плісняви і грибка на внутрішніх поверхнях.

У зв'язку зі зростанням вимог у останніх редакція ДСТУ та ДБН до супротиву теплопередачі та внутрішніх температур приміщень, актуальним стає питання прогнозування можливого удосконалення опору теплопередачі.

Таким чином, дослідження питань енергозбереження та забезпечення потрібного опору теплопередачі огорожуючих конструкцій будівель є актуальним і важливим завданням сьогодення.

Методи дослідження - для досягнення мети використовувалися аналітичний і емпіричний підходи, аналіз літератури, порівняння показників, а також теплотехнічні розрахунки.

Об'єкт дослідження – методи проектування енергоефективних огорожуючих конструкцій будинків.

Предмет дослідження – теоретизовані засади із удосконалення опору огорожуючих конструкцій.

Таким чином, для м. Запоріжжя удосконалення показників опору теплопередачі огорожувальних конструкцій є актуальним завданням, яке відповідає як локальним, так і національним інтересам у сфері енергозбереження, екології та покращення якості життя мешканців.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

1.1 Аналіз фізичних процесів теплопередачі в будівельних матеріалах

Цегляні стіни піддаються різноманітним фізичним процесам, які впливають на їхні експлуатаційні характеристики та довговічність.

Цегла має певний коефіцієнт теплопровідності, що визначає її здатність проводити тепло. Цей показник залежить від щільності, вологості та структури матеріалу. Висока теплопровідність може призводити до значних тепловтрат у зимовий період та перегріву влітку.

Цегла характеризується високою теплоємністю, що означає здатність накопичувати та зберігати тепло. Це сприяє стабілізації внутрішньої температури приміщень, зменшуючи добові коливання температури.

Цегла може поглинати вологу з навколишнього середовища через капілярні пори. Підвищена вологість матеріалу знижує його теплоізоляційні властивості та може сприяти розвитку мікроорганізмів, таких як пліснява та грибок.

Після насичення вологою цегла поступово віддає її назад у навколишнє середовище. Цей процес залежить від температури, вологості повітря та вентиляції приміщення.

Водяна пара з внутрішніх приміщень може проникати через цегляні стіни назовні. Якщо точка роси досягається всередині стіни, це може призвести до конденсації вологи, що негативно впливає на теплоізоляційні властивості та сприяє руйнуванню матеріалу.

Зміни температури призводять до розширення та стиснення цегли. Повторювані цикли нагрівання та охолодження можуть спричинити утворення тріщин та зниження міцності конструкції.

Нерівномірне осідання фундаменту або надмірні навантаження можуть викликати деформації та тріщини в стінах.

Вплив атмосферних факторів, таких як дощ, сніг та ультрафіолетове випромінювання, може призводити до поступового руйнування поверхні цегли.

Наявність солей у воді, що проникає в стіни, може спричиняти кристалізацію солей у порах цегли, що веде до її руйнування.

Аналіз теплопередачі огорожувальної конструкції із силікатної цегли товщиною 510 мм є важливим для оцінки її енергоефективності та здатності забезпечувати комфортний мікроклімат у приміщенні, так як товщина таких стін дуже розповсюджена для типових будинків, що були побудовані 50-30 років назад, при використанні старих нормативних документів, що зараз вже застали та не діють.

Силікатна цегла характеризується коефіцієнтом теплопровідності, який залежить від її щільності та структури. Згідно з джерелами, цей показник для повнотілої силікатної цегли становить приблизно $0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$

Опір теплопередачі визначається як відношення товщини матеріалу до його коефіцієнта теплопровідності:

$$R=d/\lambda \quad (1.1)$$

де:

R — опір теплопередачі, $\text{м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

d — товщина стіни, м;

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

Для стіни товщиною 510 мм (0,51 м) та коефіцієнта теплопровідності $0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$:

$$R=0,51/0,7\approx 0,729 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{В}$$

Коефіцієнт теплопередачі визначається як обернена величина опору теплопередачі:

$$U=1/R \quad (1.2)$$

$$U=1/0,729 \approx 1,372 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$$

Стіна із силікатної цегли товщиною 510 мм має опір теплопередачі приблизно $0,729 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$ та коефіцієнт теплопередачі близько $1,372 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$. Ці показники свідчать про те, що така конструкція має відносно низькі теплоізоляційні властивості. Для досягнення сучасних стандартів енергоефективності рекомендується додаткове утеплення стін за допомогою теплоізоляційних матеріалів.

Для визначення положення точки роси в стіні із силікатної цегли товщиною 510 мм необхідно врахувати температурні та вологісні умови як всередині приміщення, так і зовні.

Товщина стіни: 510 мм (0,51 м).

Коефіцієнт теплопровідності силікатної цегли: приблизно $0,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$.

Температура всередині приміщення: $+20^\circ\text{С}$.

Відносна вологість всередині приміщення: 60%.

Температура зовні: -10°С .

Відносна вологість зовні: 80%.

Розрахунок температури на внутрішній поверхні стіни ($T_{\text{вн}}$):

$$T_{\text{вн}} = T_{\text{зовн}} + ((R_{\text{стіна}}) / (R_{\text{стіна}} + R_{\text{повітря}})) \times (T_{\text{вн}} - T_{\text{зовн}}) \quad (1.3)$$

де:

$R_{\text{повітря}}$ — опір теплопередачі внутрішнього повітряного шару, приблизно $0,12 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$.

$$T_{\text{вн}} = -10^\circ\text{С} + ((0,729) / (0,729 + 0,12)) \times (20^\circ\text{С} - (-10^\circ\text{С}))$$

$$T_{\text{вн}} \approx -10^\circ\text{С} + 0,858 \times 30^\circ\text{С}$$

$$T_{\text{вн}} \approx -10^\circ\text{С} + 25,74^\circ\text{С}$$

$$T_{\text{вн}} \approx 15,74^\circ\text{С}$$

Визначення температури точки роси всередині приміщення:

За температури $+20^{\circ}\text{C}$ та відносної вологості 60% температура точки роси становить приблизно $+12^{\circ}\text{C}$.

Оскільки температура на внутрішній поверхні стіни (приблизно $+15,74^{\circ}\text{C}$) перевищує температуру точки роси ($+12^{\circ}\text{C}$), конденсація вологи на внутрішній поверхні стіни не відбуватиметься. Проте, без додаткового утеплення, точка роси може знаходитися всередині стіни, що може призвести до накопичення вологи в конструкції та зниження її теплоізоляційних властивостей. Рекомендується розглянути можливість зовнішнього утеплення стіни для покращення енергоефективності та запобігання потенційним проблемам, пов'язаним з вологістю.

У 1960-1980х роках у Східній Європі для будівництва панельних будинків широко використовувалися залізобетонні стінові панелі товщиною приблизно 300 мм. Коефіцієнт теплопровідності залізобетону становить близько $2,04 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$

Опір теплопередачі визначається за формулою:

$$R=d/\lambda$$

де:

d — товщина стіни, м;

λ — коефіцієнт теплопровідності матеріалу, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

Підставляючи значення:

$$R=(0,3 \text{ м})/(2,04 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К}))\approx 0,147 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$$

Отримане значення опору теплопередачі $R\approx 0,147 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ свідчить про низькі теплоізоляційні властивості стінових панелей, що використовувалися в панельних будинках 1960-1980х років. Для порівняння, сучасні нормативи в Україні вимагають, щоб опір теплопередачі зовнішніх стін становив не менше $3,5 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ для міста Запоріжжя.

Це означає, що такі стіни потребують додаткового утеплення для досягнення сучасних стандартів енергоефективності.

1.2 Огляд нормативних документів та стандартів щодо опору теплопередачі

У період з 1960 по 1991 роки проектування огорожувальних конструкцій стін в Україні регламентувалося низкою нормативних документів, які діяли на території.

Згідно з СНиП II-3-79 "Будівельна теплотехніка", встановлювалися такі нормативні параметри для житлових приміщень.

Температура внутрішнього повітря:

- житлові кімнати: $+18^{\circ}\text{C}$;
- кухні: $+18^{\circ}\text{C}$;
- ванні кімнати та санвузли: $+25^{\circ}\text{C}$;
- коридори та сходові клітки: $+16^{\circ}\text{C}$.

Нормативні значення опору теплопередачі (R_0) для зовнішніх стін житлових будівель визначалися залежно від градусо-днів опалювального періоду (ГДОП) та типу будівлі. Для житлових будинків у кліматичних умовах України (ГДОП ≈ 4000 – 6000) встановлювалися такі мінімальні значення:

- зовнішні стіни: $1,6$ – $2,0 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;
- покриття та перекриття над проїздами: $2,5$ – $3,2 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.
- чердачні перекриття та перекриття над холодними підвалами: $2,2$ – $2,8 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.
- вікна та балконні двері: $0,45$ – $0,6 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Республіканські будівельні норми РБН 356-91 "Тепловий захист будівель" встановлювали вимоги до температури внутрішнього повітря в житлових приміщеннях та мінімальних значень опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

Температура внутрішнього повітря:

- житлові кімнати: $+20^{\circ}\text{C}$;
- Кухні: $+18^{\circ}\text{C}$;
- Ванні кімнати та санвузли: $+25^{\circ}\text{C}$;

- Коридори та сходові клітки: $+16^{\circ}\text{C}$.

Мінімальні значення опору теплопередачі (R_0) огорожувальних конструкцій:

- Зовнішні стіни: $2,8 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;
- покриття та перекриття над проїздами: $4,2 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.
- горищні перекриття та перекриття над холодними підвалами: $3,2 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;
- Вікна та балконні двері: $0,55 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Державні будівельні норми України ДБН В.2.6-31:1997 "Теплова ізоляція будівель" встановлювали вимоги до температури внутрішнього повітря та опору теплопередачі огорожувальних конструкцій для забезпечення енергоефективності та комфортного мікроклімату в приміщеннях.

Температура внутрішнього повітря:

- житлові кімнати: $+20^{\circ}\text{C}$;
- кухні: $+18^{\circ}\text{C}$;
- ванні кімнати та санвузли: $+25^{\circ}\text{C}$;
- коридори та сходові клітки: $+16^{\circ}\text{C}$;

Мінімальні значення опору теплопередачі (R_0) огорожувальних конструкцій:

- зовнішні стіни: $2,8 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;
- покриття та перекриття над проїздами: $4,2 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.
- горищні перекриття та перекриття над холодними підвалами: $3,2 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;
- вікна та балконні двері: $0,55 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Державні будівельні норми України ДБН В.2.6-31:2006 "Теплова ізоляція будівель" встановлюють вимоги до температури внутрішнього повітря та опору теплопередачі огорожувальних конструкцій для забезпечення енергоефективності та комфортного мікроклімату в приміщеннях.

Мінімальні значення опору теплопередачі (R_0) огорожувальних конструкцій:

- зовнішні стіни: $2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;
- покриття та перекриття над проїздами: $4,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;
- горищні перекриття та перекриття над холодними підвалами: $3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;
- вікна та балконні двері: $0,55 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Державні будівельні норми України ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель" встановлюють вимоги до температури внутрішнього повітря та мінімальних значень опору теплопередачі огорожувальних конструкцій для забезпечення енергоефективності та комфортного мікроклімату в приміщеннях. Мінімальні значення опору теплопередачі (R_0) огорожувальних конструкцій:

- зовнішні стіни: $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;
- покриття та перекриття над проїздами: $4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;
- горищні перекриття та перекриття над холодними підвалами: $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;
- вікна та балконні двері: $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

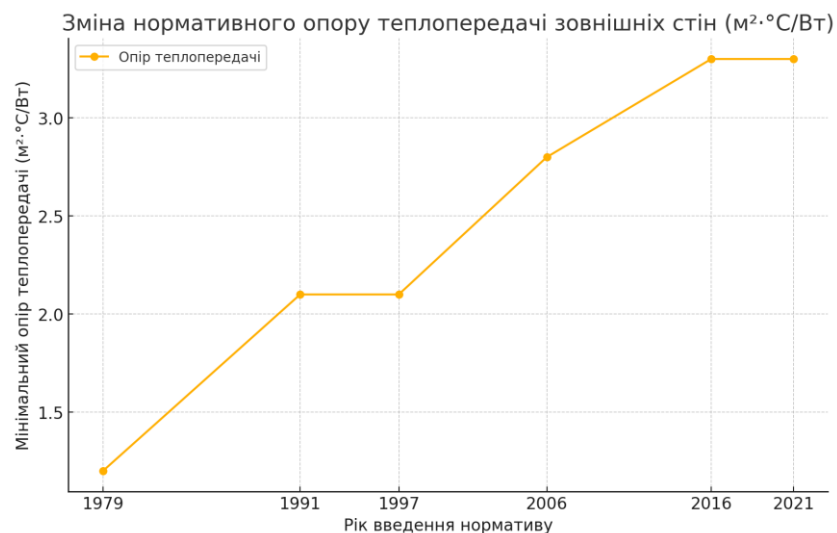


Рисунок 1.1 - Графік, який показує зміну нормативного опору теплопередачі зовнішніх стін ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$) відповідно до введення будівельних нормативів у різні роки. Як видно, з часом вимоги до енергоефективності посилювалися.

Аналіз нормативних вимог до опору теплопередачі зовнішніх стін будівель в Україні за період з 1979 по 2021 рік демонструє поступове підвищення стандартів енергоефективності.

У 1979 році, згідно зі СНиП II-3-79, мінімальний нормативний опір теплопередачі зовнішніх стін становив лише $1,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, що відповідало рівню технологій та вимог того часу.

У 1991 році РБН 356-91 підвищив цей показник до $2,1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, що відображало початок уваги до енергозбереження.

Наступні нормативи, зокрема ДБН В.2.6-31:2006 і ДБН В.2.6-31:2016, поступово підвищували мінімальні вимоги до $2,8$ і $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ відповідно, що відповідало сучасним світовим тенденціям у будівництві.

З 2016 року опір теплопередачі для зовнішніх стін стабілізувався на рівні $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, що відповідає європейським стандартам енергоефективності.

Це свідчить про послідовний розвиток будівельних норм і підвищення стандартів теплоізоляції. Така динаміка спрямована на зменшення тепловтрат, зниження енергоспоживання та забезпечення комфортних умов проживання.

Подальше вдосконалення нормативів повинно враховувати сучасні інноваційні технології в будівництві, що дозволить досягти ще більш високих показників енергоефективності та сприяти екологічній сталості.

1.3 Визначення факторів, що впливають на теплотехнічні властивості огорожувальних конструкцій

Згідно з ДСТУ 9191:2022, теплопровідність огорожувальних конструкцій будівель залежить від кількох ключових факторів.

Це елементи конструкції з вищою теплопровідністю, які порушують однорідність теплоізоляційного шару. До них належать металеві кріплення, балки, перемички та інші деталі, що створюють так звані "містки холоду". Вони збільшують загальні тепловтрати будівлі, знижуючи ефективність теплоізоляції.

Підвищена вологість будівельних матеріалів збільшує їхню теплопровідність, оскільки вода проводить тепло краще, ніж повітря. Це призводить до зниження теплоізоляційних властивостей конструкцій.

З часом будівельні конструкції піддаються фізичному та хімічному впливу, що може призвести до появи тріщин, усадки, втрати цілісності та інших дефектів. Такі пошкодження збільшують теплопровідність, оскільки порушують однорідність матеріалу та сприяють проникненню вологи, що додатково погіршує теплоізоляційні властивості.

Зношеність конструкції може призвести до збільшення теплопровідності матеріалу через появу тріщин, підвищення вологості та інших дефектів. Припустимо, що зношеність на 30% збільшує теплопровідність на 30%.

Тоді новий коефіцієнт теплопровідності (λ') буде: $\lambda' = \lambda \times (1 + 0,3) = 0,7 \times 1,3 = 0,91 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$

3. Розрахунок опору теплопередачі (R): Опір теплопередачі визначається за формулою: $R = d / \lambda'$

Підставляючи значення: $R = 0,51 \text{ м} / 0,91 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C}) \approx 0,56 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$

Опір теплопередачі цегляної стіни товщиною 510 мм із зношеністю 30% становить приблизно $0,56 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Це значення нижче за нормативні вимоги для зовнішніх стін, що може призвести до підвищених тепловтрат та зниження енергоефективності будівлі.

Для підвищення опору теплопередачі цегляної стіни товщиною 510 мм із зношеністю 30%, з урахуванням зовнішнього штукатурного шару 20 мм, внутрішнього 10 мм та додаткового шару мінеральної вати товщиною 100 мм, розглянемо кожен шар окремо та обчислимо їхній сумарний опір.

зовнішня штукатурка:

- товщина (d_1): 20 мм = 0,02 м;
- коефіцієнт теплопровідності (λ_1): 0,9 Вт/(м·°C);

мінеральна вата:

- товщина (d_2): 100 мм = 0,1 м;
- коефіцієнт теплопровідності (λ_2): 0,039 Вт/(м·°C);

цегляна стіна:

- товщина (d_3): 510 мм = 0,51 м;
- коефіцієнт теплопровідності нової цегли (λ_3): 0,7 Вт/(м·°C);
- зношеність: 30% (припускаємо, що зношеність збільшує λ на 30%);
- коригований λ_3 : $0,7 \times 1,3 = 0,91$ Вт/(м·°C);
- внутрішня штукатурка:
- товщина (d_4): 10 мм = 0,01 м;
- коефіцієнт теплопровідності (λ_4): 0,9 Вт/(м·°C);

2. Розрахунок опору теплопередачі кожного шару:

- зовнішня штукатурка (R_1): $R_1 = d_1/\lambda_1 = 0,020,9 \approx 0,022$ м²·°C/Вт ;
- мінеральна вата (R_2): $R_2 = d_2/\lambda_2 = 0,10,039 \approx 2,56$ м²·°C/Вт ;
- цегляна стіна (R_3): $R_3 = d_3/\lambda_3 = 0,510,91 \approx 0,56$ м²·°C/Вт ;
- внутрішня штукатурка (R_4): $R_4 = d_4/\lambda_4 = 0,010,9 \approx 0,011$ м²·°C/Вт .

3. Сумарний опір теплопередачі конструкції (R_e):

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 0,022 + 2,56 + 0,56 + 0,011 \approx 3,153 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Після додавання шару мінеральної вати товщиною 100 мм, сумарний опір теплопередачі конструкції становить приблизно 3,153 м²·°C/Вт. Це значення відповідає сучасним нормативним вимогам для зовнішніх стін, що сприятиме зниженню тепловтрат та підвищенню енергоефективності будівлі.

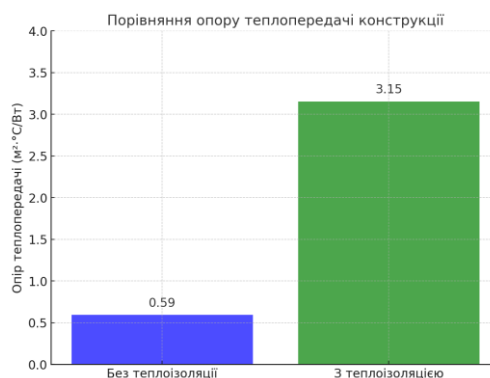


Рисунок 1.2 - Показано порівняння опору теплопередачі конструкції без теплоізоляції та з додаванням шару мінеральної вати товщиною 100 мм. Як видно, застосування теплоізоляції суттєво підвищує енергоефективність стіни, збільшуючи її опір теплопередачі з 0.593 м²·°C/Вт до 3.153 м²·°C/Вт.

Розрахуємо вплив містків холоду у вигляді 5 містків холоду (дюбелів) з теплопровідністю $0,045 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ і площею 1% від 1 м^2 , тобто на 1 м^2 стіни шарами з цегли 510 мм та 100 мм теплоізоляції:

- опір теплопередачі без містків холоду (R_0): $3,153 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$;
- кількість містків холоду (людбелів): 5;
- площа одного містка холоду: 1% від $1 \text{ м}^2 = 0,01 \text{ м}^2$;
- теплопровідність людбелів (λ): $0,045 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$;
- товщина утеплювача, що включає людбелі (d): 0,1 м;

Розрахуємо опір теплопередачі одного дюбеля.

- формула опору теплопередачі шару:

$$R_{\text{дюбель}}=d/\lambda$$

- підставляємо значення:

$$R_{\text{дюбель}}=0,10,045\approx 2,222 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Загальна площа людбелів та основної поверхні.

- частка площі людбелів від загальної площі:

$$5\times 0,01=0,055 \text{ (5\%)}$$

- частка основної площі:

$$1-0,05=0,951 - 0,05 = 0,951-0,05=0,95 \text{ (95\%)}$$

Сумарний опір теплопередачі конструкції враховується як середньозважений опір теплопередачі містків холоду та основної частини стіни:

$$1/R_{\text{заг}}=(A_{\text{стін}}/R_{\text{стін}})+(A_{\text{людб}}/R_{\text{людб}}) \quad (1.4)$$

де:

$A_{\text{стін}}$ — частка основної площі, 0,950,950,95.

$R_{\text{стін}}$ — опір теплопередачі стіни без містків холоду, $3,153 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$

$A_{\text{людб}}$ — частка площі людбелів, 0,05.

$R_{\text{люд}}$ — опір теплопередачі одного людбеля, $2,222 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Для основної частини стіни:

$$0,95/3,153\approx 0,3013$$

Для людбелів:

$$0,052,222\approx 0,0225$$

Сумарне:

$$1/R_{\text{заг}}=0,3013+0,0225\approx 0,3238$$

Обернена величина:

$$R_{\text{заг}}=10,3238\approx 3,088 \text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$$

Сумарний опір теплопередачі конструкції з урахуванням 5 людбелів (містків холоду) становить 3,088 м²·°C/Вт. Містки холоду знижують опір теплопередачі порівняно з ідеальною конструкцією, але різниця є незначною завдяки невеликій площі людбелів.



Рисунок 1.3 - Показано вплив теплопровідних включень (дюбелів) на опір теплопередачі конструкції. Зі збільшенням кількості дюбелів (містків холоду) опір теплопередачі поступово зменшується, що свідчить про негативний вплив теплопровідних включень на енергоефективність стін.

РОЗДІЛ 2. СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ

2.1 Огляд інноваційних теплоізоляційних матеріалів та їх характеристик

Виробництво та споживання теплоізоляційних матеріалів в Україні за останні роки демонструють динамічні зміни, зумовлені економічними, політичними та соціальними факторами.

Виробництво: За даними аналітичної групи KorFor, ринок теплоізоляційних матеріалів в Україні представлений такими основними сегментами: кам'яна вата, скловата та пінополістирол. У 2023 році спостерігалися певні коливання у виробництві цих матеріалів, що пов'язано з економічною ситуацією та попитом на будівельні роботи.

Підвищення вимог до енергозбереження та зростання цін на енергоносії стимулюють попит на теплоізоляційні матеріали. Зокрема, у 2021 році спостерігалось збільшення інтересу до технологій енергозбереження при утепленні будівель.

Згідно з дослідженням Київської школи економіки (KSE), відбудова України після військових дій потребуватиме значних обсягів будівельних матеріалів, включаючи теплоізоляційні. Очікується, що попит на ці матеріали зросте, а українські виробники зможуть забезпечити до 90% необхідних обсягів за умови достатніх інвестицій у галузь.

Ринок теплоізоляційних матеріалів в Україні має значний потенціал для зростання, особливо в контексті відбудови країни та підвищення енергоефективності будівель. Виробники та інвестори повинні враховувати ці тенденції для ефективного планування та розвитку своїх бізнес-стратегій.

Глобальний ринок теплоізоляційних матеріалів демонструє стійке зростання, зумовлене підвищенням вимог до енергоефективності будівель та зростанням обізнаності про екологічні переваги теплоізоляції.

Виробництво та споживання: Згідно з даними аналітичних компаній, таких як Grand View Research та Markets and Markets, у 2023 році світовий ринок теплоізоляційних матеріалів оцінювався приблизно в 60 мільярдів доларів США. Очікується, що до 2030 року цей показник зросте до 90 мільярдів доларів, зі середньорічним темпом зростання (CAGR) близько 5%.

Північна Америка. Зростання ринку стимулюється оновленням будівельних норм та стандартів енергоефективності.

Європа. Ініціативи ЄС щодо зменшення викидів CO₂ та підвищення енергоефективності будівель сприяють збільшенню попиту на теплоізоляційні матеріали.

Азіатсько-Тихоокеанський регіон. Швидка урбанізація та індустріалізація, особливо в Китаї та Індії, ведуть до зростання будівельного сектору та, відповідно, попиту на ізоляційні матеріали.

Матеріали та технології: Пінополістирол, мінеральна вата та поліуретанова піна залишаються найбільш популярними матеріалами. Водночас зростає інтерес до екологічно чистих та інноваційних матеріалів, таких як аерогелі та біоізоляційні продукти.

Глобальний ринок теплоізоляційних матеріалів продовжує зростати під впливом посилення екологічних стандартів, урбанізації та технологічних інновацій. Виробники, які інвестують у розробку екологічно чистих та ефективних ізоляційних рішень, мають значні перспективи для розвитку на цьому ринку.

Пінополістирол (спінений полістирол) виготовляється шляхом спінювання полістиролу в блок-формах. При тривалому контакті з водою його водопоглинання може досягати 5%, що негативно впливає на морозостійкість та теплотехнічні характеристики матеріалу. Плити зі спіненого полістиролу використовуються для внутрішньої теплоізоляції, наприклад, у тришарових панелях. Однак цей матеріал не рекомендується застосовувати для утеплення приміщень зсередини та при облаштуванні вентиляційних фасадів через його

пожежну небезпеку, що вимагає додавання антипіренів. Крім того, при нагріванні та природному старінні пінополістирол може виділяти леткі сполуки, шкідливі для здоров'я. Використання цього матеріалу для утеплення фундаментів обмежене і можливе лише за відсутності ризику підтоплення підземними водами. Низька міцність при короткочасному та тривалому стисканні не дозволяє застосовувати пінополістирол для зовнішнього утеплення фундаментів, оскільки він піддається бічному тиску ґрунту.



Eurobud EPS 100

$\lambda_D \leq 0,036$ CS (10) ≥ 100 BS ≥ 150 $\rho \geq 18$ кг

Рисунок 2.1 – Продукція євробуд

Екструдований пінополістирол виробляється з гранульованого полістиролу методом екструзії. Він характеризується низьким водопоглинанням (не більше 0,4-0,5%), високою морозостійкістю (витримує понад 1000 циклів заморожування-відтавання) та біостійкістю. Матеріал здатний витримувати значні навантаження, стійкий до розчинів солей, кислот, лугів, масел, спиртів та цементу. Недоліками екструдованого пінополістиролу є висока вартість, відсутність паропроникності та виділення токсичних речовин при горінні. Матеріал слід захищати від впливу органічних розчинників (наприклад, бензину, керосину), високих температур та тривалого впливу сонячних променів. Він не підходить для теплоізоляції дахів у лазнях та саунах.

Область застосування включає утеплення фундаментів, виготовлення незнімної опалубки, утеплення фасадів, балконів, лоджій, цокольних поверхів, підвалів та покрівель. Екструдований пінополістирол може використовуватися як для зовнішньої, так і для внутрішньої теплоізоляції будівель. Для ізоляції стін фундаменту рекомендуються плити з питомою вагою не менше 20 кг/м³. При утепленні стін екструдованим пінополістиролом необхідно передбачити систему додаткової вентиляції.

В Україні виробництвом пінополістиролу займаються такі компанії, як "Євробуд" та "Альфа-М". "Євробуд" є одним з небагатьох виробників пінополістиролу в Україні, який підтвердив термін ефективної експлуатації пінопласту без втрати первинних властивостей не менше 50 років.

"Альфа-М" постачає на український ринок якісний матеріал за оптимальними клієнт-орієнтованими цінами.

Піноскло (газоскло) — універсальний теплоізоляційний матеріал, що складається зі спіненої скломаси. Воно повністю паро- та водонепроникне, нерозчинне у воді, стійке до дії кислот і органічних розчинників, міцне, вологостійке, довговічне (термін служби не менше 70 років), екологічне та морозостійке. Піноскло не горить і не виділяє диму та токсичних речовин, тому може застосовуватися для утеплення горизонтальних покрівель, підлог та фундаментів. Недоліками піноскла є висока вартість, значна вага порівняно з іншими видами утеплювачів, а також необхідність чіткого дотримання рекомендацій при виробництві та роботі з ним.

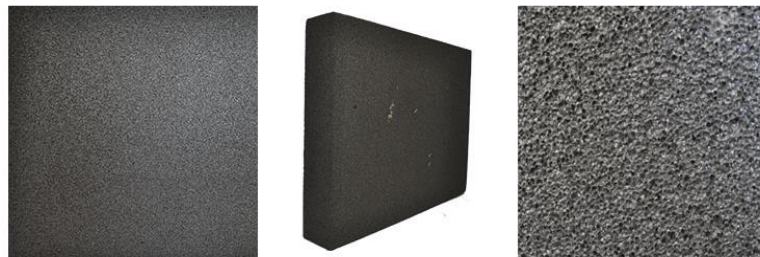


Рисунок 2.2 – Продукція піноскло

При утепленні фасадів рекомендується використовувати паропроникне піноскло, отримане методом холодного спінування. Поєднання утеплювача та захисної штукатурки на основі піноскла дозволяє створити ізоляційну систему, незалежну від кліматичних умов. Такий захисний штукатурний шар з піноскла запобігає вбиранню води утеплювачем та утворенню містків холоду, що підвищує енергоефективність будівлі. Зазвичай піноскло застосовується при утепленні будівель зовні. У разі внутрішнього утеплення необхідно уникати потрапляння вологи між утеплювачем та стіною. Існують також готові фасадні панелі зі спіненого скла. Невелика товщина огорожувальної конструкції зі спіненого скла значно збільшує корисну площу забудови, оскільки тепловий контур винесено за межі каркасу будівлі. Використання готових фасадних панелей дозволяє компенсувати можливі відхилення від геометрії каркасу будівлі та забезпечує високу якість і швидкість монтажу.

Плити з паропроникного спіненого скла можна використовувати для тепло- та шумоізоляції стель. Для утеплення підлоги підходять блоки та плити з паропроникного спіненого скла. Блоки піноскла рекомендується також застосовувати для теплоізоляції цоколів у ґрунті та вище вимощення. Піноскляний гравій і пінокрихта можуть використовуватися як теплоізоляційний шар під фундаментом дрібного закладення та по периметру фундаменту.

В Україні виробництвом піноскла займається компанія "НВП Технологія" під торговою маркою PINOSKLO. Їхня продукція відома не лише в Україні, але й за кордоном.

Пінополіуретан — це багатофункціональний матеріал, що поєднує гідро-, тепло- та звукоізоляційні властивості. Він належить до газонаповнених пластмас і утворюється шляхом змішування двох рідких компонентів, які подаються в розпилювач, де перемішуються. Після нанесення на поверхню суміш спінується та твердне, утворюючи міцне зчеплення з основою без потреби в додаткових кріпленнях. Товщина нанесеного шару може варіюватися залежно від потреби. Пінополіуретан застосовується для теплоізоляції

зовнішніх та внутрішніх стін, покрівель, віконних отворів, а також фундаментів шляхом пошарового напилення.

Переваги пінополіуретану:

- монолітність та відсутність швів;
- високі гідро-, тепло- та звукоізоляційні властивості;
- міцність та мала вага;
- щільне прилягання до поверхні, що утеплюється;
- стійкість до впливу кислот і лугів;
- відсутність "містків холоду";
- екологічність та стійкість до мікроорганізмів;
- тривалий термін експлуатації (понад 30-50 років за правильних умов).

Недоліки пінополіуретану:

- нестійкість до ультрафіолетового випромінювання;
- низька паропроникність;
- висока вартість;
- трудомісткість нанесення;
- горючість.

Нанесення пінополіуретану здійснюється на суху та чисту поверхню за допомогою спеціального обладнання.

В Україні виробництвом пінополіуретану займаються такі компанії, як "Інтерфом" та "АСАТ". "Інтерфом" є провідним виробником еластичного пінополіуретану на території України з 1997 року, маючи чотири сучасні заводи.

Базальтова мінеральна плита, відома як кам'яна вата, складається з штучних мінеральних волокон і широко використовується для утеплення різних конструкцій: стін, покрівель, перекриттів, покриттів та перегородок. Завдяки порожнинам між волокнами кам'яної вати забезпечується її висока теплоізоляційна здатність та звукоізоляція. Цей матеріал є одним із найбільш затребуваних теплоізоляційних продуктів у країнах СНД та Європи.

Сировиною для виготовлення мінеральних плит служать гірські породи, такі як базальт, діабаз, вапняк, доломіт та глина.



Рисунок 2.3 – Продукція ізоват

Переваги кам'яної вати:

- стійкість до перепадів температур і атмосферних опадів;
- низький коефіцієнт теплопровідності;
- негорючість і стійкість до високих температур;
- паропроникність;
- біостійкість;
- висока міцність на стиск;
- мала вага;
- доступна ціна.

Недоліки кам'яної вати:

- нестійкість до тривалого впливу води та ультрафіолету;
- утворення великої кількості пилу під час монтажних робіт.

Кам'яна вата випускається у вигляді м'яких матів та плит, у тому числі армованих та фольгованих для утеплення будівель, а також у вигляді жорстких

циліндрів та плит з армуванням та фольгуванням для утеплення труб, димоходів та повітроводів.

Базальтова мінеральна вата з меншою щільністю підходить для утеплення внутрішніх стін, перегородок, нежитлових горищ, лазень та саун (за умови наявності гідроізоляції утеплювача).

Вата з більшою щільністю використовується для утеплення фасадів будь-якого типу, стель, підлог, міжповерхових перекриттів, покрівель, мансардних приміщень, трубопроводів, камінів та вентиляційного обладнання.

В Україні виробництвом базальтової мінеральної вати займається компанія "Технологія Базальту", яка спеціалізується на виготовленні високоякісних теплоізоляційних матеріалів під брендом "Izolux premium".

ТБ МАРКЕТ

Скляна вата — це матеріал, що складається з мінеральних волокон, подібно до кам'яної вати. Відмінністю є те, що скляна вата має більш товсті та довгі волокна, що забезпечує підвищену пружність і міцність.

Переваги скляної вати.

Висока тепло- та звукоізоляція.

- хімічна стійкість;
- висока вібростійкість;
- негігроскопічність;
- пожежостійкість;
- відсутність виділення токсичних речовин під впливом вогню;
- мала щільність та вага;
- міцність, еластичність і гнучкість.

Недоліки скляної вати:

- нижча температуростійкість порівняно з базальтовою мінеральною ватою;
- утворення великої кількості пилу під час монтажу, що вимагає використання засобів індивідуального захисту.

Утеплення нерівних поверхонь і конструкцій будь-якої форми.

Жорсткі плити зі скляної вати, облицьовані склоповстю, здатні витримувати значні навантаження і служать хорошим вітрозахистом.

Скловолокнисті матеріали зазвичай пресуються в рулони і завдяки пружним властивостям швидко відновлюють початковий об'єм після розпакування.

В Україні виробництвом скляної вати займається компанія "Ізоват", яка пропонує широкий асортимент теплоізоляційних матеріалів для різних сфер застосування.

Ековата — це екологічний теплоізоляційний матеріал, що складається на 80% з целюлозних волокон, 12% борної кислоти, яка виконує роль антисептика, та 8% тетраборату натрію, що діє як антипірен, знижуючи горючість матеріалу. Завдяки цим добавкам ековата є вогнестійкою та стійкою до утворення грибка і плісняви.

Переваги ековати:

- високі теплоізоляційні властивості.
- здатність поглинати вологу без значного погіршення теплоізоляційних характеристик (до 20% зволоження).
- створення безшовного однорідного шару, що запобігає утворенню "містків холоду".
- високі звукоізоляційні властивості, що ефективно амортизують звукові хвилі.

Недоліки ековати:

- не рекомендується використовувати в умовах стабільно високої вологості без належної вентиляції;
- потребує спеціалізованого обладнання та кваліфікованих фахівців для монтажу;
- менша жорсткість порівняно з пінополістирольними плитами, що обмежує використання в безкаркасних конструкціях.

Методи утеплення ековатою.

Сухий спосіб: укладання розпушеної ековати в каркасні конструкції.

Мокрий спосіб: нанесення зволоженої ековати з використанням лігніну як клеючої речовини, що підходить для утеплення цегляних та блокових будівель.

В Україні виробництвом ековати займається компанія "Екохіт", яка пропонує утеплення будинків ековатою під ключ.

Керамзит — це легкий пористий матеріал, отриманий шляхом випалу глини, що має форму овальних або круглих гранул. Він також випускається у вигляді керамзитового піску.

Переваги керамзиту:

- низька вартість
- екологічність
- морозостійкість
- довговічність
- міцність
- вогнестійкість
- стійкість до гризунів

Сфери застосування:

- утеплення фундаментів, підлог першого поверху, дахів, мансард та міжповерхових перекриттів;
- використання як заповнювача у легких бетонах;
- виготовлення "теплого" кладочного розчину;
- виробництво керамзитобетонних блоків;
- зворотна засипка з тепло- та звукоізоляційними властивостями.

Гравій керамзитовий фракції 20-40 мм: застосовується для засипання горищних приміщень, фундаментів та інших місць, де потрібен товстий теплоізоляційний шар.

Гравій керамзитовий фракції 10-20 мм: використовується як утеплювач для покрівель, дерев'яних підлог та стін.

Гравій керамзитовий фракції 5-10 мм: найбільш популярний для виготовлення "тепліх" підлог, утеплення фасадів за технологією "капсімет", виробництва бетонних виробів та конструкцій.

Пісок керамзитовий фракції 0-5 мм: застосовується при влаштуванні цементних стяжок для підлог та виготовленні різних бетонних виробів.

Пісок керамзитовий фракції 0-3 мм: використовується для виготовлення "теплого" кладочного розчину.

Рекомендується використовувати керамзит різних фракцій для щільнішого засипання та кращої теплоізоляції.



Рисунок 2.4 – Продукція Самбірський керамзитовий завод (Львівська область)

Можливе як зовні, так і зсередини. При зовнішньому утепленні важливо забезпечити дренаж та захистити керамзит від вологи, оскільки при намоканні він втрачає теплоізоляційні властивості. Влаштування вимощення по периметру будівлі покращує теплоізоляційні характеристики керамзитового шару. При внутрішньому утепленні підпільного простору керамзитом засипають весь простір під підлогою або вздовж стін фундаменту з використанням опалубки, забезпечуючи відсутність щілин між засипкою та чорною підлогою.

Виробники керамзиту в Україні - Самбірський керамзитовий завод (Львівська область), КЕРАМЗИТ - ТОВ "ЕКТА БУД" (Київська область)

Термопіна, відома також як заливний пінопласт або пеноізол, є ефективним теплоізоляційним матеріалом, що виготовляється з карбамідних смол, піноутворювачів та кислот. Ці компоненти змішуються для утворення піни, яка після затвердіння забезпечує високі тепло- та звукоізоляційні властивості.

Переваги термопіни:

- високі теплоізоляційні та звукоізоляційні характеристики
- паропроникність
- низька щільність матеріалу
- пожежостійкість
- відсутність "містків холоду"
- нижча вартість порівняно з готовими теплоізоляційними плитами

Недоліки:

- менша міцність на розрив у порівнянні з екструдованим полістиролом
- зниження теплоізоляційних властивостей при тривалому зволоженні
- під час полімеризації та сушіння може виділяти незначну кількість газоподібного формальдегіду
- через гігроскопічність не рекомендується для утеплення підземних частин фундаментів та під залізобетонні стяжки
- можлива усадка до 1% під час сушіння

Сфери застосування:

- утеплення при реконструкції будівель
- заповнення пустот у цегляній кладці
- ізоляція місць з'єднання віконних та дверних прорізів зі стінами
- заповнення пустот, що виникли через неякісний монтаж або усадку мінеральної вати чи сипучих утеплювачів
- відновлення ізоляції в місцях, де пінополістирол був пошкоджений гризунами
- зовнішнє утеплення стін, фасадів, балконів, підлог та перекриттів

Виробники термопіни в Україні:

ТОВ "Термопін Україна" спеціалізується на виробництві та монтажі пеноізолу для різних будівельних потреб.

ПП "Екотеплоізол" пропонує послуги з утеплення будівель за допомогою заливного пінопласту, забезпечуючи якісну теплоізоляцію.

Фіброліт — це будівельний матеріал, виготовлений шляхом пресування деревної стружки з додаванням цементу або магнезійних в'язучих речовин. В Україні виробництвом фібролітових плит займається компанія CEWOOD, яка пропонує декоративно-акустичні панелі та будівельні плити з деревної вовни для оздоблення приміщень та зниження рівня шуму.

Стандартні плити: використовуються для обшивки каркасів, мають негорючість, екологічність, тепло- та звукоізоляційні властивості, легко обробляються та монтується.

Композитні плити: сандвіч-панелі з наповнювачем із полістиролу, пінополіуретану, мінеральної вати або іншого ізоляційного матеріалу, що підвищує їх теплоізоляційні характеристики.

Армовані покрівельні плити: застосовуються для покрівельних робіт, забезпечують міцність та довговічність конструкції.

Матеріал Durisol (Дюрісол) на 80-90% складається з тріски хвойних дерев, обробленої мінеральними добавками та скріпленої портландцементом. В Україні виробництвом блоків Durisol займається компанія "Технобазальт", яка пропонує екологічні та енергоефективні будівельні матеріали.

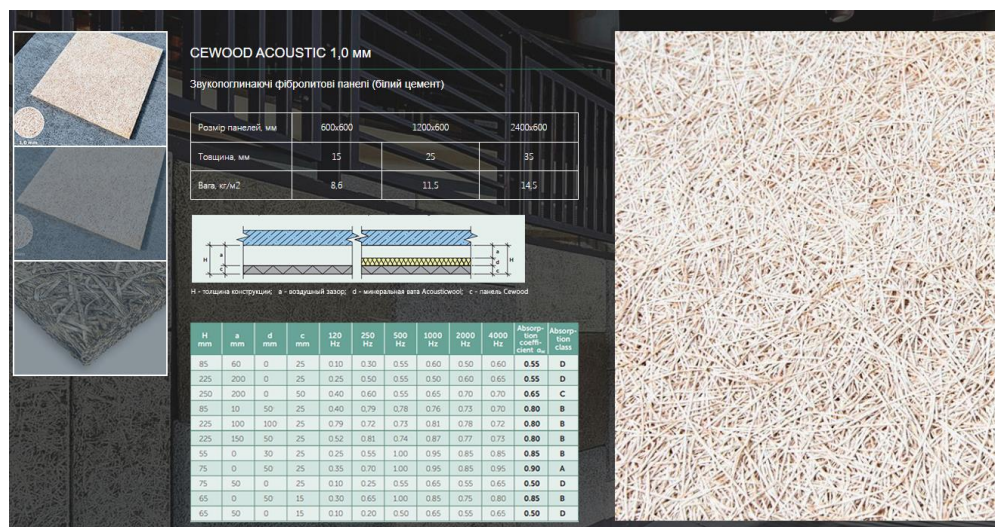


Рисунок 2.5 – Продукція CEWOOD

Переваги Durisol:

- екологічність та безпека для здоров'я;
- високі тепло- та звукоізоляційні властивості;
- вогнестійкість та стійкість до мікроорганізмів;
- морозостійкість та довговічність;
- легкість обробки та монтажу, що знижує трудомісткість та вартість будівництва.

Область застосування Durisol:

- монолітне будівництво житлових будинків, адміністративних, громадських та виробничих споруд.

Використання фібролітових плит та блоків Durisol дозволяє зменшити витрати на опалення та кондиціонування, підвищити комфорт проживання та забезпечити довговічність будівельних конструкцій.

2.2 Аналіз конструктивних рішень для зменшення тепловтрат

Утеплюючий шар, що є частиною конструкції навісного вентиляованого фасаду, має значний вплив на теплотехнічні характеристики. Тому вибір матеріалів для утеплення слід здійснювати з великою обережністю. Основна вимога до утеплювача полягає в забезпеченні збереження тепла в приміщенні та ефективній провідності водяної пари. Однак не всі матеріали відповідають цим вимогам. Наприклад, жорстко-структурований та екструзійний пінополістирол (ЕППС) мають низьку гігроскопічність, що обмежує їх використання для зовнішнього утеплення (лише 20% від загального обсягу навісних конструкцій).

2.3 Дослідження ефективності застосування різних матеріалів та технологій у будівництві

Скло — ударостійке, армоване, ламіноване або затоноване, що забезпечує максимальну інсоляцію в приміщеннях. Проте, скляні вироби є дорогими та складними у монтажі;

Сонячні панелі — один з найдорожчих типів облицювання будівель, виконаний у вигляді електронної системи, що служить альтернативним джерелом електроенергії.

РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РІШЕНЬ У БУДІВНИЦТВІ

3.1 Методи оцінки та підвищення енергоефективності існуючих будівель

Підвищення енергоефективності існуючих будівель є одним із ключових напрямів сучасної архітектури та будівництва. Зменшення енергоспоживання не лише сприяє зниженню витрат на утримання будівель, але й позитивно впливає на екологію, зменшуючи викиди парникових газів. Для досягнення цієї мети застосовуються різноманітні методи оцінки та підвищення енергоефективності.

Методи оцінки енергоефективності.

Енергетичний аудит: Це комплексне обстеження будівлі, яке включає аналіз конструктивних елементів, інженерних систем та режимів експлуатації. Метою аудиту є визначення поточного рівня енергоспоживання та виявлення можливостей для його зниження. В Україні проведення енергетичного аудиту регламентується відповідними державними стандартами та нормами.

Тепловізійна діагностика: Використання тепловізорів дозволяє виявити зони тепловтрат, такі як неякісна ізоляція, містки холоду або дефекти конструкції. Цей метод є ефективним для швидкої оцінки стану будівлі та визначення пріоритетних напрямів модернізації.

Моделювання енергоспоживання: Застосування спеціалізованих програм для симуляції енергетичних процесів у будівлі дозволяє прогнозувати ефективність різних заходів з енергозбереження. Це допомагає приймати обґрунтовані рішення щодо інвестицій у модернізацію.

Методи підвищення енергоефективності.

Теплоізоляція огорожувальних конструкцій: Утеплення стін, покрівлі та підлоги з використанням сучасних ізоляційних матеріалів значно зменшує

тепловтрати. Наприклад, застосування пінополістиролу або мінеральної вати дозволяє підвищити опір теплопередачі конструкцій.

Модернізація вікон та дверей: Встановлення енергоефективних вікон з подвійним або потрійним склопакетом та герметичних дверей знижує інфільтрацію холодного повітря, що сприяє зменшенню енергоспоживання на опалення.

Вдосконалення систем опалення та вентиляції: Встановлення сучасних котлів з високим коефіцієнтом корисної дії, впровадження систем рекуперації тепла та автоматизованого управління мікрокліматом підвищує ефективність використання енергії.

Використання відновлюваних джерел енергії: Інтеграція сонячних панелей, теплових насосів або вітрогенераторів забезпечує будівлю чистою енергією, зменшуючи залежність від традиційних енергоресурсів.

Енергетичний моніторинг: Встановлення систем контролю та обліку енергоспоживання дозволяє оперативно виявляти неефективні процеси та приймати коригувальні заходи.

Впровадження цих методів сприяє значному зниженню енергоспоживання, зменшенню витрат на комунальні послуги та покращенню екологічної ситуації. Крім того, підвищення енергоефективності підвищує комфорт та здоров'я мешканців будівлі.

В Україні питання енергоефективності регулюються низкою нормативних документів, зокрема ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель» та ДСТУ Б EN 15217:2013 «Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель»

Дотримання цих стандартів є обов'язковим при проведенні будівельних та ремонтних робіт, спрямованих на підвищення енергоефективності.

Отже, комплексний підхід до оцінки та підвищення енергоефективності існуючих будівель є необхідною умовою для забезпечення сталого розвитку, економії ресурсів та покращення якості життя населення.

Для 70-80-х років характерні стандартні проекти цегляних трисекційних будівель, розрахованих на 33 квартири, а також їх різновиди, такі як тип 114-85-47 та інші.

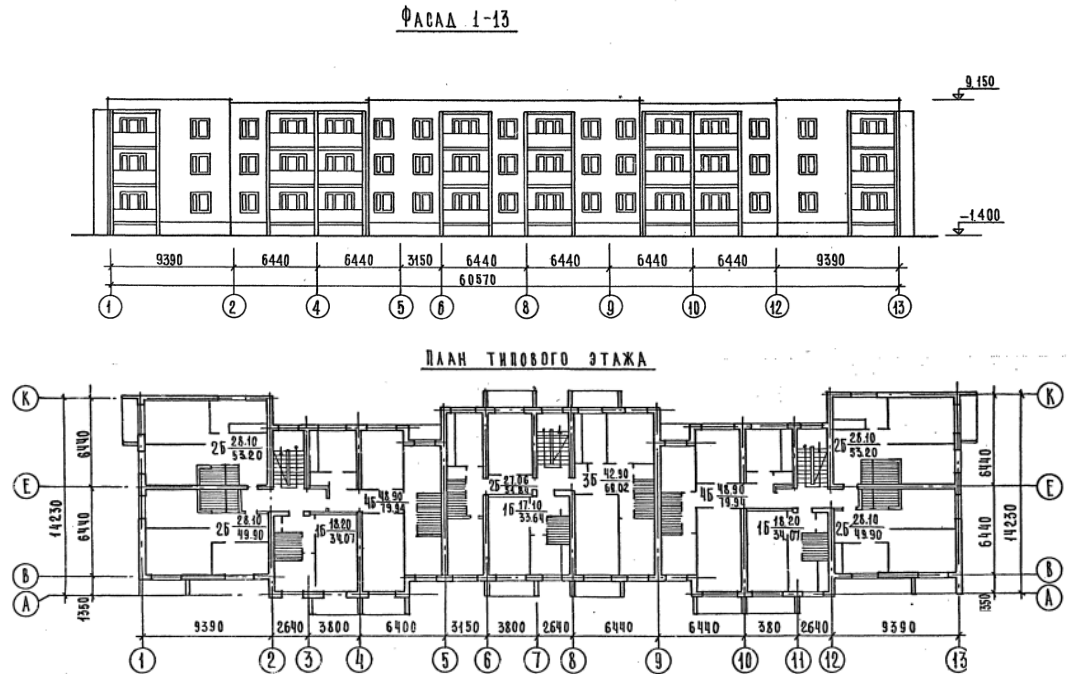


Рисунок 3.1 – Типовий проєкт 114-85-47

У типовому проєкті 114-85-47 та подібних проєктах 70-80-х років для стін використовували повнотілу силікатну цеглу з теплопровідністю, визначеною за СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка», що становила $0,65 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{°C)/ккал}$. Сучасні стандарти, такі як ДСТУ 9191:2022 «Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель», визначають теплопровідність силікатної цегли на цементно-піщаному розчині як $0,76 \text{ (м}^2 \cdot \text{K)/Вт}$. Це свідчить про те, що технологія виробництва силікатної цегли за останні 60 років зазнала незначних змін, які не вплинули суттєво на її теплопровідність.

Варто зазначити, що одиниці вимірювання теплопровідності змінилися: $1 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{°C)/ккал}$ дорівнює $1,162 \text{ (м}^2 \cdot \text{K)/Вт}$. Отже, значення $0,65 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{°C)/ккал}$ відповідає приблизно $0,76 \text{ (м}^2 \cdot \text{K)/Вт}$.

Для керамзитобетону за старими нормативами теплопровідність становила $0,65 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{°C) / ккал}$, тоді як за ДСТУ, залежно від щільності та типу піску, для найщільнішого керамзитобетону на керамзитовому піску з щільністю 1800 кг/м^3 цей показник дорівнює $0,8 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$.

Цементно-піщаний розчин або штукатурка з нього мали теплопровідність $0,65 \text{ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{°C) / ккал}$.

Розглянемо два варіанти огорожувальних конструкцій стін:

Стіна з керамзитобетону.

Цегляна стіна з характеристиками, визначеними за СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка».

Порівняємо результати з сучасними показниками за ДСТУ 9191:2022 та нормативними вимогами опору теплопередачі огорожувальних конструкцій за ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель».

У старих нормативних документах, зокрема СНиП II-A.7-62*, мінімальний опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій визначався за формулою:

$$R = (t_v - t_z) / (q_n + q_v), \quad (3.1)$$

де t_v – розрахункова температура внутрішнього повітря, яка для житлових будівель приймалася згідно з СНиП II-Л.1-62 «Житлові будівлі».

Сучасні нормативи встановлюють більш жорсткі вимоги до енергоефективності будівель, що зумовлює необхідність використання матеріалів з кращими теплоізоляційними властивостями або збільшення товщини існуючих матеріалів для досягнення необхідного опору теплопередачі.

№ п/п	Наименование помещений	Расчетная температура воздуха в °С	Кратность воздухообмена в 1 ч или количество удаляемого воздуха из помещения (при вытяжке)
1	Жилая комната квартиры и общежития	+18	3 м³/ч на 1 м² площади комнат
2	Кухня квартиры, кухня и кубовая общежития (в негазифицированных зданиях)	+15	3, но не менее 60 м³/ч
3	Кухня квартиры и общежития в газифицированных зданиях	+15	Не менее: 60 м³/ч при двухконфорочных плитах; 75 м³/ч при трехконфорочных плитах; 90 м³/ч при четырехконфорочных плитах
4	Ванная индивидуальная	+25	25 м³/ч
5	Уборная индивидуальная	+16	25 .
6	Объединенный санитарный узел	+25	50 .
7	Умывальная индивидуальная	+18	0,5
8	Ванная или душевая общие	+25	5
9	Уборная общая	+16	50 м³/ч на 1 унитаз и 25 м³/ч на 1 писсуар
10	Гардероб, комната для чистки одежды и обуви, умывальная общая	+18	1
11	Вестибюль, общий коридор, передняя	+16	—

Рисунок 3.2 – СНиП II-Л.1-62 «Житлові будівлі» таблиця 5,

(розрахункові температури та норми повітрообміну для різних приміщень. Ці параметри є критично важливими для забезпечення комфортних та безпечних умов проживання, оскільки вони визначають оптимальні температурні режими та необхідний рівень вентиляції для підтримання здорового мікроклімату в житлових будівлях).

У попередніх нормативних документах розрахункова температура внутрішнього повітря для житлових приміщень становила +18 °С. Згідно з ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки. Основні положення», у таблиці 2 наведено розрахункові результуючі температури для проектування опалення та вимоги до повітрообміну в приміщеннях. Для кімнат, дитячих та інших подібних приміщень ця температура встановлена на рівні +22 °С ±2 °С. Отже, для

подальших аналізів та розрахунків приймаємо розрахункову температуру внутрішнього повітря $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Приміщення	Розрахункова результуюча температура приміщення, $^{\circ}\text{C}$, у житлі для		Вимоги до повітрообміну			
			Мінімальна кратність повітрообміну для розрахунку тепловтрат, год		Мінімальна витрата повітря та кратність повітрообміну для підбору обладнання, повітроводів у житлі для	
	здорових людей	осіб з інвалідністю та людей літнього віку	системи вентиляції		здорових людей	осіб з інвалідністю та людей літнього віку
			механічна	природна		
Затальна кімната, спальня, дитяча, кабінет	22 ± 2	22 ± 1	0,5	0,5	0,6	0,7
Кухня, кухня-їдальня	$19,5 \pm 3$	$19,5 \pm 1,5$		1,5	$72\text{ м}^3/\text{год}$ або $60\text{ м}^3/\text{год}^{1)}$	$100,8\text{ м}^3/\text{год}$ або $60\text{ м}^3/\text{год}^{1)}$
об'ємом не більше 20 м^3			1,0			
об'ємом більше 20 м^3			0,5			
Ванна	$25 \pm 1,5^{2)}$	$25 \pm 0,5$	0,5	1,5	$54\text{ м}^3/\text{год}$	$72\text{ м}^3/\text{год}$
Туалет	22 ± 2	22 ± 1	0,5	1,5	$36\text{ м}^3/\text{год}$	$50,4\text{ м}^3/\text{год}$
Суміщений санвузол	$25 \pm 1,5^{2)}$	$25 \pm 0,5$	0,5	1,5	$90\text{ м}^3/\text{год}$	$122,4\text{ м}^3/\text{год}$
Вестибюль, загальний						

Рисунок 3.3 - Розрахункові результуючі температури за ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будівлі»

У формулі 1.1 розрахункова зимова температура зовнішнього повітря (t_z) для зовнішніх огорожувальних конструкцій визначається за графами 19 та 20 таблиці 1 глави СНиП II-A.6-62 «Будівельна кліматологія та геофізика». Для прикладу та аналізу прийmemo середню температуру найбільш холодної п'ятиденки $t_5 = -21\text{ }^{\circ}\text{C}$ та середню температуру найбільш холодних діб $t_1 = -26\text{ }^{\circ}\text{C}$. Отже, $t_z = -26\text{ }^{\circ}\text{C}$.

расчетная для проектирования		
массивных ограждающих конструкций (средняя наиболее холодная пятидневка)	легких ограждающих конструкций (средняя наиболее холодных суток)	
19	20	2
—21	—26	—
—21	—26	—
—22	—27	—
—22	—27	—
—20	—25	—
—22	—27	—
—21	—26	—
—21	—26	—
—15	—23	—
—17	—25	—
—21	—26	—

Рисунок 3.4 – таблиця 1, СНиП II-A.6-62 «Будівельна кліматологія та геофізика» (дані включають середні місячні температури, абсолютні мінімальні

та максимальні значення, а також розрахункові температури, необхідні для проектування огорожувальних конструкцій, систем опалення та вентиляції. Ця інформація є критично важливою для забезпечення енергоефективності та комфорту в будівлях, оскільки дозволяє інженерам і архітекторам враховувати кліматичні особливості регіону при розробці проєктів).

Згідно з таблицею 2 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія», для м. Запоріжжя середня температура найбільш холодної п'ятиденки становить $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$, а середня температура найбільш холодних днів — $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для розрахунків приймемо середнє значення цих показників, що дорівнює $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Нормативний температурний перепад між температурою внутрішнього повітря та температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції визначається відповідно до призначення будівлі та типу конструкції. Згідно з ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» (застарілий нормативний документ), для житлових будинків допустима різниця температур становить:

для зовнішніх стін — $4\text{ }^{\circ}\text{C}$;

для покриттів та перекриттів горищ — $3\text{ }^{\circ}\text{C}$;

для перекриттів над проїздами та підвалами — $2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для аналізу приймемо нормативний температурний перепад $\Delta t = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Нормируемые величины температурного перепада $\Delta t^{\text{н}}$

№ п/п	Вид помещений и зданий	$\Delta t^{\text{н}}$ в град	
		для наружных стен	для бесчердачных покрытий и чердачных перекрытий
1	Жилые помещения, а также помещения общественных зданий (больницы, поликлиники, детских яслей-садов и школ) . . .	6	4.5

Рисунок 3.5 – СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка» встановлені нормативні значення допустимого перепаду температур між внутрішнім повітрям приміщення та внутрішньою поверхнею огорожувальних конструкцій.

Нормативні значення температурного перепаду залежать від типу приміщення та призначення будівлі. Наприклад, для житлових кімнат і громадських приміщень, таких як лікарні та дитячі садки, допустимий перепад температур для зовнішніх стін становить 6 градусів Цельсія, а для покриттів і горищних перекриттів — 4 градуси Цельсія. Для поліклінік і шкіл ці показники дорівнюють відповідно 6 і 4,5 градусів Цельсія. Такі нормативи розроблені для забезпечення комфортних і безпечних умов у приміщеннях, а також для запобігання утворенню конденсату і розвитку плісняви на внутрішніх поверхнях огорожувальних конструкцій.

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель», допустимий температурний перепад між внутрішнім повітрям і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій для житлових будівель становить:

для стін — 4 градуси Цельсія;

для покриттів — 3 градуси Цельсія.

Коефіцієнт теплового сприйняття та величина опору теплового сприйняття визначалися за таблицею 5 СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка». Ці показники враховують теплову інерцію конструкцій і впливають на комфортні умови перебування в приміщеннях, особливо під час опалювального періоду.

Коефициенты тепловосприяття α_n и величины^{*} сопротивления тепловосприяттию R_n у внутренней поверхности ограждения

№ п/п	Род поверхностей	α_n в $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{град}$	R_n в $\text{м}^2 \cdot \text{град/ккал}$
1	Внутренние поверхности стен, полов, а также потолков, гладких или со слабо выступающими и редко расположенными ребрами, отношение высоты h которых к расстоянию a между гранями соседних ребер составляет $\frac{h}{a} < 0,2$	7,5	0,133
2	Потолки, имеющие ребристую поверхность, при отношении $\frac{h}{a} = 0,2 - 0,3$	7,0	0,143

Рисунок 3.6 – Коефіцієнт теплового сприйняття та величина опору тепло сприйняття

Для розрахунків приймаємо коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції α_v , що дорівнює $7,5 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{°C} / \text{ккал}$, та величину опору тепловіддачі R_v , яка становить $0,133 \text{ °C} / \text{ккал}$.

Коефіцієнт n , що враховує положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря, визначається за таблицею 9 СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка». Для зовнішніх стін, безпосередньо контактуючих із зовнішнім повітрям, приймаємо $n = 1$.

Варто зазначити, що значення коефіцієнта n може змінюватися залежно від типу огорожувальної конструкції та її розташування. Наприклад, для стін, що відокремлюють опалювані приміщення від неопалюваних, або для перекриттів над підвалами, значення n може бути меншим за 1. Тому при проектуванні необхідно враховувати специфіку кожного випадку та відповідно коригувати значення коефіцієнта n .

Таблиця 9

Коефіцієнт n

№ п/п	Род ограждения	Коеффициент n
1	Наружные стены, бесчердачные покрытия (совмещенные крыши) и перекрытия над проездами . . .	1
2	Чердачные перекрытия и бесчердачные покрытия (совмещенные крыши) с вентилируемыми продухами	0,9
3	Перекрытия над холодными подпольями, расположенными выше уровня земли	0,75
4	Перекрытия над неотапливаемыми подвалами при наличии окон в наружных стенах подвала . . .	0,6
5	То же, при отсутствии окон	0,4

Рисунок 3.7 – Коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього середовища, визначається за таблицею 9 СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка».

Для зовнішніх стін, безпосередньо контактуючих із зовнішнім повітрям, цей коефіцієнт приймається рівним 1. Варто зазначити, що значення цього коефіцієнта може змінюватися залежно від типу огорожувальної конструкції та її розташування. Наприклад, для стін, що відокремлюють опалювані приміщення від неопалюваних, або для перекриттів над підвалами, значення коефіцієнта може бути меншим за 1. Тому при проектуванні необхідно враховувати специфіку кожного випадку та відповідно коригувати значення цього коефіцієнта.

Коефіцієнт якості теплоізоляції зовнішньої огорожувальної конструкції (b) визначається відповідно до пункту 3.11 СНиП II-A.7-62* «Будівельна теплотехніка». Для стін без додаткової теплоізоляції цей коефіцієнт приймається рівним 1. У випадку використання теплоізоляції з мінераловатних плит b дорівнює 1,2, а при застосуванні пінополістиролу — 1,1.

Варто зазначити, що вибір коефіцієнта b залежить від типу та якості застосованого теплоізоляційного матеріалу. Наприклад, для стін з ефективною теплоізоляцією коефіцієнт b може бути меншим за 1, що свідчить про підвищену ефективність теплоізоляції. Тому при проектуванні огорожувальних конструкцій необхідно враховувати характеристики обраного матеріалу та відповідно коригувати значення коефіцієнта b.

3.11. Величину коэффициента качества теплоизоляции b в формулах (9) надлежит принимать равной:

а) для наружных ограждений, утепленных материалами, подверженными уплотнению, деформации или усадке (например, стиропор, минераловатные плиты, войлок и т. п.), независимо от их объемного веса $b=1,2$;

б) для наружных ограждений, утепленных теплоизоляционными материалами с объемным весом менее 400 кг/м^3 (за исключением материалов, указанных в подпункте «а») $b=1,1$;

в) для всех прочих наружных ограждений $b=1$.

Рисунок 3.8 – Коефіцієнт якості теплоізоляції зовнішньої огорожувальної конструкції

Для визначення теплотехнічних характеристик силікатної цегляної стіни товщиною 510 мм за нормативами СНиП II-A.7-62* необхідно розрахувати її опір теплопередачі (R) та коефіцієнт теплопередачі (U).

1. Розрахунок опору теплопередачі (R):

Опір теплопередачі визначається за формулою:

$$R=d/\lambda$$

де:

- d — товщина стіни, м;
- λ — коефіцієнт теплопровідності матеріалу, ккал/(м·год·°C).

Згідно з СНиП II-A.7-62*, для силікатної цегли коефіцієнт теплопровідності становить 0,65 ккал/(м·год·°C)

Підставимо значення:

$$d=0,51 \text{ м};$$

$$\lambda=0,65 \text{ ккал/(м·год·°C)}.$$

$$R=0,51/0,65\approx 0,785 \text{ м}^2\cdot\text{год}\cdot\text{°C}$$

2. Переведення опору теплопередачі в сучасні одиниці:

Для порівняння з сучасними нормами необхідно перевести отримане значення в м²·К/Вт. Відомо, що 1 м²·год·°C/ккал \approx 1,163 м²·К/Вт.

$$R=0,785\times 1,163\approx 0,913 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$$

3. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі (U):

Коефіцієнт теплопередачі визначається як обернена величина опору теплопередачі:

$$U=1/R$$

$$U=1/0,913\approx 1,095 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$$

Для аналізу теплотехнічних характеристик стіни пропонується змоделювати її конструкцію в ArchiCAD, використовуючи модуль оцінки енергоефективності. Цей підхід дозволяє детально дослідити теплові мости та визначити потенційні зони тепловтрат. На рисунку 3.9 представлено результати такого моделювання, які демонструють розподіл температур і теплових потоків

через стіну. Це дає змогу виявити слабкі місця в конструкції та розробити заходи для підвищення енергоефективності будівлі.

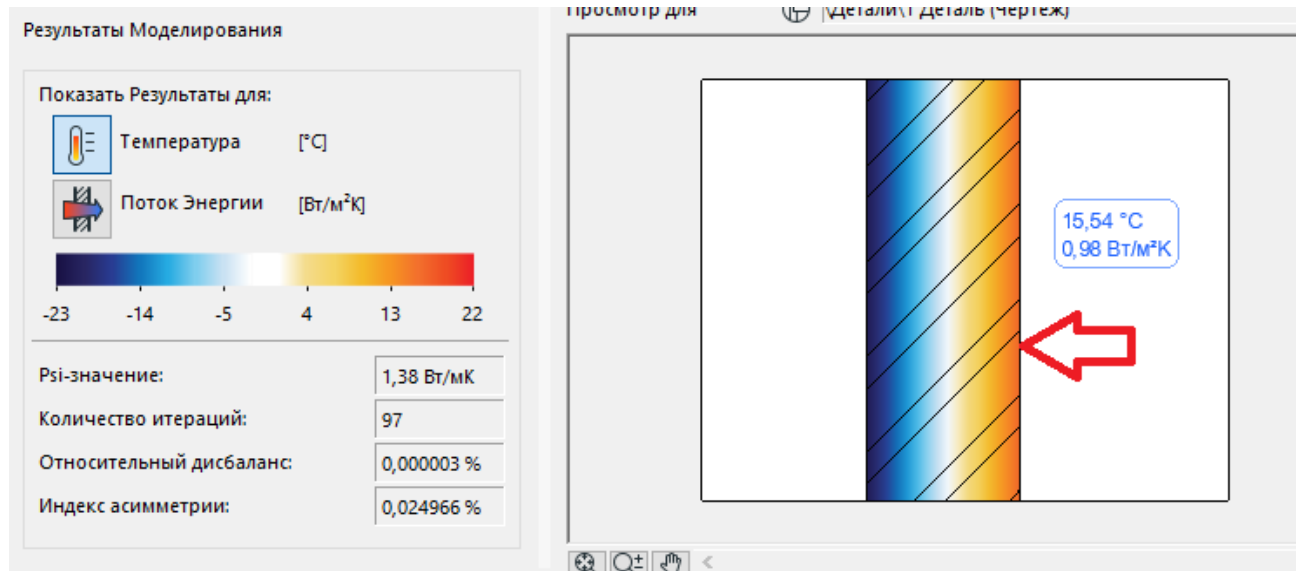


Рисунок 3.9 – Модель цегляної стіни у модулі енергоефективності ArchiCAD

Як можна бачити з моделювання відповідної огорожуючої конструкції, температура внутрішньої поверхні значно відрізняється від температури номінальної температури у 22 °С, що не відповідає сучасним будівельним нормам та стандартам, 3 градуси проти майже 6 градусів різниці. Що означає підвищену потребу у використанні енергії на опалення.

Дивлячись у сторону сучасних нормативів таких як ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель», тепловий опір огорожуючої конструкції повинен бути для міста Запоріжжя не меншим ніж $3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Згідно розрахунків що наведені вище у розділах, теплоізоляції у 100 мм, без урахування зовнішніх впливів нахталт теплових містків холоду, дюбелів, каркасів кріплення мінеральної вати, пінополістиролу, тощо, теплопровідність буде складати на рівні $3,341 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Вплив теплопровідних включень у вигляді дюбелів визначається зниженням опору теплопередачі (R) і збільшенням коефіцієнта теплопередачі (U) конструкції.

Без дюбелів:

$$U=0,295 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

З дюбелями:

$$U_{\text{eff}}=0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Різниця (ΔU):

$$\Delta U=U_{\text{eff}}-U=0,3-0,295=0,005 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Відносний вплив:

$$\text{Вплив на } U=(\Delta U/U) \cdot 100\%=(0,005/0,295) \cdot 100\% \approx 1,69\%$$

Вплив на опір теплопередачі (R):

Без дюбелів:

$$R=3,391 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

З дюбелями:

$$R_{\text{eff}}=3,33 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Різниця (ΔR):

$$\Delta R=R-R_{\text{eff}}=3,391-3,33=0,061 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Відносний вплив:

$$\text{Вплив на } R=(\Delta R/R) \cdot 100\%=(0,061/3,391) \cdot 100\% \approx 1,8\%$$

Чотири дюбелі на 1 м² фасаду знижують опір теплопередачі стіни приблизно на 1,8% та збільшують коефіцієнт теплопередачі приблизно на 1,69%. Це свідчить, що вплив дюбелів є незначним, проте він може стати помітним при великій кількості теплопровідних включень або при недостатній товщині утеплювача.

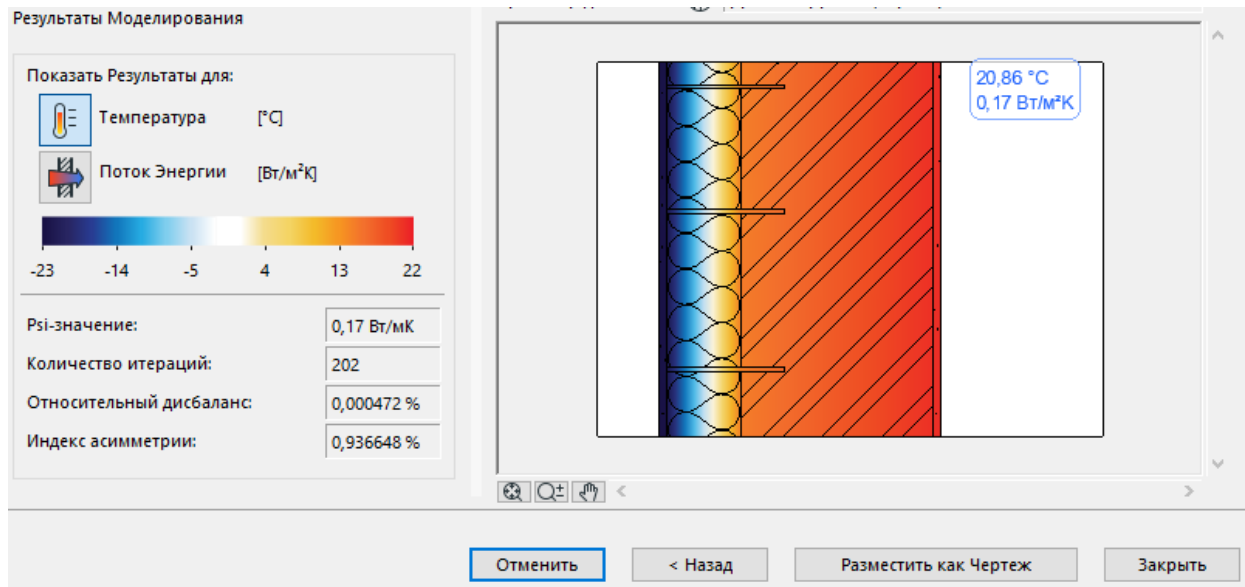


Рисунок 3.10 – Модель цегляної утепленої стіни з теплопровідними включеннями у вигляді дюбелів у модулі енергоефективності ArchiCAD

Загальна енергетична модернізація будівель потребує не лише впровадження окремих заходів, але й стратегічного підходу, який враховує локальні умови, кліматичні особливості та технічний стан споруд. Оцінка енергоефективності повинна поєднувати точну діагностику із системним плануванням покращень, що дозволить забезпечити максимальну ефективність витрат і довговічність рішень.

Комплексний підхід до енергомодернізації.

Аналіз первинного енергоспоживання: Початковим етапом є визначення точного рівня споживання енергії. Це дозволяє оцінити, які саме зони будівлі є найуразливішими до тепловтрат. Наприклад, високі показники втрат через вікна чи покрівлю свідчать про необхідність їх модернізації.

Пріоритезація заходів: Не всі заходи мають однакову ефективність для кожного конкретного будинку. У багатоповерхових будівлях пріоритетними є ізоляція стін і покрівлі, тоді як для приватних будинків важливо модернізувати підлоги, особливо якщо є холодний підвал.

Розробка проектів та кошторису. Складання чіткої дорожньої карти, яка включає етапи впровадження заходів з енергоефективності, є запорукою

успішної модернізації. Це включає і вибір сучасних матеріалів, і аналіз їх вартості та тривалості служби.

Моніторинг та оцінка результатів. Встановлення систем енергетичного моніторингу дозволяє перевіряти ефективність впроваджених заходів. Важливо оцінювати, наскільки реальне енергоспоживання зменшується у порівнянні з проектними розрахунками.

Роль держави та громадських ініціатив.

На рівні державної політики підтримка енергоефективності має включати.

Фінансування проектів енергомодернізації. Гранти, пільгові кредити та програми співфінансування мотивують власників будівель впроваджувати заходи з енергоефективності.

Підвищення обізнаності населення. Проведення інформаційних кампаній сприяє кращому розумінню важливості енергозбереження та методів його досягнення.

Регулювання стандартів будівництва. Встановлення нормативів, таких як мінімальні показники опору теплопередачі, стимулює використання енергоефективних технологій і матеріалів.

Громадські організації та локальні ініціативи можуть стати провідниками змін, організовуючи консультації, семінари та навіть допомогу у впровадженні новітніх технологій.

Методи оцінки та підвищення енергоефективності існуючих будівель є важливим аспектом сучасної політики сталого розвитку. Вони спрямовані не лише на зниження енергоспоживання, а й на забезпечення комфорту, зменшення витрат для споживачів та збереження природних ресурсів.

Інтеграція новітніх технологій, комплексний аналіз стану будівель та залучення державних і приватних ресурсів створюють основу для досягнення амбітних цілей енергоефективності. У кінцевому підсумку це не лише знижує негативний вплив на довкілля, але й формує нову культуру раціонального використання енергетичних ресурсів.

3.2 Розробка рекомендацій щодо вибору матеріалів та технологій для новобудов

У сучасному будівництві України особлива увага приділяється підвищенню енергоефективності новобудов, що зумовлено як економічними, так і екологічними чинниками. Відповідно до нових будівельних норм, зокрема ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель», встановлено жорсткіші вимоги до теплозахисту будівельних конструкцій.

Це спонукає до ретельного вибору матеріалів та технологій, які забезпечать відповідність цим стандартам та сприятимуть зниженню енергоспоживання.

Системи вентильованих фасадів забезпечують ефективне відведення вологи та покращують теплоізоляційні характеристики стін. Використання таких систем сприяє зниженню тепловтрат та підвищенню довговічності будівлі.

Інтеграція систем підігріву підлоги дозволяє рівномірно розподіляти тепло в приміщенні, зменшуючи потребу в традиційних опалювальних приладах та підвищуючи комфорт мешканців.

Сонячні колектори та панелі: Забезпечують виробництво електроенергії та гарячої води, зменшуючи залежність від традиційних енергоресурсів.

Теплові насоси: Використовують енергію ґрунту, води або повітря для опалення та охолодження приміщень, що сприяє значній економії енергії.

Прогнозовані тенденції підвищення рівня теплозахисту.

Згідно з прогнозами, вимоги до енергоефективності будівель будуть поступово посилюватися, наближаючись до стандартів пасивних будинків. Це передбачає зменшення споживання енергії до мінімальних показників за рахунок оптимізації конструктивних рішень та впровадження сучасних технологій.

Інтеграція енергоефективних рішень на етапі проектування врахування сучасних вимог та стандартів дозволить уникнути додаткових витрат на модернізацію в майбутньому.

Використання сертифікованих матеріалів забезпечить відповідність будівель нормативним вимогам та гарантує їх довговічність.

Підвищення кваліфікації персоналу навчання будівельників сучасним методам та технологіям сприятиме якісному виконанню робіт та досягненню високих показників енергоефективності.

Отже, впровадження нових будівельних норм та прогнозоване підвищення вимог до теплозахисту будівель вимагають комплексного підходу до вибору матеріалів та технологій. Забудовники повинні орієнтуватися на сучасні стандарти, впроваджувати інноваційні рішення та дотримуватися принципів сталого розвитку, що забезпечить комфортні умови проживання та зменшить негативний вплив на довкілля.

Скандинавські країни, такі як Швеція, Норвегія та Данія, відомі своїм передовим підходом до енергоефективності в будівництві. Їхній досвід може служити цінним орієнтиром для розробки рекомендацій щодо вибору матеріалів та технологій для новобудов в Україні, з урахуванням нових будівельних норм та прогнозованого підвищення вимог до теплозахисту будівель.

Ключові аспекти скандинавського підходу до енергоефективного будівництва використання природних та екологічно чистих матеріалів скандинавські будівельники надають перевагу матеріалам з низьким вуглецевим слідом, таким як деревина з сертифікованих лісів. Дерев'яні конструкції не лише забезпечують високий рівень теплоізоляції, але й сприяють зменшенню викидів CO₂.

Інтеграція відновлюваних джерел енергії, використання сонячних панелей, геотермальних систем та теплових насосів є стандартною практикою.

Це дозволяє значно знизити споживання традиційних енергоресурсів та підвищити енергоефективність будівель.

Високий рівень теплоізоляції та герметичності, скандинавські будівлі характеризуються товстими ізоляційними шарами та високим рівнем герметичності, що мінімізує тепловтрати. Використання тришарових склопакетів та ефективних систем вентиляції з рекуперацією тепла забезпечує оптимальний мікроклімат всередині приміщень.

Концепція пасивного будинку, розроблена в Німеччині, широко впроваджується в Скандинавії. Ці будівлі споживають мінімум енергії завдяки оптимальній орієнтації, ефективній ізоляції та використанню пасивних джерел тепла, таких як сонячна енергія та тепло від мешканців.

Системи «розумного» будинку, використання автоматизованих систем управління енергоспоживанням дозволяє оптимізувати використання ресурсів та підвищити комфорт мешканців. Це включає регулювання освітлення, опалення та вентиляції в залежності від потреб та зовнішніх умов.

У Скандинавії реалізовано низку проєктів житлових будівель з майже нульовим енергоспоживанням (NZEB), які демонструють ефективність сучасних технологій та матеріалів у досягненні високої енергоефективності. Розглянемо один із таких проєктів.

Проєкт житловий будинок у місті Хямеєнлінна, Фінляндія.

У місті Хямеєнлінна зведено житловий будинок, при будівництві якого застосовано передові технології, що дозволило досягти майже нульового рівня енергоспоживання. Для отримання найкращих експлуатаційних характеристик у проєкті реалізовано такі рішення, що представлені нижче.

Каркас з легких металоконструкцій, забезпечує міцність та довговічність будівлі при одночасному зменшенні тепловтрат.

Використання сендвіч-панелей з високими теплоізоляційними властивостями мінімізує втрати тепла через огорожувальні конструкції.

Інтеграція сонячних панелей для виробництва електроенергії та сонячних колекторів для нагріву води зменшує залежність від традиційних джерел енергії.

Використання геотермальної енергії для опалення та охолодження приміщень підвищує енергоефективність будівлі.

Променисте опалення та кондиціонування, забезпечує рівномірний розподіл тепла та комфорту в приміщеннях.

Світлопрозорі полікарбонатні фасади, дозволяють максимально використовувати природне освітлення, зменшуючи потребу в штучному освітленні.

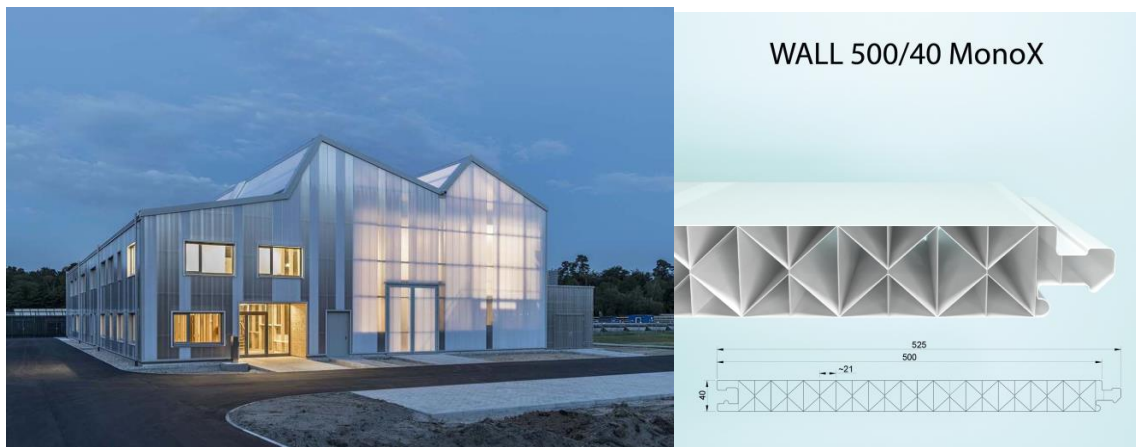


Рисунок 3.10 – Використання полікарбонатних будівельних матеріалів

Полікарбонатні фасади виготовляються з полікарбонатних панелей, які використовуються для облицювання зовнішніх стін будівель. Вони поєднують високу міцність, легкість та здатність пропускати природне світло, що сприяє зниженню енергоспоживання на освітлення.

Переваги полікарбонатних фасадів.

Забезпечують ефективне природне освітлення приміщень, зменшуючи потребу в штучному освітленні.

Мають меншу вагу порівняно зі склом, що знижує навантаження на конструкцію будівлі.

Стойкі до механічних пошкоджень та впливу погодних умов.

Завдяки комірчастій структурі, полікарбонатні панелі мають добрі теплоізоляційні властивості.

Опір теплопередачі (R) полікарбонатних фасадів залежить від типу та товщини панелей. Згідно з даними, коефіцієнт теплопередачі (U) для полікарбонатних панелей товщиною 25 мм становить приблизно $1,7 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$

Відповідно, опір теплопередачі $R = 1/U \approx 0,59 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$.

Для порівняння, сучасні будівельні норми України (ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель») встановлюють мінімальний опір теплопередачі для зовнішніх стін житлових будівель на рівні $3,5 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$. Отже, полікарбонатні фасади можуть потребувати додаткових заходів з утеплення або комбінування з іншими матеріалами для досягнення нормативних показників енергоефективності.

Полікарбонатні фасади є ефективним рішенням для забезпечення природного освітлення та естетичного вигляду будівель. Проте, для досягнення необхідних показників енергоефективності, слід враховувати їхні теплоізоляційні властивості та, за потреби, застосовувати додаткові заходи з утеплення.

Автоматизовані системи управління енергоспоживанням оптимізують використання ресурсів та підвищують комфорт мешканців.

Завдяки комплексному підходу та впровадженню сучасних технологій, будівля досягла майже нульового рівня енергоспоживання. Це підтверджує ефективність використання відновлюваних джерел енергії та інноваційних рішень у будівництві.

Досвід реалізації цього проєкту демонструє, що досягнення високої енергоефективності можливе за умови комплексного підходу, який включає використання сучасних матеріалів, технологій та відновлюваних джерел енергії. Такий підхід може бути адаптований і в інших країнах, зокрема в Україні, для підвищення енергоефективності житлових будівель.

Говорячи про рекомендації для України на основі скандинавського досвіду можна виділити наступне. Впровадження стандартів пасивного

будинку, адаптація принципів пасивного будівництва до українських кліматичних умов сприятиме значному зниженню енергоспоживання новобудов. Використання екологічно чистих матеріалів, застосування місцевих природних матеріалів з низьким вуглецевим слідом, таких як деревина, сприятиме сталому розвитку та зменшенню екологічного впливу будівництва. Інтеграція відновлюваних джерел енергії, встановлення сонячних панелей, теплових насосів та інших відновлюваних джерел енергії дозволить зменшити залежність від традиційних енергоресурсів та підвищити енергоефективність будівель. Підвищення стандартів теплоізоляції, використання сучасних ізоляційних матеріалів та технологій, що відповідають або перевищують вимоги нових будівельних норм, забезпечить високий рівень теплозахисту будівель.

Адаптація скандинавського досвіду в українському будівництві сприятиме створенню енергоефективних, екологічно чистих та комфортних для проживання будівель, що відповідають сучасним вимогам та стандартам.

3.3 Економічний аналіз впровадження енергоефективних заходів та їх вплив на зменшення енергоспоживання

Розрахуємо економічний ефект від провадження заходів з утеплення стін та ефект зниження енергоспоживання на наступному прикладі.

Розрахунок енергоспоживання на опалення трьохповерхової багатоквартирної будівлі

Вихідні дані:

Розміри будівлі:

Загальна площа фасадів: 325 м².

Загальна площа покриття (підлоги): 274,5 м².

Площа світлопрозорих конструкцій (вікон): 81,25 м².

Загальна площа квартир на поверхах: (45, 51, 62, 72 м²) × 3 поверхи × 4 квартири = 690 м².

Теплоізоляційні характеристики:

Тепловий опір стін із утепленням (пінополістирол 100 мм): $R = 3,33 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Тепловий опір покриття: $R = 5,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ (сучасні стандарти для утеплених покрівель).

Тепловий опір вікон (двокамерний склопакет): $R = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Кліматичні умови:

Розрахункова температура всередині приміщень: 20°C .

Розрахункова зовнішня температура: -5°C .

Опалювальний сезон: 90 днів.

Розрахунок тепловтрат через елементи будівлі.

Тепловтрати через стіни (фасади).

Тепловтрати розраховуються за формулою:

$$Q_{\text{стіни}} = U_{\text{стіни}} \cdot A_{\text{стіни}}$$

де:

$$U_{\text{стіни}} = 1/R_{\text{стіни}} = 1/3,33 \approx 0,3 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$$

$$A_{\text{стіни}} = 325 \text{ м}^2$$

$$\Delta T = 20 - (-5) = 25 \text{ К}$$

Підставляємо:

$$Q_{\text{стіни}} = 0,3 \cdot 325 \cdot 25 = 2437,5 \text{ Вт}$$

Тепловтрати через покрівлю (підлогу):

$$Q_{\text{покрівлі}} = U_{\text{покрівлі}} \cdot A_{\text{покрівлі}} \cdot \Delta T$$

де:

$$U_{\text{покрівлі}} = 1/R_{\text{покрівлі}} = 1/5,0 = 0,2 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$$

$$A_{\text{покрівлі}} = 274,5 \text{ м}^2$$

Підставляємо:

$$Q_{\text{покрівлі}} = 0,2 \cdot 274,5 \cdot 25 = 1372,5 \text{ Вт}$$

Тепловтрати через вікна:

$$Q_{\text{вікон}} = U_{\text{вікон}} \cdot A_{\text{вікон}} \cdot \Delta T$$

де:

$$U_{\text{вікон}} = 1/R_{\text{вікон}} = 10,8 = 1,25 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$A_{\text{вікон}} = 81,25 \text{ м}^2$$

Підставляємо:

$$Q_{\text{вікон}} = 1,25 \cdot 81,25 \cdot 25 = 2539,06 \text{ Вт.}$$

Сумарні тепловтрати:

Складаємо тепловтрати всіх елементів:

$$Q_{\text{загальне}} = Q_{\text{стіни}} + Q_{\text{покрівлі}} + Q_{\text{вікон}} = 2437,5 + 1372,5 + 2539,06 = 6350,06 \text{ Вт.}$$

Енергоспоживання на опалювальний сезон.

Енергоспоживання розраховується за формулою:

$$E = Q_{\text{загальне}} \cdot 24 \cdot \text{тривалість сезону} / 1000$$

де:

$$Q_{\text{загальне}} = 6350,06 \text{ Вт}$$

$$\text{Тривалість сезону} = 90 \text{ днів}$$

$$E = 6350,06 \cdot 24 \cdot 90 / 1000 = 13719,25 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Енергоспоживання на опалення трьохповерхової багатоквартирної будівлі з утепленням 100 мм пінополістиролу становить 13 719 кВт·год за опалювальний сезон.

Розрахувавши за такою ж процедурою енергоспоживання на опалення трьохповерхової багатоквартирної будівлі без утеплення покриття (тепловий опір за СНІП 70–80 років) і без утеплення цегляної стіни становить 68 697 кВт·год за опалювальний сезон.

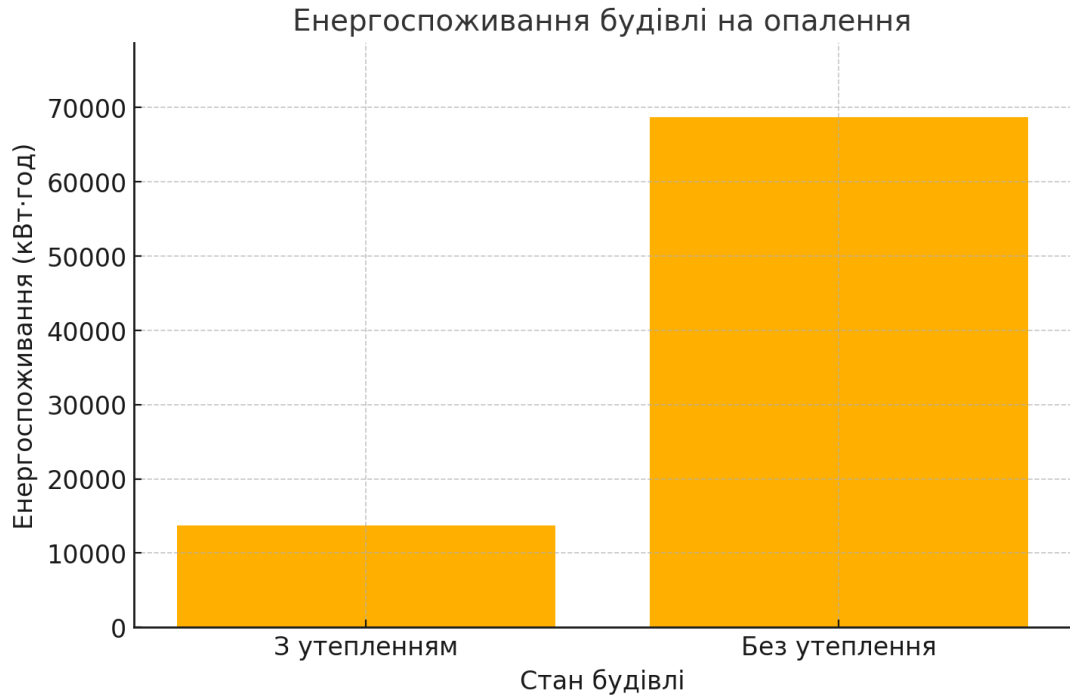


Рисунок 3.11 – Порівняння енергоспоживання будівлі

Економічний аналіз вартості опалення будівлі в гривнях:

1. Опалення будівлі з утепленням.

Загальне енергоспоживання за сезон для утепленої будівлі: **13 719 кВт·год.**

Вартість 1 кВт·год: **0,1 євро (еквівалент 4 грн).**

Витрати за один опалювальний сезон: $13719 \text{ кВт год} \cdot 4 \text{ грн} = 54877 \text{ грн}$.

Витрати за три роки: $54877 \text{ грн} \cdot 3 = 164631 \text{ грн}$.

2. Опалення будівлі без утеплення.

Загальне енергоспоживання за сезон для неутепленої будівлі: **68 697 кВт·год.**

Вартість 1 кВт·год: **0,1 євро (еквівалент 4 грн).**

Витрати за один опалювальний сезон: $68697 \text{ кВт год} \cdot 4 \text{ грн} = 274787 \text{ грн}$.

Витрати за три роки: $274787 \text{ грн} \cdot 3 = 824362 \text{ грн}$.

3. Економічний ефект.

Економія за рахунок утеплення:

824362 грн–164631 грн=659731 грн.

З утепленням. Витрати на опалення за три роки складуть приблизно 164 631 грн.

Без утеплення. Витрати на опалення за три роки складуть приблизно 824 362 грн.

Економія. Утеплення будівлі дозволяє зменшити витрати на опалення за три роки на 659 731 грн.

Це демонструє доцільність інвестування в утеплення для суттєвого зниження витрат на енергоресурси.

Для визначення вартості матеріалів для утеплення стін і покрівлі трьохповерхової будівлі нам потрібно врахувати.

Вихідні дані:

Стінни.

Площа стін: 325 м².

Товщина утеплювача (пінополістирол): 100 мм.

Вартість пінополістиролу (середня ціна): 300 грн/м² (за 100 мм товщини).

Покрівля.

Площа покрівлі: 274,5 м².

Товщина утеплювача (мінеральна вата): 150 мм.

Вартість мінеральної вати (середня ціна): 400 грн/м² (за 150 мм товщини).

Додаткові матеріали.

Клей для пінополістиролу: 50 грн/м².

Армувальна сітка: 30 грн/м².

Штукатурка: 70 грн/м².

Пароізоляційна плівка для покрівлі: 25 грн/м².

1. Вартість утеплення стін.

Складається із вартості пінополістиролу, клею, армувальної сітки та штукатурки:

Вартість стін=Площа стін·(Ціна пінополістиролу+Клей+Сітка+Штукату
рка)

$$\text{Вартість стін}=325\cdot(300+50+30+70)=325\cdot450=146250 \text{ грн.}$$

2. Вартість утеплення покрівлі.

Складається із вартості мінеральної вати та пароізоляційної плівки:

Вартість покрівлі=Площа покрівлі·(Ціна мінеральної вати+Пароізоляцій
на плівка)

$$\text{Вартість покрівлі}=274,5\cdot(400+25)=274,5\cdot425=116662,5 \text{ грн.}$$

Загальна вартість утеплення.

Загальна вартість=Вартість стін+Вартість покрівлі

$$\text{Загальна вартість}=146250+116662,5=262912,5 \text{ грн.}$$

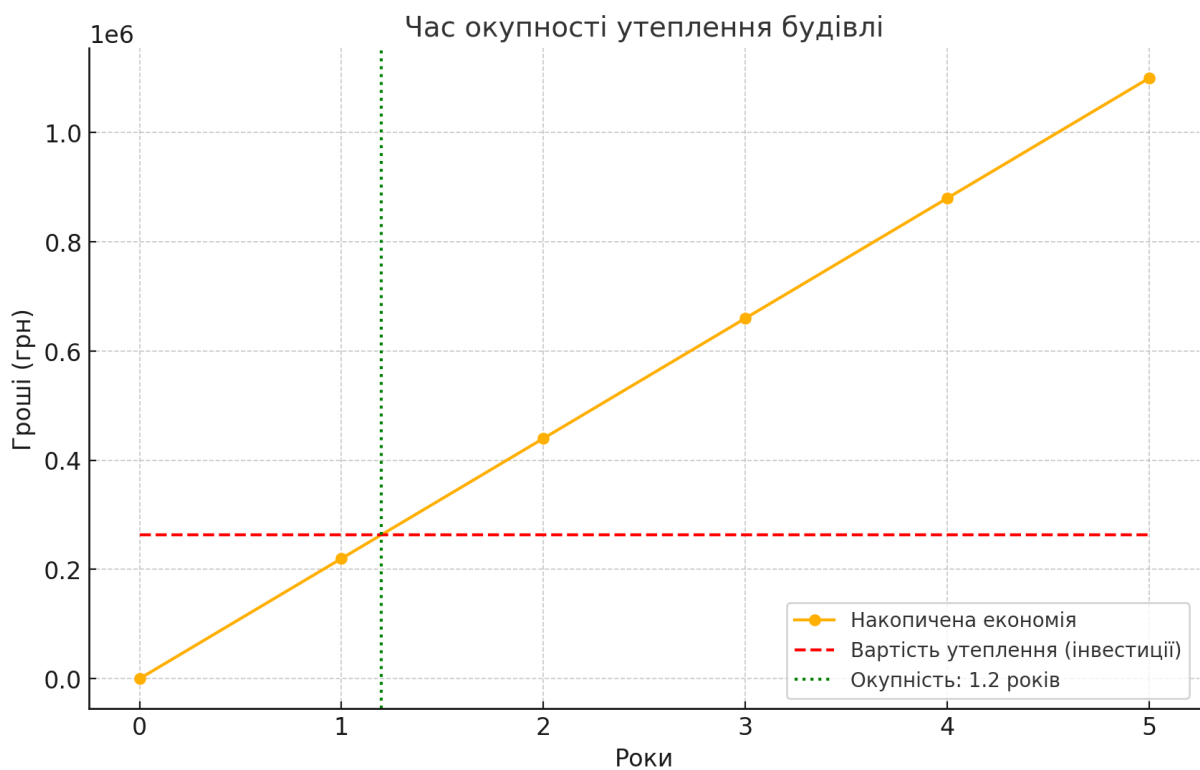


Рисунок 3.12 – Час окупності проєкту утеплення будівлі (Синя лінія: Накопичена економія на опаленні з кожним роком. Червона пунктирна лінія: Початкова вартість інвестиції в утеплення. Зелена вертикальна лінія: Час окупності, який становить приблизно 1,2 роки.)

Для утеплення стін та покрівлі трьохповерхової будівлі знадобиться приблизно 262 913 грн на матеріали (пінополістирол, мінеральну вату, клей, сітку, штукатурку та пароізоляційну плівку).

Проект утеплення стін та покрівлі будівлі окупиться приблизно за **1,2 роки** (близько 1 року і 2 місяців).

Це швидкий термін окупності, що свідчить про високу економічну доцільність утеплення цієї будівлі.

ВИСНОВКИ

На основі проведених розрахунків щодо енергоспоживання, вартості утеплення та економічного ефекту, зроблено такі висновки:

1. Енергоспоживання:

З утепленням: Енергоспоживання трьохповерхової багатоквартирної будівлі становить 13 719 кВт·год/сезон.

Без утеплення: Енергоспоживання будівлі без утеплення — 68 697 кВт·год/сезон.

Різниця: Утеплення зменшує енергоспоживання на 54 978 кВт·год/сезон, що еквівалентно 80% економії енергії.

2. Вартість опалення.

З утепленням вартість опалення за три роки становить 164 631 грн.

Без утеплення вартість опалення за три роки становить 824 362 грн.

Економія утеплення будівлі дозволяє заощадити 659 731 грн за три роки.

3. Вартість утеплення.

Загальна вартість утеплення стін і покрівлі (матеріали): 262 913 грн.

Матеріали включають.

Пінополістирол для стін (100 мм) — 146 250 грн.

Мінеральна вата для покрівлі (150 мм) — 116 663 грн.

4. Час окупності:

Час окупності проєкту утеплення становить приблизно 1,2 роки (14 місяців).

Це свідчить про надзвичайно швидку окупність за рахунок суттєвого зниження витрат на опалення.

5. Економічний ефект.

Інвестиція в утеплення приносить довгострокову економію. За три роки утеплення знижує витрати на опалення на 659 731 грн, а після завершення періоду окупності економія зростає щороку.

Енергоспоживання: Графік демонструє значне зменшення енергоспоживання завдяки утепленню.

Графік показує швидку компенсацію витрат на утеплення завдяки економії.

Впровадження утеплення стін і покрівлі — це високоефективний спосіб зменшити витрати на опалення та підвищити комфорт мешканців.

Економія на опаленні покриває витрати на утеплення вже через трохи більше ніж 1 рік, що робить цей проєкт фінансово доцільним.

Енергозбереження сприяє зменшенню екологічного впливу завдяки скороченню споживання енергоресурсів.

Інвестиція в утеплення є виправданою як з економічної, так і з екологічної точки зору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель: ДБН В.2.6-31:2021. - К.: Мінбуд України, 2021. – 23 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27: 2010. – Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).
3. Закон України „Про енергозбереження” (74/94-вр) від 01.07.1994р.
4. Закон України від 22.06.2017року №2118-VIII «Про енергетичну ефективність будівель».
5. Сергейчук О. В. Архітектурно-будівельна фізика. Теплотехніка огороджуючих конструкцій будинків : навч. Посібник / О. В. Сергейчук. – К. : Такі справи, 1999. – 156 с.
6. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6–31:2016 / Мінбуд України. – [Чинні від 2017–05–01]. – К.: Мінрегіонбуд, 2016. – 33 с. – (Державні будівельні норми України). Плоский В. О., Гетун Г. В. Архітектура будівель та споруд. Книга
7. Житлові будинки: Підручник. – Кам'янець-Подільський: Рута, 2017. – 739 с.
8. Плоский В. О., Гетун Г. В., Мартинов В. Л. та ін. Архітектура будівель та споруд. Книга 4. Технічна експлуатація та реконструкція будівель: Підручник. – Кам'янець-Подільський: Рута, 2018. – 750 с.
9. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій: монографія/ Г.Г. Фаренюк. – К.: Гама-Принт. – 2009. – 211с.
10. Grand View Research. Insulation Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Glass Wool, Mineral Wool, EPS, XPS), By Application (Residential Construction, Industrial, HVAC & OEM), By Region, And Segment Forecasts, 2023 - 2030. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/insulation-market>

11. Markets and Markets. Insulation Materials Market by Material (Mineral Wool, Plastic Foam, Fiberglass), End-use Industry (Residential Construction, Non-Residential Construction, Industrial, HVAC & OEM), and Region - Global Forecast to 2026. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/insulation-materials-market-26572495.html>

12. European Commission. Energy Performance of Buildings Directive. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en

13. International Energy Agency. Energy Efficiency 2021. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2021>

14. Research and Markets. Global Insulation Market Report 2021: Market to Reach \$68.8 Billion by 2026 - Rising Demand for Energy Efficient Buildings Drives Growth. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5312545/global-insulation-market-report-2021-market-to>

15. Євробуд. Виробник пінопласту, металочерепиці та профнастилу. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://eurobud.ua/>

16. Альфа-М. Виробництво пінопласту. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://alfa-m.org.ua/alfa-m.php>

17. PINOSKLO – надійне утеплення. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://pinosklo.com/ua/>

18. Інтерфом. Про компанію. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://interfoam.com.ua/pro-kompaniyu>

19. АСАТ. Про компанію. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://acat.com.ua/pro-kompaniyu/>

20. Технологія Базальту. Про нас. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://tbmarket.com.ua/pro-nas/>

21. Ізоват. Мінеральна вата. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://izovat.ua/>
22. Компанія Екохіт – утеплення будинків ековатою під ключ від виробника в Україні. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ecoheater.com.ua/>
23. Самбірський керамзитовий завод. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://keramzyt.com.ua/>
24. Термопін Україна. Офіційний сайт. [Електронний ресурс] <https://termopin.ua/>
25. Екотеплоізол. Офіційний сайт. [Електронний ресурс] <https://ecoteploizol.ua/>
26. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Конструкції будинків і споруд. Матеріали та виробни будівельні теплоізоляційні. Терміни та визначення понять. – Київ: Мінрегіон України, 2013.
27. CEWOOD. Звукопоглинаючі акустичні панелі CEWOOD в Україні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cewood.com.ua/>
28. Технобазальт. Фібра базальтова, металева чи поліпропіленова? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://technobasalt.com/resources-ua/faq-ua/basalt-fiber-vs-other-fiber-ua/>