

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота/проект

другий магістерський рівень

(рівень вищої освіти)

на тему: **Вибір та обґрунтування конструктивних рішень**
зовнішніх стін на основі використання системотехнічного підходу

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1929-пцб-д
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)

освітньої програми промислове і цивільне будівництво
(код і назва освітньої програми)

Степаніщев І.Є.

(прізвище та ініціали)

Керівник доц., к.т.н. Міщук К.М.
осада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціал

Рецензент проф., д.е.н. Анін В.І.
осада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціал

Запоріжжя
2020

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ**

федра Промислового та цивільного будівництва
вень вищої освіти другий магістрський рівень
(другий (магістерський) рівень)
ціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"
(шифр і назва)
світньо-професійна програма "Промислове і цивільне будівництво"
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ПЦБ
проф. Арутюнян І.А.
" _____ " _____ 20__ року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ /ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)**

Тема роботи (проекту) Степаніщев Іван Євгенович
(прізвище, ім'я по батькові)
Вибір та обґрунтування конструктивних
рішень зовнішніх стін на основі використання системотехнічного підходу

рівник роботи Мішук К.М., доц., к.т.н.
(прізвище, ім'я по батькові, науковий ступень, вчене звання)

твержені наказом ЗНУ від " 25 " 05 2020 року № 598 - с

Строк подання студентом роботи 01 грудня 2020 р.

Вихідні дані до роботи конструктивні рішення теплоізоляційних систем
методи підвищення ефективності, науково-технічна, навчальна, нормативна
та періодична література

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
вступ, аналіз нормативних вимог до теплотехнічного проектування захисних
конструкцій будівлі, конструктивні рішення зовнішніх стін, техніко-економічне обґрунтування
вибору конструкції зовнішніх стін з використанням системотехнічного підходу

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
вступ, методичні принципи визначення оптимального рівня теплоізоляції,
аналіз сучасні констструктивних систем, техніко-економічне обґрунтування вибраних варіантів

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Мішук К.М., к.т.н.. доц.		
Розділ 2	Мішук К.М., к.т.н.. доц.		
Розділ 3	Мішук К.М., к.т.н.. доц.		

7. Дата видачі завдання _____ 02 вересня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
1.	АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ДО ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ	30.09.2020	
2.	КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ЗОВНІШНІХ СТІН З ПІДВИЩЕНИМ ТЕРМІЧНИМ ОПОРОМ	21.10.2020	
3.	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ ЗОВНІШНІХ СТІН МАЛОПОВЕРХОВОЇ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ	11.11.2020	
4.	Попередній захист	02.12.2020	
5.	Оформлення та підготовка до захисту		

Студент

Керівник роботи/проекту

Нормоконтроль пройдено

(підпис)

(підпис)

(підпис)

Степаніщев І.
(прізвище та ініціали)

Мішук К.М.
(прізвище та ініціали)

Данкевич Н.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Степаніщев І.Є. Вибір та обґрунтування конструктивних рішень зовнішніх стін на основі використання системотехнічного підходу

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник К.М. Мішук Інженерний навчально-науковий інститут, Запорізький національний університет, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2020.

Проаналізовано сучасні нормативні вимоги які пред'являються до теплоізоляції огорожувальних конструкцій та існуючі типи і конструкції зовнішніх стін, а також їх вартість і трудомісткість. Виконано аналіз досліджень термомодернізації житлових будинків в Україні та створення штучного середовища для життя і діяльності людей, оскільки природне середовище не відповідає вимогам процесів життєдіяльності людей, їх соціальним і індивідуальним потребам.

Розглянуті питання сучасного стану теплоізоляції та проведено вибір методів теплоізоляції і типу огорожувальних конструкцій, а також порівняльний аналіз конструктивних рішень зовнішніх стін для малоповерхової жилої будівлі з вибором найбільш раціонального варіанта.

Ключові слова: ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЯ, ТЕРМІЧНИЙ ОПР, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, КОЕФІЦІЄНТ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ, ОГОРОДЖУЮЧІ КОНСТРУКЦІЇ, ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ПОКАЗНИКИ, МІКРОКЛІМАТ.

Список публікацій магістранта:

1. Степаніщев І.Є. Вибір та обґрунтування конструктивних рішень зовнішніх стін на основі використання системотехнічного підходу *Збірник матеріалів доп. участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С .*

ABSTRACT

Stepanishchev I.E. Selection and substantiation of structural decisions of external walls based on the Systems Engineering approach

Qualification final work for a master's degree in the specialty 192 - Construction and civil engineering, scientific advisor K.M. Mishyk Engineering Educational and Scientific Institute, Zaporizhzhya National University, Department of Industrial and Civil Engineering, 2020.

Analyzed the current regulatory requirements for thermal insulation of enclosing structures and existing types and structures of external walls, as well as their cost and labor intensity. The analysis of studies of thermal modernization of residential buildings in Ukraine and the creation of an artificial environment for the life and activities of people, since the natural environment does not meet the requirements of the processes of human life, their social and individual needs, is carried out.

The issues of the current state of thermal insulation are considered and the choice of methods of thermal insulation and the type of enclosing structures is carried out, as well as a comparative analysis of the design solutions of external walls for low-rise residential buildings with the choice of the most rational option.

Keywords: THERMAL INSULATION, THERMO-RESISTANCE, ENRGY EFFECTIVENESS, COEFFICIENT WARMLY TRANSMIT, BARRIER CONSTRUCTIONS, WARMLY TECHNICAL, MICROCLIMATE.

List of postgraduate publications:

1. Степаніщев І.Є. Вибір та обґрунтування конструктивних рішень зовнішніх стін на основі використання системотехнічного підходу *Збірник матеріалів доп. участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С .*

АНОТАЦИЯ

Степанищев И.Е. Выбор и обоснование конструктивных решений наружных стен на основе использования системотехнического подхода

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 192 - Строительство и гражданская инженерия, научный руководитель Е.Н. Мішук Инженерный учебно-научный институт, Запорожский национальный университет, кафедра промышленного и гражданского строительства, 2020.

Проанализированы современные нормативные требования теплоизоляция ограждающих конструкций и существующие типы и конструкции наружных стен, а также их стоимость и трудоемкость. Выполнен анализ исследований термомодернизации жилых домов в Украине и создание искусственной среды для жизни и деятельности людей, поскольку природная среда не соответствует требованиям процессов жизнедеятельности людей, их социальным и индивидуальным потребностям.

Рассмотрены вопросы современного состояния теплоизоляции и проведен выбор методов теплоизоляции и типа ограждающих конструкций, а также сравнительный анализ конструктивных решений наружных стен для малоэтажных жилых здания с выбором наиболее рационального варианта.

Ключевые слова: ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ, ТЕРМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ, ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ, ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОКЛИМАТА.

Список публикаций магистранта:

1. Степанищев І.Є. Вибір та обґрунтування конструктивних рішень зовнішніх стін на основі використання системотехнічного підходу *Збірник матеріалів доп. участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С .*

ЗМІСТ

	стр
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ДО ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ	11
1.1 Принципові зміни в державних будівельних нормах по теплоізоляції будівель.....	11
1.2 Кліматичне зонування території України	15
1.3 Методичні принципи визначення оптимального рівня теплоізоляції захисних конструкцій будівель.....	20
1.4 Результати удосконалення нормативних вимог по проектуванню теплоізоляції будівель	28
2 КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ЗОВНІШНІХ СТІН З ПІДВИЩЕНИМ ТЕРМІЧНИМ ОПОРОМ.....	36
2.1 Сендвич-панелі	36
2.2. Дрібноштучні стінові матеріали».....	42
2.3 Технологія «Термодом».....	50
2.4 Сучасний енергозберігаючий будівельний матеріал «МДМ - панель».....	54
2.5 Фасадні системи утеплення будівель.....	58
2.6 Навісні вентиляровані фасади.....	70
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ ЗОВНІШНІХ СТІН МАЛОПОВЕРХОВОЇ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ.....	78
3.1 Вибір конструктивних рішень стін для порівняння техніко-економічних показників.....	78
3.2 Розрахунок опору теплопередачі вибраних варіантів огорожувальних конструкцій.....	82
3.3 Визначення вартості та трудомісткості зведення огорожувальних конструкцій.....	84
3.4 Техніко-економічні показники варіантів конструктивних рішень стінового огородження.....	93
3.5 Визначення ваговитості показників ефективності.....	97
ВИСНОВКИ.....	101
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	103

ВСТУП

Актуальність теми дослідження: Україна щорічно споживає близько 210 млн. т у т. паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Будівельна галузь відноситься до найбільш енергоємних галузей національної економіки, оскільки більше 30% усіх споживаних ПЕР (близько 63 млн. т у. палива) витрачається на утримання будівель. При загальній площі житлового фонду України 984,8 млн. м² середнє питоме енергоспоживання будівель складає близько 240 кВт·ч/м² в рік з урахуванням ефективності систем централізованого теплопостачання. Для порівняння, будівлі старої будови в Німеччині витрачають 300-400 кВт·ч/м² в рік. За офіційними даними, енергопотреба Української держави покривається за рахунок власних ресурсів приблизно на 53%, при цьому 75% необхідного об'єму природного газу і 85% сирової нафти і нафтопродуктів імпортується. Така структура ПЕР породжує залежність економіки України від країн-експортерів нафти і газу і являє собою загрозу для її енергетичної і національної безпеки. Тому стратегічною лінією технічної політики Кабінету міністрів України є підвищення енергоефективності в усіх галузях економіки [34].

Одним з найважливіших напрямів стимулювання енергоефективності з боку держави є розробка і впровадження нового покоління енергозберігаючих норм по теплоізоляції будівель і споруд.

Нове покоління енергозберігаючих норм розроблене уперше для України на основі власних досліджень, передового досвіду Європейського союзу, Німеччини, США і інших країн світу. Починаючи з 1995 року в Україні проводилася політика реформування нормативної бази у будівництві, спрямована на підвищення енергоефективності будівель. В основу нового покоління енергозберігаючих норм покладанні принципово нові методичні основи, розроблені, апробовані і прийняті в країнах ЄС. По них регламентуються теплотехнічні вимоги не до окремих частин будівлі (стінам,

перекриттям, вікнам), а до будівлі в цілому. Цей комплексний енергетичний параметр формується теплозахистом будівлі, архітектурними, об'ємно-планувальними і компоновальними рішенням, системами опалювання, вентиляції і тепlopостачання, додатковими тепло надходженнями і кліматичними параметрами. Нове покоління енергозберігаючих норм було розроблене в період 2005-2006 років.

Нове покоління будівельних норм України впроваджені з 2006 р. Оцінку енергетичної ефективності можливо здійснити по об'ємах нового житлового будівництва починаючи з 2008 р.

Питання використання енергозберігаючих технологій в житлово-комунальному господарстві є стратегічним. Житловий фонд є найбільшим споживачем енергоресурсів в країні. Загальна площа житлового фонду України наближається 1 млрд. м². При цьому більшість будинків не відповідають вимогам опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. В Україні втрати теплової енергії на опалення одного кубометра житла в 4-5 разів вище за аналогічні показники таких холодних країн, як Фінляндію або Швецію. При сучасних нормах в 3,3 - 2,8 м² °C/Вт (в залежності від кліматичної зони) середній коефіцієнт опору теплопередачі будинків побудованих до 1990 років складає 0,5 - 0,7 м² °C/Вт. Щоб відповідати новим стандартам теплоізоляції захисних конструкцій, товщина цегляної стіни має бути близько 2 метрів.

У контексті нестачі і постійного дорожчання енергетичних ресурсів питання використання енергозберігаючих технологій в ЖКГ і утеплення захисних конструкцій, стає усе більш актуальним.

Слід зазначити, що з розробкою нового покоління енергозберігаючих норм Україна вступає на шлях створення будівель з ефективним використанням енергії. Розробка і введення в дію цих норм сприяє забезпеченню енергетичної безпеки держави і відповідає її політиці в цьому напрямі. Нові норми стимулюють українську промисловість на випуск нових прогресивних будівельних матеріалів і виробів на рівні світових стандартів, і

зокрема на збільшення виробництва високоякісних ефективних теплоізоляційних матеріалів, енергозберігаючих захисних конструкцій і нових типів енергоефективних вікон, призводять до істотного енергозбереження, підвищують тепловий комфорт в приміщеннях будівель і знижують залежність внутрішнього середовища будівель від аварійних і екстремальних ситуацій. [34]

Подорожчання енергоносіїв примушує вітчизняних забудовників приділяти особливу увагу мінімізації енерговитрат при зведенні будівель. Все більше будівельниками враховуються такі чинники, як швидкість і якість їх будови. В цьому випадку застосування матеріалів, що мають високі ізоляційні властивості, стають невід'ємною частиною сучасного будівництва.

Мета роботи - узагальнення і порівняльний аналіз найбільш ефективних огорожувальних конструкцій, систем утеплення, а також аналіз нормативних вимог з теплоізоляції будівель.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні задачі:

1. Проаналізувати сучасні нормативні вимоги до теплотехнічного проектування захисних конструкцій будівель. Визначити основні положення ДБН В.2.6-31:2016 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель».

2. Дослідити існуючі типи і конструкції зовнішніх стін, з урахуванням енергоефективності, а також проаналізувати їх трудомісткість і вартість;

3. Вивчити сучасні методи теплоізоляції будівель та визначити їх переваги та недоліки;

4. Провести порівняльний аналіз конструктивних рішень огорожувальних конструкцій на прикладі будівництва індивідуального житлового будинку.

Об'єкт дослідження: є огорожуючі конструкції, системи утеплення, а також нові нормативні вимоги до проектування теплової ізоляції будівель.

Предмет дослідження: є використання сучасних методів і матеріалів для теплоізоляції індивідуальних житлових будинків.

Методи дослідження: системно - структурний аналіз, виробничі спостереження, порівняльний аналіз.

Наукова новизна: обґрунтування сучасних методів теплоізоляції індивідуальних житлових будинків та розвитку науково - методологічних підходів і практичних рекомендацій з формування механізмів щодо її реалізації.

Практична цінність: Теоретично обґрунтовано науково - методологічний підхід до оцінки економічного ефекту від теплоізоляції індивідуальних житлових будинків. Проведено вибір методів теплоізоляції і типу огорожувальних конструкцій, а також порівняльний аналіз конструктивних рішень зовнішніх стін для малоповерхової жилої будівлі з вибором найбільш раціонального варіанта.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні положення роботи докладалися в 2020 році на науковій конференції XXV Науково-технічна конференція аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів Інженерного навчально-наукового інституту ЗНУ, (Запоріжжя, 2020р.) за результатами якої опублікована збірка тез доповідей.

Структура і об'єм магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, виводів, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає 107 сторінок тексту, у тому числі 34 рисунків, 12 таблиць. Список використаних джерел містить 43 найменувань.

1 АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ДО ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

У сучасних умовах енергетичної кризи, гострого дефіциту паливно-енергетичних ресурсів стратегічну актуальність придбаває питання раціонального їх використання під час експлуатації будівель. Житлово-комунальне господарство України - один з найбільш енергоємних секторів національної економіки, тому особливо важливим є удосконалення методів нормування теплоізоляційних характеристик захисних конструкцій будівель. Незадовільна нормативна база за визначенням теплотехнічних показників і методів проектування і контролю призводить до значних економічних витрат на поліпшення теплових умов у вже побудованих будівлях і під час їх реконструкції. [34,35]

1.1 Принципові зміни в державних будівельних нормах по теплоізоляції будівель

З метою забезпечення сучасних вимог по енергозбереженню при зведенні будівельних об'єктів, гармонізації вітчизняних нормативних документів з вимогами європейських і міжнародних нормативних документів, що стосуються методик оцінки теплотехнічних показників будівельної продукції відповідно до плану Міністерства розвитку громад та територій України про створення нормативної бази в області будівництва Державним науково-дослідним інститутом будівельних конструкцій ДНДІБК (провідна організація), Київським зональним науково-дослідним інститутом експериментального проектування, Придніпровської державної академії будівництва і архітектури, Український науково-дослідний і проектно-конструкторського інституту будівельні матеріали і виріб, науково-дослідний інститут будівельний виробництво, Харківський державний технічний

університет будівництво і архітектура, є розроблений державний будівельний норма по теплоізоляція будівля - ДБН В. 2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель», які відповідно до наказу Мінрегіон України № 220 від 08.07.2016 введені в дію з 01.09.2016 р. [6,34,35]

Розробка норм здійснювалася на підставі багаторічного досвіду досліджень теплотехнічних показників будівельних об'єктів, який накопичився в провідних інститутах України, аналізу сучасних принципів забезпечення енергоефективності будівель які прийняті в країнах Європи і світу, де проблемі енергозбереження будівель і споруд приділяється першочергове значення, зміни конструктивних і технологічних рішень створення теплоізоляційної оболонки будівель, яке застосовується у вітчизняній практиці проектування і будівництва в останні десять років.

Відповідно до цього в норми внесені такі принципові зміни:

- порівняно з вимогами 1994 роки підвищений мінімальний рівень теплоізоляції конструкцій житлових і цивільних будівель, що захищають, в середньому на 15-40 % для зовнішніх стін, на 20-25 % - для покриттів, на 20 % - для вікон;
- введені нормативи до показника максимально допустимих питомих тепловитрат будівлі на опалювання;
- введений принцип альтернативного проектування теплоізоляційної оболонки будівлі за елементними показниками і інтегральним питомих показником;
- підвищені вимоги до забезпечення показників теплового комфорту приміщень;
- введені вимоги до енергетичної паспортизації будівель при новому будівництві і реконструкції;
- введені вимоги до показників теплової надійності теплоізоляційної оболонки будівель.

Структурно норми побудовані таким чином. У основній частині документу наводяться загальні принципи проектування і конструктивної

побудови теплоізоляції конструкцій будівель і споруд, що захищають, з урахуванням сучасної структури теплоізоляційних матеріалів і виробів, встановлюються обов'язкові вимоги до теплотехнічних показників основних елементів оболонки будівель, що захищає, і до будівель в цілому. Вимоги встановлюються залежно від призначення будівель і температурних зон їх експлуатації. Також в основній частині наводяться принципи визначення і оцінки теплотехнічних показників на стадії проектування будівель і споруд. Усі довідкові дані і методики проектних розрахунків наводяться в додатках.

У нормативному документі втілені такі важливі методологічні положення:

- при збереженні загального підходу до проектування теплоізоляції конструкцій, що захищають, змінені принципи нормування показників і акцентовано формулюється структура необхідних теплотехнічних характеристик захисних конструкцій по яких здійснюється проектування;

- теплоізоляція будівлі розглядається як єдина система і вводиться поняття теплоізоляційної оболонки будівлі, що дозволяє вже на стадії проектування здійснювати оптимізацію конструктивних рішень по енергозбереженню;

- з урахуванням сучасних принципів проектування захисних конструкцій, змінені вимоги до показників, які визначають тепловий комфорт в приміщеннях, - перепаду між приведеною температурою внутрішньої поверхні конструкції, що захищає, і температурою внутрішнього повітря при розрахункових температурах внутрішнього і зовнішнього повітря (який обов'язково визначається для конструкцій з коефіцієнтом скління більш ніж 0,18), а також до мінімально допустимих температур внутрішньої поверхні конструкцій, що захищають, в зонах теплопровідних включень, кутах стін, укосів віконних і дверних, світлопрозорих конструкцій і елементів їх обрамлення;

- приведені принципово нові вимоги до питомих тепловитрат будівлі в цілому. Цей показник використовується при характеристиці

теплоізоляційних властивостей оболонки будівель, що захищає, в нормах європейських країн. Поелементні нормативні вимоги дозволяють забезпечувати характеристику питомих тепловитрат на рівні, який відповідає вимогам забезпечення енергоекономії при експлуатації будівель. Комплексне нормування теплозахисних властивостей ізоляційної оболонки будівель - по елементне і інтегральне, забезпечує необхідний рівень теплоізоляції при будь-яких конструктивних рішеннях зовнішніх стін, в т.ч. при використанні світлопрозорих фасадів, що є одним з напрямів конструктивного і архітектурного розвитку сучасних будівель. Крім того, цей методологічний принцип дає можливість здійснювати альтернативне проектування - забезпечувати допустимі теплові витрати будівлі в цілому при зниженні по елементних вимог, але при обов'язковому виконанні санітарно-теплових вимог;

- вводиться поняття енергоефективності і класифікації будівель за показником енергоефективності, що дозволяє на якісно новому рівні проводити комплексну оцінку енергетичних показників будівель;

- удосконалення вимоги до показників теплостійкості конструкцій, що захищають, в літніх і зимових умовах експлуатації, тобто до показників, які істотно впливають на формування теплового режиму і від значень яких залежить рівень забезпеченості комфортних теплових умов;

- оцінка стану вологості здійснюється на підставі визначення кількості вологи, яка може бути сконденсована в товщі конструкції в опалюваний період року з регламентацією допустимого значення цієї кількості. Такий принцип закладений в правила проектування конструкцій багатьох європейських країн, що захищають. Стан вологості матеріалів захисних конструкцій визначає її довговічність, пристосованість до експлуатації, рівень теплових потоків в опалюваний період року. Методологічна регламентація режиму вологості, яка здійснюється по нових нормах, базується на виконанні умови забезпечення допустимих тепловитрат крізь теплоізоляційну оболонку

будівель і забезпечує виконання умов енергозбереження у будівлях, а також підвищення довговічності захисних конструкцій.

В цілому ДБН В. 2.6-31:2016 відповідає умовам Директиви 2010/31/ЄС від 19.05.2010 р., Європейського парламенту і Європейської Ради з енергетичної ефективності будівель і прогресивних положень норм інших країн.

Проектування і подальше будівництво відповідно до нормативних вимог, які встановлюються в ДБН В. 2.6-31:2016, дозволить:

- скоротити сумарні витрати теплоти на опалювання будівель не менше чим на 15-20 % і більш ніж в два рази понизити сумарні витрати в порівнянні з будівлями, які були спроектовані згідно з нормами, які діяли до 2000 року. Це дозволить впритул наблизитися до нормативних вимог допустимих тепловитрат енергії на опалювання будівель, існуючих в країнах ЄС;

- значно підвищити якість проектування при оцінці теплотехнічних показників конструкцій будівель і споруд, що захищають;

- підвищити рівень забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних вимог до теплових показників приміщень будівель при їх експлуатації. [34,35]

1.2 Кліматичне зонування території України

Відмітною особливістю норм є кліматичне зонування території України по градусо-днів опалювального періоду, відоме з 1994 р. у вигляді двох зон (рис 1.1). В межах меж кожної із зон встановлені єдині розрахункові температури зовнішнього повітря і єдина середня градусо-днів опалювального періоду для розрахунку питомої витрати теплової енергії на опалювання (таблиця 1.1). [6,7,34,35,]

КАРТА-СХЕМА ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗОН УКРАЇНИ



Рисунок 1.1 - Карта-схема температурних зон України

Таблиця 1.1 - Розрахункові температури зовнішнього повітря (для оцінки температурного режиму теплопровідних включень захисних конструкцій повітропроникності і теплостійкості)

Кліматична зона	I	II
Розрахункова температура зовнішнього повітря, °С	-22	-20
Розрахункова градусо-днів опалювального періоду	більш ніж 3501	менш ніж 3500

Відповідно до розділення на кліматичні зони встановлені норми максимально допустимої витрати теплової енергії на опалювання будівель (таблиця 1.2). Розрахункова або фактична витрата теплової енергії на опалення $q_{буд}$ має бути менший або рівний максимально допустимому значенню E_{max} . Допускається зниження на 20% норм по опору теплопередачі стін (таблиця 1.3) при дотриманні вказаної вище умови.

Таблиця 1.2 – Нормативні максимальні тепловитрати багатоповерхових будівель E_{max} , кВт · ч/м², [кВт · ч/м³]

Призначення будівлі / кількість поверхів	Значення E_{max} , кВт · ч/м ² , [кВт · ч/м ³], для кліматичної зони	
	I	II
1	2	3
Житлові будинки поверховістю:		
від 1 - 3	120	110
від 4 - 9	83	81
від 10 - 16	77	75
17 і більше	70	68
Громадські будівлі та споруди поверховістю		
від 1 - 3	$[20\lambda_{bci}+31]$	$[19,4\lambda_{bci}+33]$
від 4 - 9	[38]	[40]

Продовження таблиці 1.2

від 10 - 24	[37]	[39]
25 і більше	[34]	[36]
Підприємства торгівлі	$[28\lambda_{bci}+17]$	$[32\lambda_{bci}+18]$
Готелі		
від 1 - 3	110	100
від 4 - 9	75	70
10 і більше	65	60
Будинки та споруди навчальних закладів	[30]	
Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів	[48]	[50]
Заклади охорони здоров'я	[48]	[50]

Відповідно до того ж розділення на кліматичні зони встановлені мінімальні вимоги по опору теплопередачі зовнішніх захисних конструкцій (таблиця 1.3. Приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma, np}$ за винятком будівель які підлягають реконструкції повинно бути не нижчий величини Rq_{min} (таблиця 1.3). [6]

При проектуванні можна вибирати один з двох альтернативних методів вибору рівня теплоізоляції будівель - за комплексним показником питомого енергоспоживання або по елементному методу. У тому і іншому випадку виконується розрахунок геометричних, енергетичних і теплотехнічних параметрів будівлі і заповнюється енергетичний паспорт будівлі, що включає теплотехнічні і енергетичні показники як проекту будівлі, так і фактичні показники при експлуатації і що забезпечують контроль відповідності показників вимогам норм. [34]

Таблиця 1.3 – Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель $R_{q \min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$

№ поз.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$ для кліматичної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
	Суміщені покриття	6,0	5,5
3	Покриття опалювальних горищ (технічних поверхонь) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
4	Горищі перекриття неопалювальні горища урівня землі	4,95	4,5
7	Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
8	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
9	Зовнішня двері	0,6	0,5

Значення $R_{q \min}$ приведені в стовпці 2 таблиці 1.4, розраховані по формулі 1.1

$$R_0^{mp} = \frac{n(t_s - t_n)}{\Delta t_n \cdot \alpha_s} \quad (1.1)$$

де n - коефіцієнт, що приймається залежно від положення зовнішньої поверхні конструкцій, що захищають, по відношенню до зовнішнього повітря по таблиці 3 ДСТУ – Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»;

Δt_n - нормативний температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні конструкції, що захищає, що приймаються по таблиці 2 ДСТУ – Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»;

α_s - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкцій, що захищають, що приймається по таблиці 4 ДСТУ – Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»;

t_v - розрахункова температура внутрішнього повітря, (що приймається нормам проектування відповідних будівель і споруд;

t_n - розрахункова зимова температура зовнішнього повітря, (рівна середній температурі найбільш холодної п'ятиденки забезпеченістю 0,92 по [6,7, 34,35]

1.3 Методичні принципи визначення оптимального рівня теплоізоляції захисних конструкцій будівель

Проектування теплоізоляції будівель здійснюється на підставі комплексу нормативних вимог - економічних, теплових санітарно-гігієнічних і вимог теплової надійності.

Якщо вимоги теплової надійності і санітарної гігієни визначаються виходячи з фізичних законів і не підлягають істотним змінам, то економічні вимоги, які мають вигляд :

$$\begin{aligned} R_{\Sigma np} &\geq R_{q \min} \\ q_{\text{бюд}} &\leq E_{\max} \end{aligned} \quad (1.2)$$

можливо оптимізувати на відміну від вимог інших груп.

Економічні показники теплоізоляції будівель обумовлюються двома фінансовими потоками - початковими витратами на її створення і експлуатаційними витратами на опалювання (кондиціонування) приміщень будівель. Обидва фінансові потоки можуть оцінюватися в енергетичних одиницях - витратами енергії на виготовлення матеріалів, їх транспортування, монтаж конструкцій, а з іншого боку - витратами енергії при експлуатації будівлі. Встановлення оптимального співвідношення між цими енергетичними витратами в нормах попереднього покоління (ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія») здійснюється методом

економічно доречного опору теплопередачі конструкцій, що захищають, який має, особливий в сучасних економічних умовах, значні методичні недоліки.

За основу методики визначення нормативних показників конструкцій, що захищають, було узяті наступні методичні положення:

– принцип енергетичної ваговитості елементів теплоізоляційної оболонки на загальні втрати теплоти на опалювання будівель і оптимізації складових енергетичного балансу, на підставі чого забезпечуються близькі значення питомої ваги теплових втрат через основні елементи ізоляційної оболонки будівлі (далі - принцип енергетичної ваговитості);

– принцип оптимізації рівня теплоізоляції конструктивних груп теплоізоляційної оболонки на підставі мінімізації співвідношення між сумарними втратами теплоти і відповідно грошовими витратами на опалювання будинку при його експлуатації і витратами на виготовлення і монтаж кожної з конструктивних груп (далі - принцип конструктивної оптимізації теплоізоляційної оболонки).

Принцип енергетичної ваговитості базується на результатах аналізу теплового балансу типових для нашої країни будівель, який встановлювався на підставі математичного моделювання їх теплового стану. Для обліку існуючих світових тенденцій аналізувалися результати розрахунків за сценарієм, при яких встановлювалися значення опорів теплопередачі конструкцій згідно з діючими в різних країнах нормативних вимог.

Принцип конструктивної оптимізації складається з аналізу енергетичних або фінансових витрат на виготовлення і експлуатацію теплоізоляційної оболонки будівлі по двох взаємозв'язаних методичних положеннях: оптимізації приведених витрат відносно конструктивної групи теплоізоляційної оболонки і оптимізації змінних по рівню теплоізоляції відповідних конструктивних груп при заданій їх функції, якою є рівень тепловтрат через ізоляційну оболонку.

Критерій оптимізації в загальному розгляді має вигляд:

$$W(R_{\Sigma n}, R_{\Sigma c}, R_{\Sigma n}) = CK(R_{\Sigma n}, R_{\Sigma c}, R_{\Sigma n}) + CE(R_{\Sigma n}, R_{\Sigma c}, R_{\Sigma n}), \quad (1.3)$$

де $CK(R_{\Sigma n}, R_{\Sigma c}, R_{\Sigma n})$ - показник вартості конструкцій;

$CE(R_{\Sigma n}, R_{\Sigma c}, R_{\Sigma n})$ - показник вартості енергії на опалювання;

$R_{\Sigma n}$ - приведений опір теплопередачі непрозорих стін;

$R_{\Sigma c}$ - приведений опір теплопередачі світлопрозорих фасадних конструкцій;

$R_{\Sigma n}$ - приведений опір теплопередачі конструкцій покриттів і перекриттів.

Питома вартість теплоізоляційної оболонки будівлі відповідно складає:

$$CK(R_{\Sigma n}, R_{\Sigma c}, R_{\Sigma n}) = \left\{ \left[(c_{Rn} R_{\Sigma n} + C_n) / F_n \right] + \left[(c_{Rc} R_{\Sigma c} + C_c) / F_c \right] + \left[(c_{Rn} R_{\Sigma n} + C_n) / F_n \right] + C_D \right\} / F_{\Sigma o}, \quad (1.4)$$

де F_n, F_c, F_n - площі непрозорих стін, світлопрозорих фасадних конструкцій (вікон, дверей балконних, вітражів і тому подібне), покриття (дахи), цокольних перекриттів і тому подібне;

c_{Rn}, c_{Rc}, c_{Rn} - коефіцієнти, що визначають вартість одиниці опору теплопередачі для відповідного типу конструкцій;

C_n, C_c, C_n - вартість капітальних витрат на виготовлення і монтаж конструкцій без їх теплоізоляційного ефекту;

C_D - вартість елементів будівлі (підвал, комунікації), які не залежать від параметрів _.

Основне завдання оптимального проектування теплоізоляційної оболонки будівлі - це пошук мінімуму критерію $W(R_{\Sigma n}, R_{\Sigma c}, R_{\Sigma n})$ за параметрами $R_{\Sigma n}, R_{\Sigma c}, R_{\Sigma n}$. Характер зміни функцій ЦЕ і CK показує, що такий мінімум існує - CK з ростом параметрів $R_{\Sigma n}, R_{\Sigma c}, R_{\Sigma n}$ збільшується, а CE з ростом параметрів $R_{\Sigma n}, R_{\Sigma c}, R_{\Sigma n}$ зменшується. У загальному вигляді принцип оптимізації приведених витрат представлений на рисунку 1.1. [3]

Функція $W(R_{\Sigma})$ має екстремум, пошук якого можна звести до рішення рівняння $f'(x_{\min})=0$, яке визначає необхідну умову наявності екстремуму.

Рівняння вирішується чисельними методами, наприклад, методом Ньютона, в якому послідовність наближень до x_{\min} будується за правилом

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f'(x_n)}{f''(x_n)}. \quad (1.5)$$

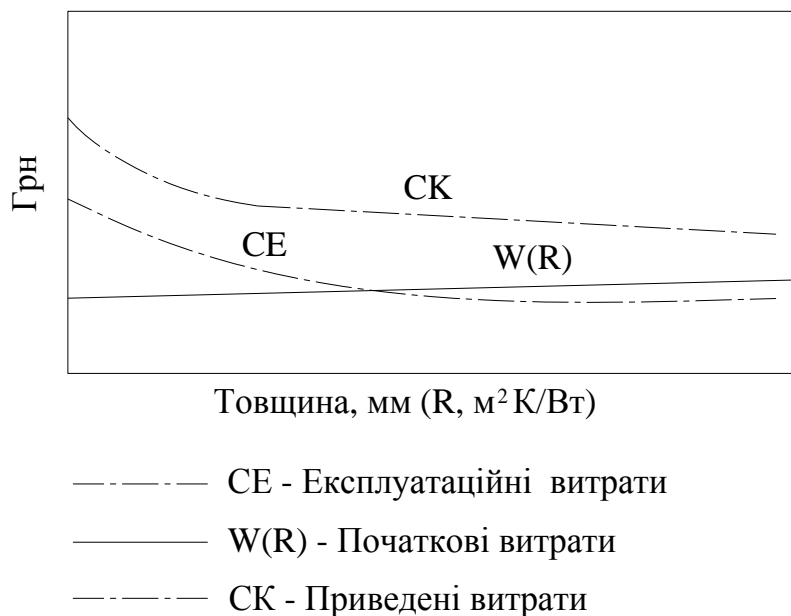


Рисунок 1.1 - Принцип визначення економічно оптимальної товщини конструкції δ , що захищає, $\delta_{\text{опт}}$, яка визначає оптимальне значення опору теплопередачі конструкції $R_{\Sigma\text{опт}}$

Функція вартості теплоізоляції або початкові витрати, $СК(R_z)$, зміщена по осі ординат вгору, тому що при нульовій товщині основного теплоізоляційного шару, тобто при практично нульовому термічному опорі, конструкція, що захищає, має деяку вартість. Для стін - це вартість того, що несе і облицювальних шарів, для світлопрозорих конструкцій початкова вартість при нульових термоізоляційних властивостях обумовлена вартістю обрамлення, фурнітури і так далі [34]

По методах оптимізації приведених витрат визначається екстремум функції $W(R)$ (рис.1.1) при відомих функціях $СК$ і $СЕ$. Приклад такої оптимізації наведений на рис. 1.2 - перетин функцій $СК$ і $СЕ$ (при зворотному масштабі обидві залежності на розглянутих відрізках R_z мають

прямолінійний вигляд) визначає оптимальний рівень теплоізоляції для непрозорих зовнішніх стін - (2,8-2,9) м² До/Вт, для прозорих конструкцій - (0,6-0,65) м² До/Вт при ціні палива (550-560) грн./тыс.м³ газу (прогнозована вартість палива на час розробки норм). [35]

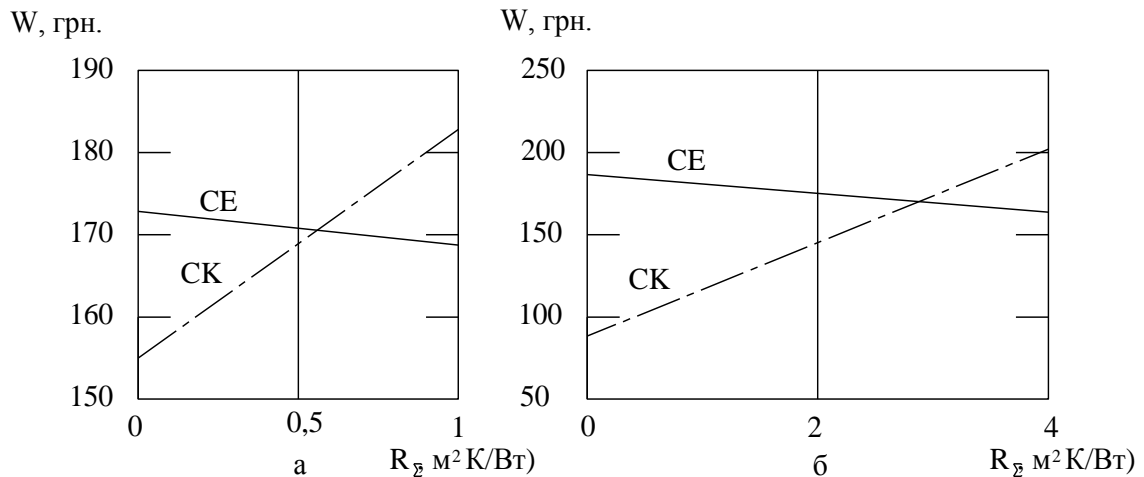


Рисунок 1.2 - Зона оптимального співвідношення початкові витрати - енергетичні витрати для прозорих (а) і непрозорих стінних (б) конструкцій при ціні палива (690-900) грн./1000м³ газу

Аналіз результатів визначення оптимальних приведених витрат по співвідношенню «експлуатаційні витрати (питомі тепловтрати) - початкові витрати» вказує на наступні методичні особливості цього методу :

– необхідність спеціального обґрунтування вибору періоду експлуатації - збільшення зворотного періоду зменшує зону перетину управо, що призводить до збільшення вимог до рівня теплоізоляції конструкції. При цьому необхідно враховувати, що в конструкції стін і перекриттів є присутніми матеріали з різною довговічністю - кам'яні елементи, що несуть, утеплювачі, ущільнювачі і так далі, що вимагає здійснювати вибір періоду експлуатації по матеріалах з найменшою довговічністю, або обумовлює обґрунтування вимог до порівняння довговічності як різних матеріалів в конструкціях, так і порівняння нормативних вимог до світлопрозорих конструкцій і не прозорих;

– цінові чинники за вартістю енергії і початкової вартості конструкцій. Навіть у початковий момент часу існує різна вартість енергії в нашій країні, тому залежно від споживача - промислові підприємства, бюджетні організації, житлово-експлуатаційні організації - крива експлуатаційних витрат має різний кут нахилу, що відповідно зменшує вісь перетину з початковими витратами. При цьому необхідно оперувати прогнозованою ціною на енергію упродовж вибраного періоду експлуатації, обґрунтованість прогнозу визначає і обґрунтованість отриманої оптимальної характеристики;

– початкові витрати для конструкцій, що захищають, розділяються на два види: капітальні, які визначають вартість конструкції без теплоізоляційного ефекту, і енергозбережні, величина яких залежить від термічного опору конструкцій. Капітальні витрати враховуються пересуванням кривої «початкові витрати» по осі ординат, і чим вище капітальні витрати (чим вище вартість матеріалів, робіт, не пов'язаних безпосередньо з теплоізоляцією), тим нижче оптимальний рівень опору теплопередачі конструкції. Вартість теплоізоляційного шару конструкції, яка визначає енергозбережні витрати, визначає кут нахилу вказаної залежності, від коректності оцінки цієї вартості на одиницю термічного опору залежить обґрунтованість визначення оптимальної зони. [34,35]

В цілому метод оптимізації приведених витрат дає обґрунтовані результати для конкретного конструктивного вирішення, коли можна врахувати усі перераховані чинники. Для загального вирішення оптимальних характеристик теплоізоляції конструкцій будівель варто застосовувати альтернативні методи, до яких і відноситься метод оптимізації змінної при заданій функції. У цьому методі визначається мінімум функцій трьох змінних - опір теплопередачі основних конструктивних груп теплоізоляційної оболонки, виходячи з умови забезпечення необхідного значення питомих тепловтрат будівлі. При цьому фіксується складена тепловтрат на

інфільтрацію повітря, в загальному балансі питомих тепловтрат будівлі, QE , $\text{кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{рік})$.

Оптимізація параметрів теплоізоляції при заданому рівні тепловтрат дозволяє усунути з процесу оптимізації невизначеності, які пов'язані з урахуванням різночасних витрат, тому що вартість енергії і її зміна в часі не розглядається. Аналіз проводиться тільки по співвідношеннях характеристик опору теплопередачі конструкцій, їх впливи на формування теплового балансу будівлі і початкової і енергозбережної вартості конструкцій. Таким чином, в якості змінних розглядаються значення опору теплопередачі основних конструктивних груп теплоізоляційної оболонки будівлі в інтервалах, які визначені методом приведених витрат, при заданому значенні функції цих змінних - питомих тепловтрат будівлі, які є комплексною енергетичною характеристикою будівлі. [34]

Умову $QE = \text{const}$ задає зв'язок між $R_{\Sigma n}, R_{\Sigma c}, R_{\Sigma n}$. Тому одну з цих величин, наприклад, опір теплопередачі перекриттів $_$, можна виразити через дві інші:

$$R_{\Sigma n} = f(R_{\Sigma n}, R_{\Sigma c}). \quad (1.6)$$

Можливі значення параметрів $R_{\Sigma n}, R_{\Sigma c}$ при заданому параметрі $Q = \text{const}$ знаходяться в обмеженій області площини змінних, що дозволяє здійснювати пошук оптимальних значень опору теплопередачі конструкцій шляхом фіксації нижніх їх значень відповідно до вимог теплової комфортності. Як показують розрахунки, умови комфортності виконуються для зовнішніх стін при значеннях опору теплопередачі, які визначені по методу приведених витрат, на рівні $(2,5-2,6) \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт}$, для віконних конструкцій - при мінімальних значеннях опору теплопередачі не міні $0,55 \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт}$, а для горищних покриттів і цокольних перекриттів - при значеннях опору теплопередачі не менше $3,0 \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт}$. Остання умова є вже дуже жорстким обмеженням при варіюванні величини опору теплопередачі цього виду конструкції в рівняннях (1.3) -(1.4). Для вирішення цього завдання фіксувалися значення двох змінних, при цьому одна з них - опір теплопередачі перекриттів -

встановлювалася не менше $3,5 \text{ м}^2 \text{°К/Вт}$, а дві інші змінні - опір теплопередачі вікон і глухих стін - варіювалися по функції вартості при оптимальному значенні кожної з них відповідно. [3,5]

Результати розрахунків по методу оптимізації змінних при заданій функції показують, що збільшення початкової вартості зовнішньої стіни удвічі практично не призводить до зміни зони оптимальних значень опору теплопередачі. Збільшення вартості теплоізоляційного матеріалу, тобто вартості одиниці термічного опору конструкції істотно впливає на криву приведених витрат, при цьому зі збільшенням позначеної вартості оптимум зменшується вліво-убік і призводить до зменшення оптимального значення опору теплопередачі конструкції. При цьому залежність між показниками її не лінійності, зі збільшенням вартості одиниці термічного опору утеплювача на 100% зменшення оптимального опору теплопередачі стіни складає 29%. При застосуванні конструкцій, що захищають, з опором теплопередачі вище за оптимальне значення приведені витрати різко збільшуються. Наступний чинник, який визначає значення оптимального опору теплопередачі конструкції, - це період тимчасової експлуатації. Зменшення цього періоду в 2,5 разу зменшує оптимум вліво, знижуючи значення опору теплопередачі на 37% з чітко вираженим екстремумом функції. При збільшенні базового періоду удвічі зона оптимуму має розмитий характер, а величина оптимального значення збільшується на 40% і для стін складає як мінімум $3,3 \text{ м}^2 \text{°К/Вт}$. Це значення співпадає з вимогами європейської директиви, де встановлено, що максимальне значення коефіцієнта теплопередачі зовнішніх стін не повинне перевищувати $0,3 \text{ Вт/ (м}^2 \cdot \text{К)}$.

Економічний стан нашої країни ще не дозволяє встановлювати в якості нормативних вимог приведені максимальні значення опору теплопередачі конструкцій, що захищають. Тому в ДБН В. 2.6-31:2016 введений термін «мінімальне допустиме значення опору теплопередачі захисних конструкцій, Rq_{min} ». У теж час економічні тенденції по формуванню ціни на енергоносії, які складаються упродовж останніх двох років (тобто після закінчення

розробки норм, їх узгодження, прийняття введення в дію), можливо, змусять переглянути норми по енергозбереженню у будівлях і спорудах. [6,34,35]

1.4 Результати удосконалення нормативних вимог по проектуванню теплоізоляції будівель

Основним загальновизнаним показником нормативного рівня енергоефективності конструкцій будівель і споруджень житлово-цивільного призначення, що захищають, вважається мінімальний обов'язковий опір теплопередачі окремих елементів, що захищають.

Підвищення рівня нормативного опору теплопередачі стін і вікон, обумовлене введенням нового ДБН замість попереднього СНиП, залежить від виду огорожувальних конструкцій.

Зіставлення попередніх норм, що вводяться, показало, що перехід на нові норми не приведе до істотних змін конструкції більшості фасадних систем, засвоєних виробництвом. Необхідність підвищення товщини утеплювача при використанні найбільш традиційних матеріалів не перевищить 50 мм з незначним відповідним підвищенням вартості системи. [6,30,34,37]

Проблема зниження вартості заходів по утепленню будівлі розв'язана в нових нормах шляхом введення альтернативного методу проектування, при якому критерієм є питомі показники тепловтрат будівлі в це-лом за рік. При цьому мінімальне значення опору теплопередачі окремих захисних елементів може бути нижче нормативного, що дозволяє оптимізувати теплову санацію за критерієм сумарних витрат. У 2015 році був розроблений національний стандарт ДСТУ-Н Б А.2.2-13: 2015 за визначенням питомих показників тепловтрат для різних будівель, який для проектувальників став інструментом оцінки рівня енергоефективності об'єктів. Наявність цих показників в енергопаспортах будівель, введених з 2008р., дозволяє зробити клас енергоефективности об'єкту нерухомості кон'юнктурним показником,

що впливає на його споживчі властивості і вартість. Аналіз показників енергоспоживання в різних країнах, приведений в ДСТУ Б В. 2.7-105-2000, свідчить про необхідність призначення національних показників, які забезпечують економічно доцільні рішення на розрахунковий період дії норм.

Таким чином, нормативно певні мінімальні значення опору теплопередачі і питомі показники тепловтрат оптимізують витрати на улаштування захисної оболонки будинків, і експлуатаційні витрати на їх опалювання, враховують особливості кліматичних умов України, світові тенденції по зниженню показника питомих тепловтрат на опалювання будинків і можливе зростання цін на енергоносії.

При розробці нормативних вимог особливу увагу було приділене оцінці режиму вологості конструкцій при їх проектуванні, вибору відповідних методів розрахунків. Вологий стан матеріалів захисних конструкцій визначає її довговічність і придатність до експлуатації, рівень теплових потоків через конструкцію в опалювальний період року [35].

Введення в ДБН В. 2.6-31:2016 контролю стану зволоження на підставі визначення кількості вологи, яка може конденсуватися в товщі конструкції в опалювальний період року з регламентацією допустимого значення цієї кількості, повинно сприяти забезпеченню допустимих тепловтрат через захисні конструкції будинків.

В той же час необхідно відмітити особливість використання контролю вологості матеріалів в нових нормативних вимогах. При проведенні розрахунку стану захисних елементів, при експлуатації передбачається стабільність їх теплопровідності і паропроникнення, а також дотримання розрахункових умов експлуатації. Розглянемо можливі наслідки такого припущення [35,37].

Стабільність теплопровідності матеріалів при їх зволоженні досліджується на протязі досить тривалого часу. Прийmemo для попередньої

оцінки роботи захисні конструкції, залежність теплопровідності різних матеріалів від їх вологості, приведена на рисунку 1.3.

Представлені дані не претендують на достовірність стосовно проектних розрахунків захисних конструкцій, з використанням конкретних утеплювачів, але вони відбивають в той же час загальну тенденцію впливу зволоження на теплопровідність вказаних груп матеріалів, яка дозволяє досліджувати окремі тенденції поведінки стіни з утепленням при експлуатації.

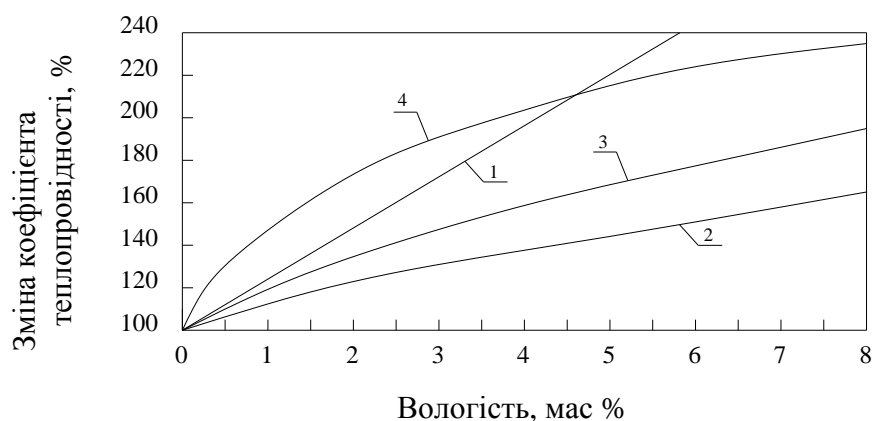


Рисунок 1.3 - Ріст коефіцієнта теплопровідності при зволоженні матеріалу: 100% відповідає значенню коефіцієнта теплопровідності сухого матеріалу:

- 1 - керамічний, 2 - органічний, 3 - мінеральний пористий,
- 4 - мінеральний щільний.

Для отримання кількісної оцінки стану матеріалів стіни під час експлуатації розроблена аналітична модель у формі електронної таблиці, дозволяючи корегувати термічну провідність елементів утеплення залежно від їх вологості. Основною метою проведених досліджень було визначення наявності і рівня впливу зволоження елементів захисних конструкцій, на стабільність термічного опору, визначено відповідно до вимог ДБН В. 2.6-31:2016, а також необхідності подальшого обліку вказаного впливу при проектуванні фасадних систем [6,7,35].

Додатком Л.2 ДБН В. 2.6-31:2016 передбачений порядок визначення розрахункових теплофізичних характеристик будівельних матеріалів. Передбачається, що визначення теплопровідності матеріалу в зволоженому стані при значеннях вологості зразків, близьких до розрахункових, виконують відповідно до ДСТУ Б В. 2.7-105-2000 при розрахунковій температурі матеріалу в конструкції, визначеній для опалювального періоду року (+10°C). Для аналізу прийнято в якості початкового термічний опір матеріалів в умовах експлуатації Б, змінюване надалі під впливом температурно-кліматичних параметрів, характерних для Києва.

Розділом 6 ДБН В. 2.6-31:2016 лімітується допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу в конструкції в холодний період року. Так, вологість комірчастих бетонів не повинна перевищувати 1,2 мас.%. При облаштуванні зовнішніх стін з комірчастих бетонів виникає питання стабільності їх теплотехнічних і експлуатаційних параметрів з урахуванням можливого зверх нормативного зволоження зовнішньої частини стіни і задовільного розрахункового стану вологості стіни в цілому. На рисунку 1.4 приведені дані сезонної зміни вологості стіни з комірчастого бетону $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$ товщиною 450 мм, умовно розбитою на шари товщиною по 150 мм. Концентрація вологи в зовнішньому шарі упродовж оголеного сезону істотно перевищує масову вологість стіни в цілому і може привести до негативних наслідків за рахунок розморожування частини матеріалу, його деструкції і втрати теплоізолюючих властивостей.

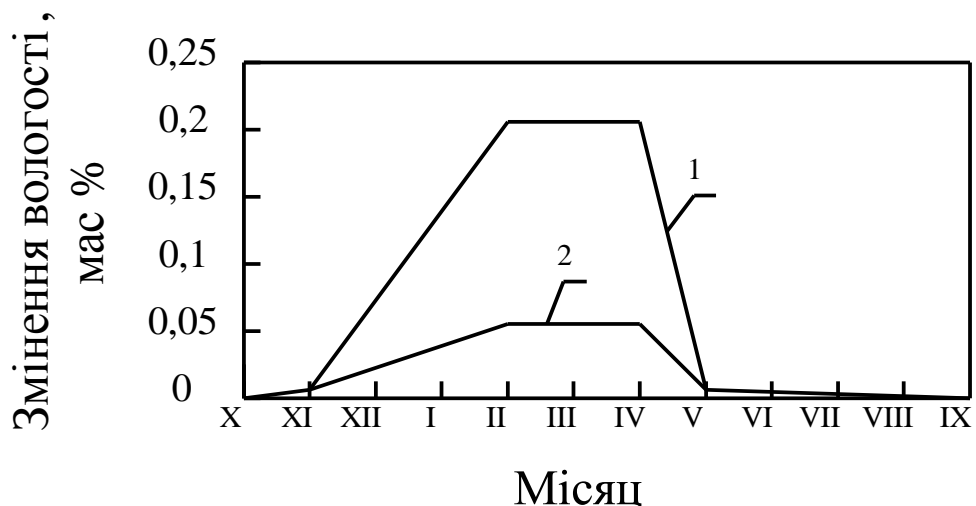


Рисунок 1.4 - Сезонні коливання вологості стіни з комірчастого бетону $\rho=500$ кг/м³ товщиною 450 мм. 1 – зовнішній шар 150 мм, 2 - стіна в цілому. 0 мас.% відповідає нормативному значенню вологості.

Із-за можливості негативного впливу вологості на рівень паропроникнення матеріалу необхідно провести додаткові дослідження стану однорідних стін з енергоефективних легких матеріалів.

Про необхідність обліку вологості матеріалу стіни при використанні в розрахунках параметрів тепловідності свідчать натурні дослідження вологості блоків з комірчастих бетонів AEROC EcoTerm, проведені в Таліні. При початковій вологості 14-25% комірчастий бетон в стінах будівель через 1,5 року експлуатації досяг середній вологості ~8,5%. Виявлений у вказаних експериментах нерівномірний розподіл вологи по товщині стіни є ще одним аргументом необхідності уточнення фактичної роботи стін з комірчастих бетонів, для яких нормативний рівень теплопровідності при їх щільності 200-600 кг/м³ визначений при вологості 6%. [30,35]

Найбільш поширеною практикою вибору типу утеплювача є мінімізація вартості системи утеплення з обліком в окремих випадках обмежень, визначених вимогами пожежної безпеки. При цьому зовсім не враховуються особливості роботи утеплителя під час експлуатації, які можуть істотно вплинути на надійність і енергоефективність

огороджувальної конструкції. Приведені на рисунку 1.5 дані свідчать про істотний вплив зволоження утеплювача на його термічний опір, що доцільно враховувати при проектуванні елементів фасадних систем і оцінці теплового балансу будівель.

З метою зниження витрат на проведення утеплення огорожувальних конструкцій об'єктів, виробники допускають заміну утеплювачів, передбачених технічними умовами або сертифікатами, наданими проектувальникам для обліку в проекті, на менш якісні. Технічний і авторський нагляд при будівництві, як правило, не знаходить таких новацій. Вплив заміни пінополістиролу може привести до зменшення відносного термічного опору утеплювача і абсолютного термічного опір стіни (рис. 1.6), що захищає, при зволоженні утеплювача за рахунок сезонного накопичення вологи. [35]

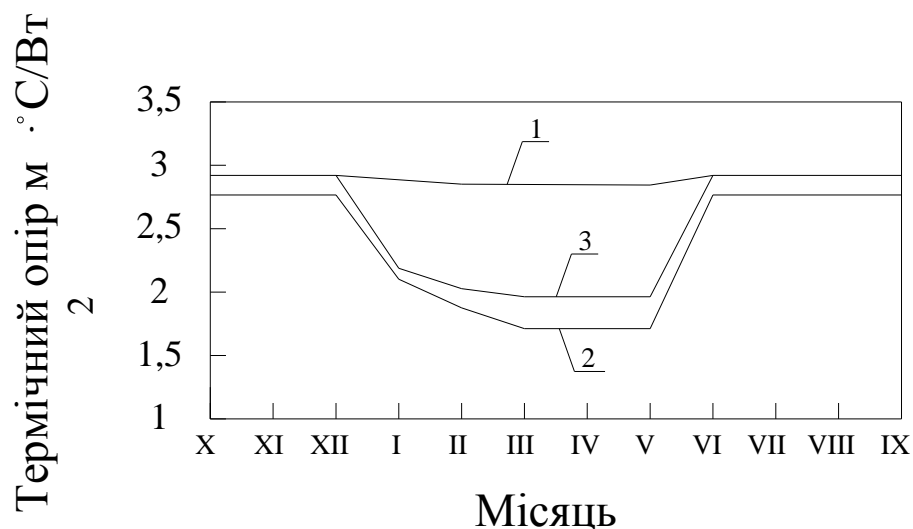


Рисунок 1.5 – Вплив зволоження утеплювача залізобетонної стіни товщиною 150 мм. 1 – полістирол 120 мм, $\rho=70 \text{ кг/м}^3$, 2 – мінеральна вата 150 мм, $\rho=70 \text{ кг/м}^3$, 3 – мінеральна вата 150 мм, $\rho=140 \text{ кг/м}^3$.

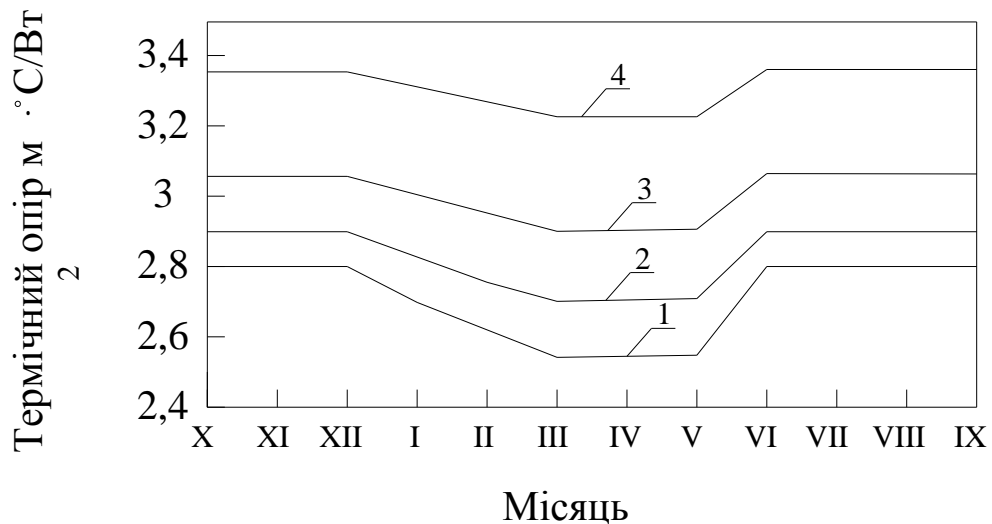


Рисунок 1.6 – Вплив зволоження на тепло опір стіни утепленої пінополістірольними плитами. 1 – $\rho=15 \text{ кг/м}^3$, 2 – $\rho=25 \text{ кг/м}^3$, 3 – $\rho=35 \text{ кг/м}^3$, 4 – $\rho=50 \text{ кг/м}^3$.

Приведений аналіз свідчить про необхідність подальшого поглиблення пізнання процесів, властивих сучасним енергоефективними захисними конструкціям, при їх експлуатації. Доцільно провести дослідження фактичного впливу зволоження властивостей матеріалів, які масово застосовуються в конструкціях, що захищають, визначити параметри теплопровідність і паропровідність залежно від рівня накопиченої в них вологи. Отримані дані дозволять точніше визначити розрахунковий рівень впливу експлуатаційного зволоження елементів стін на їх здатність утримувати тепло приміщень і за результатами експериментальної перевірки ввести розрахункові моделі при удосконаленні будівельних норм. [30,35]

Необхідно звернути увагу на можливу помилку трактування результатів поведінки конструкцій при обліку впливу вологості матеріалу тільки на його теплопровідність. Підвищення коефіцієнта теплопровідності утеплювача за рахунок росту зволоження призводить до зниження інтегрального термічного опору шару утеплителя і стіни в цілому. При

цьому зменшується градієнт температури на межах шару утеплювача, що викликає відповідність зменшення різниці пирогового тиску на цих гранях і рівня подальшого накопичення вологи в утеплювачі. Але приведений механізм відповідає дійсності лише за умови незалежності паро провідність матеріалів стін, в першу чергу утеплювачів, від рівня їх вологості.

Описана поведінка матеріалів притягає увагу фахівців на етапі досягнення критичного стану температурної вологості, який характеризується утворенням конденсованої вологи. Оскільки основний ефект теплоізолюючих властивостей утеплювачів досягається за рахунок створення в їх структурі замкнутих повітряних пір, заміна в них повітря на воду приведе окрім різкого збільшення теплопровідності до погіршення умов міграції пароповітряної суміші, тобто до погіршення паропровідності. Відсутність даних відносно аналітичної залежності параметрів теплопровідності і паропровідності різних матеріалів не дозволяє провести остаточну оцінку доцільності їх обліку в нормативних вимогах по системах утеплення. [30,34,35]

Впровадження у будівельну практику вимог ДБН В. 2.6-31:2016 сприяє подальшому підвищенню критеріїв енергозбереження і наближенню оцінки роботи конструкцій, що захищають, до їх реальної поведінки.

Подальше удосконалення нормативних вимог по проектуванню теплоізоляції будівель і споруд доцільно проводити шляхом комплексної оптимізації захисних конструкцій з урахуванням економічних і технологічних чинників, уточнення поведінки параметрів теплопровідності і паропровідності матеріалів при експлуатації.

Критерієм якості властивостей захисних конструкцій, повинна стати стабільність експлуатаційних характеристик в період окупності проведених заходів. Основою може стати оцінка окупності при варіантному проектуванні систем утеплення і контроль стабільності їх проектних параметрів шляхом проведення аудиту при експлуатації упродовж життєвого циклу системи. [6]

2 КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ЗОВНІШНІХ СТІН З ПІДВИЩЕНИМ ТЕРМІЧНИМ ОПОРОМ

2.1 Сендвич-панелі

З урахуванням того, що в сучасних умовах досить актуальна проблема енергозбереження, сендвич панелі дійсно можна віднести до інноваційних будівельних матеріалів, що дозволяють вирішувати цілий комплекс актуальних і невідкладних завдань. [38]

Сендвич-панелі - великорозмірні будівельні конструкції у вигляді легких тришарових елементів, що є металевими обшивками з двох сторін, між якими знаходиться теплоізолюючий сердечник, виконаний з пінополіуретану, пінополістиролу і базальтового волокна.

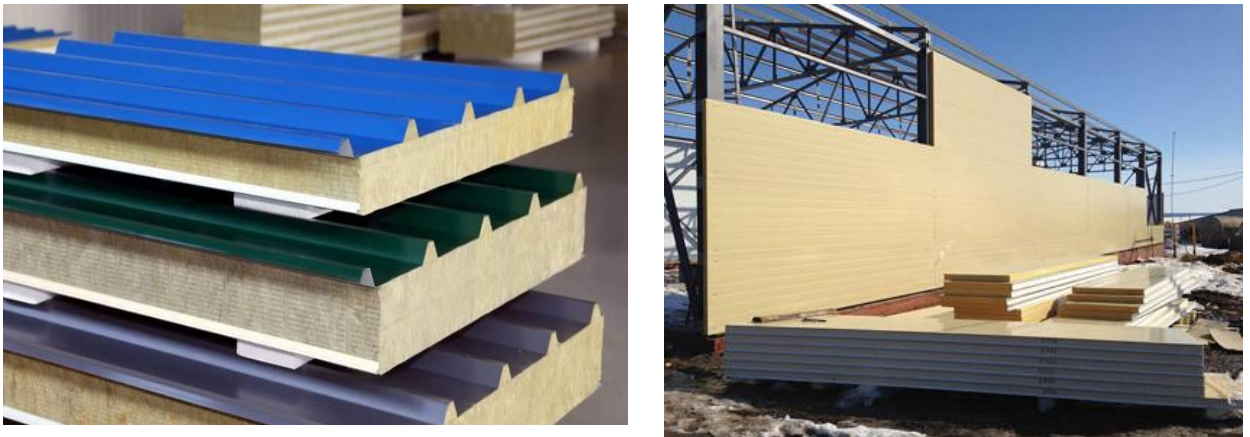


Рисунок 2.1 – Сендвич-панель

Пінополіуретан має найнижчий (із вживаних в сендвич-панелях утеплювачів) коефіцієнт теплопровідності. Він не гігроскопічний і не сприяє утворенню грибка, в той же час цей матеріал має високу адгезію до металевого облицювання. Панелі з утеплювачем з пінополіуретану широко застосовуються в якості стінних обгороджувань і покрівельних покриттів складських і виробничих будівель. [6,17,34,37]

Пінополістирольний утеплювач по теплозбереженню трохи поступається утеплювачу з пінополіуретану, але в зв'язку з тим, що є слабогорючим матеріалом, має ширшу сферу застосування. Сэндвич-панелі з утеплювачем з пінополістиролу ідеально підходять для будівництва об'єктів виробничого призначення, в т.ч. для об'єктів холодильної промисловості.

Сэндвич-панелі з базальтовим утеплювачем задовольняють найжорсткіші вимоги пожежної безпеки, відповідають санітарним і екологічним нормам, в тому числі і житлового будівництва.

Основна гідність сэндвич-панелей - їх технологічність. Несуча конструкцією у більшості випадків є металевий каркас, на який за допомогою гвинтів (саморіз), монтуються панелі. Для закриття можливих стиків використовуються фасонні елементи - металеві профілі. Теплотехнічні характеристики сэндвич-панелей в 10-15 разів перевершують аналогічні характеристики традиційних будівельних матеріалів.

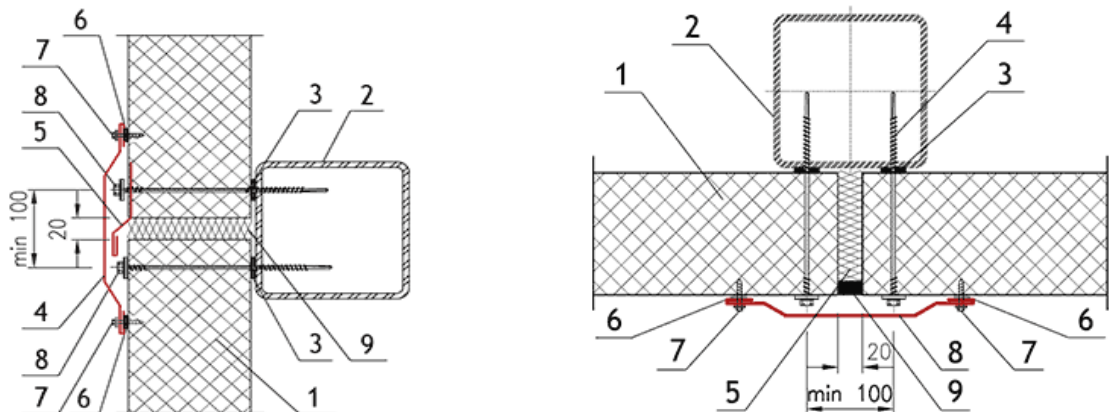


Рисунок 2.2 – Кріплення сэндвич-панелей

Невелика вага панелей дозволяє понизити вартість фундаменту при будівництві будівлі (навантаження на фундамент буде приблизно в 80 разів менше, ніж при використанні цеглини або бетону), а також заощадити на застосуванні іншої вантажопідйомної техніки.

По функціональному призначенню сэндвич-панелі підрозділяються на стінні і покрівельні. Стінні панелі можуть застосовуватися для облаштування обгороджувальних стін, перегородок промислових, харчових об'єктів,

громадських і житлових будівель і споруджень будь-якого призначення, адміністративних будівель, модульних, збірно-розбірних будівель, автозаправних станцій торгових підприємств, спортивних споруд, сушарних камер, холодильних установок, теплих модулів і теплих контурів у виробничих приміщеннях, воріт і дверей, а також для утеплення будов. [30]

Панелі кожної серії мають свої конструктивні особливості, а широка колірна палітра обробки панелей і різноманітність фасонних елементів дозволяють створювати сучасні покрівлі, фасади і інтер'єри. Враховуючи це, сендвич-панелі знаходять широке застосування як в промисловому, так і в цивільному будівництві. На основі проведеного дослідження, на першому місці по використанню сендвич-панелей знаходяться об'єкти торгового призначення, на другому - виробничі об'єкти, а на третьому - об'єкти складського призначення.

Існують види панелей, створені для спеціального використання :

- acoustic (акустичні системи) - призначені для звукоізоляції (наприклад, кінотеатрів;)
- панелі food safe («харчові») - системи з нержавіючої сталі для фасадів, приміщень для виробництва продуктів харчування, холодильних камер, а також приміщень, працюючих в умовах агресивного середовища;
- панелі hygiene - для медичних приміщень і «чистих кімнат»;
- промислові панелі підвищеної вогнестійкості для вибухонебезпечних виробництв.

Сендвич-панелі широко використовуються для зведення будівель і споруджень найрізноманітнішого призначення. До них відносяться торгові і адміністративні приміщення, склади, офісні будівлі, спортивні споруди, садові будиночки, невеликі магазини і навіть заводи харчової промисловості. Окрім використання як будівельний матеріалу, сендвич-панелі знаходять застосування для утеплення і декоративного оздоблення вже існуючих будівель, а також для виготовлення протипожежних дверей і воріт. Зручність, простота, надійність і прийнятні ціни дозволили сендвич-панелям стати

одним з найбільш сучасних і затребуваних матеріалів для швидкого будівництва будівель і споруд.

Перед іншими будівельними матеріалами - цегли, залізобетонними панелями, дерев'яними блоками - сендвич-панелі мають цілий ряд переваг.

Низькі витрати на будівництво і стислі терміни монтажу - це можливість купівлі і зведення будівель і споруджень необхідної площі і швидкої здачі їх в експлуатацію завдяки продуманій системі монтажу. При цьому реконструкція будівлі так само проста, як і його будівництво.

Високі теплоізоляційні властивості. Сендвич-панель завтовшки всього 100 мм забезпечує таку ж теплоізоляцію, як цегляна кладка завтовшки 640 мм або стіна з ячеїстого бетону завтовшки 500 мм. Використання тришарових стінних панелей значно знижує витрати на опалювання в холодний час року і зберігає комфортну температуру в приміщенні в жарку погоду.

Високі звукоізоляційні властивості дозволяють будувати швидкозведені будівлі і споруди недалеко від автострад, залізниць, будівництв і інших джерел підвищеного шуму без збитку для здоров'я проживаючих або працюючих в них людей.

Низька вага сендвич-панелей дає можливість простої доставки достатньої кількості цього будівельного матеріалу автотранспортом. Крім того, значно знижується навантаження на фундамент, що дозволяє вести будівництво без додаткових витрат на детальне дослідження ґрунту.

Стійкість до температурних перепадів дозволяє використати будівлі і споруди з сендвич-панелей в різних регіонах нашої країни;

Довговічність швидкозведених будівель - ще один плюс до згаданої раніше можливості їх швидкого будівництва і демонтажу. При відносно низьких витратах терміни експлуатації будівель з сендвич-панелей складають близько 25 років.

Екологічність і відповідність санітарним нормам - переваги, що дозволяють використати сендвич-панелі для будівництва медичних установ і підприємств харчової промисловості.

Сучасний дизайн і забарвлення з обох боків - відмінна можливість відмовитися від додаткових оздоблювальних робіт. Зовнішні і внутрішні сторони сендвич-панелей мають антикорозійне і декоративне покриття, стійкі як до механічних, так і до хімічних і погодних дій. [30]

Розглядаючи вартість сендвич-панелей потрібне відмітити, що близько 60% тришарових панелей реалізується через дилерську мережу, а інші 40% - через роздрібну торгівлю. При цьому практично усі провідні компанії, що мають у своєму торговому асортименті цю продукцію, прагнуть до створення широкої дилерської мережі. Це дає можливість охопити багато регіонів і забезпечити їх своєю продукцією.

Такий підхід значною мірою визначає вартість сендвич-панелей. Але це не єдиний чинник, що впливає на вартість. Рівень цін на тришарові панелі залежить від товщини, призначення панелей, а також від виду наповнювача (мінеральна вата, пінополістирол, пінополіуретан). Проведений аналіз показує, що вартість панелей (товщина 100 мм) з мінераловатним наповнювачем в 2019 р. складала 650-850 грн./м², з наповнювачем з пінополістиролу - 275-350 грн./м², з наповнювачем з пінополіуретану - 650-900 грн./м². Середня ціна «збірних» панелей - 650 грн. без монтажу, готових панелей фінського виробництва - 970-1090 грн./м².

Сьогодні багато експертів відмічають одну характерну особливість українського ринку сендвич-панелей. Разом з тим, що вирішальним фактором при виборі забудовником будівельних матеріалів як і раніше залишається вартість, можна спостерігати і нову тенденцію, коли цей параметр починає втрачати свої позиції і за основу береться якість продукції. [30,37]

Технічні характеристики сендвич-панелей приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики сендвич-панелей

Заповнювач	Мінеральна вага	Пінополістирол	Пінополіуретан	Мінеральна вага	Пінополістирол	Пінополіуретан	Мінеральна вага	Пінополістирол	Пінополіуретан	Мінеральна вага	Пінополістирол	Пінополіуретан
Товщина	Щільність кг/м ³			Коефіцієнт теплопередачі Вт/м·К			Термічний опір м ² °С/Вт			Маса 1м ² /кг		
50	від 100 до 120	25	від 54 до 55	0,042	0,037	0,027	1,19	1,35	1,85	15,2	9,8	11,2
60							1,43	1,62	2,22	15,8	10	11,7
80							1,90	2,16	2,69	17,6	10,5	12,8
100							2,38	2,70	3,70	20,9	11	13,9
120							2,86	3,24	4,44	23,2	11,5	15,0
150							3,57	4,05	5,56	26,7	12,3	16,6
200							4,76	5,41	7,41	32,4	13,5	19,3
250							5,95	6,76	9,26	38,2	14,8	22,0

2.2 Дрібноштучні стінові матеріали

Номенклатура дрібноштучні стінові матеріалів включає широкий асортимент продукції - керамічна (глиняний) і силікатна цеглина, керамічні порожнисті камені, блоки з комірчастого бетону (газобетон і пінобетон) і інші вироби вживані для зведення стін.

Керамічна цеглина. Цегла - матеріал, який виготовляють з глини здобутою дрібною фракцією з постійним складом мінералів. Однаковий склад мінералів забезпечує надійність, однотипність керамічної цеглини, а також рівномірність кольору готової продукції.

Виділяють наступні види існуючої керамічної цегли: повнотілий - це матеріал з малим об'ємом порожнеч (менше 13%). Найчастіше він використовується для кладки внутрішніх і зовнішніх стін, спорудження різних несучих конструкцій (у тому числі стовпів і колон), окрім власної ваги додаткове навантаження. Середня щільність даного виду складає 1,6 тис. - 1,9 тис. кг/м³, а середня величина коефіцієнта теплопровідності дорівнює 0,6 - 0,7 Вт/м °С. Велика маса повнотілого матеріалу стала причиною випуску ще одного типу цегли - порожнистої. Він застосовується для укладання зовнішніх стін і перегородок полегшеного варіанту.



Рисунок 2.3 – Керамічна цегла

Порожнеча в цьому матеріалі займає більше 13% його об'єму. Отвори в матеріалі бувають як наскрізні, так і закритими з одного боку; за формою - квадратні, прямокутні, круглі і овальні; по розташуванню -

горизонтальні і вертикальні. Вважається, що самани менш міцні, чим повнотілі. Стандартні розміри керамічної цегли - 250x120x65 мм. При цьому можливі і інші варіанти його габаритів.

На сьогодні в Україні більше 150 заводів і підприємств, які займаються виготовленням керамічної цегли. Лідерство з виробництва облицювальної цегли по праву належить компанії «Євротон», на яку припадає 60% частки ринку. Серед найбільших підприємств також виділяють: ЗАТ «СБК», ЗАТ «Корчеватський комбінат будівельних матеріалів», Корпорацію «Харківські будівельні матеріали», ВАТ «Новоалександрівській цегляний завод», ВАТ «Ірпенський комбінат», ВАТ Івано-Франківське заводоуправління будматеріалами та інші.

Лідер з виробництва облицювального цегли в київському регіоні - ВАТ «Будматеріали» (Біла Церква). Це підприємство випускає 25-30 млн. усл. шт. цегли в рік. При загальному виробництві на цеглину марки «150» доводиться 95% продукції яку випускають.

Останнім часом велику популярність на українському ринку набирає клінкерна цегла (виготовляється в результаті випалення спеціально приготованої суміші глини і кварцового піску при температурі більше 1,3 тис. °С). Єдиним виробником цього виду продукції в Україні виступає ТОВ «Західбудіндустрія» (Луцьк), яке виготовляє клінкерну цеглу під торговою маркою «Євротон». Також досить популярна в Україні продукція польських концернів CRH Klinkier і Roben. За даними фахівців компанії «Євротон», в 2019 році ринок української клінкерної цегли виріс на 108% в порівнянні з 2018 роком, а його місткість склала 12 млн. шт. В середньому приріст сегменту клінкерної цегли з 2015 по 2019 рік склав 206%.

Силікатна цегла. Це автоклавний матеріал, представляє собою різновид силікатного бетону на дрібному заповнювачі, який має форму і розміри стандартної цегли. Він складає приблизно з 90% вапна, 10% піску і невеликої долі добавок. Широка колірна гамма силікатного цегли забезпечується додаванням до основного складу деякої кількості штучних

фарбувальних пігментів (синій, зелений, фіолетовий та інші). При виготовленні продукт піддається термообробці (запарюванню) в автоклавах при температурі 175-200°C насиченою водяною парою. Ця процедура здійснюється під несучі блоки, і самонесучі, які застосовуються для зведення несучих стін, і внутрішніх перегородок. Будівництво за допомогою стінних блоків дозволяє збільшити корисну площу споруди за рахунок зменшення товщини стін і підвищити тиском 0,9-1,6 МН/м² на впродовж 8-16 ч.

За оцінками фахівців, в 2019 році місткість ринку силікатної цегли склала приблизно 1 млрд. шт. В Україні виготовленням цього виду продукції займається близько 40 підприємств. На сьогодні можна відмітити декілька компаній, які займають лідируючі позиції у виробництві силікатної цегли: ВАТ «Цеглина Трипілля», ВАТ «Житомирський комбінат силікатних виробів», Корпорація «Харківські будматеріали». Безперечні лідери з виробництва цього стінового матеріалу - Київська, Житомирська, Харківська і Дніпропетровська області.

Малі стінові блоки. До таких видів будівельних матеріалів відносяться несучі блоки і самонесучі, які застосовуються для зведення стін і внутрішніх перегородок. Будівництво за допомогою стінних блоків дозволяє збільшити корисну площу споруди за рахунок зменшення товщини стін і підвищити продуктивність будівельного процесу. Фахівці стверджують, що монтаж блоків здійснюється в 4-5 разів швидше, ніж швидкість споруд будови на основі цеглини об'єму, що для того ж зводиться, а економія розчину на будівництво об'єкту може досягати 60%. При цьому сумарна маса 1 м³ кладки зменшиться в 1,5 разу.

Стінові блоки з комірчастого бетону діляться на дві групи - автоклавного (газобетон) і не автоклавного тверднення (пінобетон). Прийнято розрізняти: конструкційні (з об'ємом пір 40-50% і щільністю від 900 до 1,2 тис. кг/м³), теплоізоляційні (з пористістю більше 75% і середньою щільністю в сухому стані до 500 кг/м³) і конструкційно-теплоізоляційні блоки (з щільністю від 500 до 900 кг/м³).



Рисунок 2.4 – Газобетон і пінобетон

Після статистика Держкомстату України, сумарне виробництво блоків і цеглини з цементу, штучного каменю і бетону в 2019, році склало 2 млрд. усл. шт. Ця цифра на 11,6% перевищує показник 2018 року. Тільки у грудні 2019 року виробництво цього виду продукції склало 176 млн. усл. шт., що на 4,6% більше в порівнянні з аналогічним періодом 2018 року, і на 3,5% більше, ніж в листопаді 2019 року. Важливо відмітити, що на даний момент в Україні випуск газобетонних блоків складає більше 60% від загального відсотка вироблюваних виробів на основі комірчастого бетону. Сьогодні найбільш популярні блоки щільністю 600 кг/м^3 , оскільки оптимально поєднують в собі теплоізоляційні і конструкційні властивості.

Газоблоки (газобетон, газобетонні блоки) - це матеріал з унікальними властивостями. У нім з'єдналися кращі якості двох найдревніших матеріалів : каменю і дерева. Газобетонні блоки виготовляють з подрібненого кварцового піску, портландцементу, вапна, природного гіпсу, води і алюмінієвого порошку. Вироби не містять азбест. Міцність блоків досягається в ході автоклавного процесу, після закінчення якого їх можна відразу ж використати. [30]

Газобетон задовольняє усім вимогам екологів, оскільки не містить ніяких шкідливих для здоров'я людини компонентів, а також не виділяє в довкілля газу і пил. За показниками вогнестійкості і звукоізоляції він займає серед стінних матеріалів лідируючі позиції. Цей матеріал вогнетривкий, готується, не старіє, крім того, газобетон вологостійкий і не схильний до

гниття. За рахунок поглинання і віддачі вологи комірчастий газобетон підтримує постійну вологість повітря усередині приміщення. А повітряні бульбашки, що займають до 80% матеріалу, забезпечують йому високу теплоізоляційну здатність, що сприяє зниженню витрат на опалювання на 25-30% і відмові від застосування яких-небудь додаткових теплоізоляційних матеріалів. По теплопровідності газобетоні блоки стандартної товщини (300 мм) еквівалентні 580-міліметровій цегляній кладці. Термічний опір комірчастого бетону в 3 рази вищий, ніж з глиняної цеглини, і в 8 разів вище, ніж з важкого бетону.

Для стандартного газобетонного блоку відхилення лінійних розмірів по усіх напрямках не перевищує 1 мм. Висока точність елементів дозволяє вести кладку блоків не на розчині, а на спеціальних тонкошарових клейових сумішах, які виключають утворення в конструкціях «містків холоду».

Фахівці виділяють основні великі заводи, які займаються виробництвом газобетону: корпорація «Харківські будматеріали», ВАТ «Обухівський завод пористих виробів», ВАТ «Житомирський комбінат силікатних виробів», Білгород-Дністровський експериментальний завод комірчастих бетонів і виробів, ВАТ «ДЗМБ» і інші [30,34].

Пінобетон - це легкий комірчастий бетон, що отримується в результаті тверднення розчину, що складається з цементу, піску і води, а також піни. Пінобетон створюється шляхом рівномірного розподілу бульбашок повітря по усій масі бетону.

Пінобетон є майже нестаріючим і практично вічним матеріалом, не схильним до дії часу, не гниє, має міцність каменю. Підвищена міцність на стискування дозволяє використати при будівництві вироби з меншою об'ємною вагою, що ще більше збільшує термічний опір стіни.

Завдяки високому термічному опору, будівлі з пінобетону здатні акумулювати тепло, що при експлуатації дозволяють понизити витрати на опалювання на 20-30%. Пінобетон запобігає значним втратам тепла взимку, не боїться вогкості, дозволяє уникнути занадто високих температур влітку і

регулювати вологість повітря в кімнаті шляхом вбирання і віддачі вологи, тим самим сприяючи створенню сприятливого.

Невелика щільність, а отже і легкість пінобетону, великі розміри блоків в порівнянні з цеглиною дозволяють у декілька разів збільшити швидкість кладки. Простота кладки досягається високою точністю лінійних розмірів.

Пінобетон має відносно високу здатність до поглинання звуку. У будівлях з комірчастого бетону забезпечуються діючі вимоги по звукоізоляції.

При експлуатації пінобетон не виділяє токсичних речовин і по своїй екологічності поступається тільки дереву [2].

Вага пінобетону менше від 10% до 87% в порівнянні із стандартним важким бетоном. Значне зниження ваги призводить до значної економії на фундаментах. Використання комірчастих бетонів при спорудженні стінних блоків дозволяє максимально заощадити на матеріалах, що скоротить вартість будинку, котеджу або просто будь-якої будови. Стена з комірчастого бетону за вартістю в 2-3 рази нижче, ніж стіна з цеглини, а за якістю значно вище. Відповідно економічно використовуються транспортні потужності, а точні розміри і рівна поверхня блоків дає значну економію оздоблювальних матеріалів.

Вироби з пінобетону надійно захищають від поширення пожежі і відповідають першому ступеню вогнестійкості. Таким чином, він добре підходить для застосування у вогнетривких конструкціях. При дії інтенсивної теплоти, типу паяльної лампи, на поверхню бетону він не розщеплюється і не вибухає, як це має місце з важким бетоном [2].

На сьогоднішній момент можна виділити три цінові категорії газобетону: економ, середній, високий вартісний сегмент. Перші дві категорії представлені українським виробником, третя - імпортера. Так, економ пропозиція обійдеться споживачеві в 1000-1200 грн. за м³.

Таблиця 2.2 - Характеристика видів пінобетону

Вид пінобетону	Марка щільності пінобетону	Міцність, кг/см ²	Міцність МПа
Теплоізоляційний	400	9,0	0,9
	500	13,0	1,3
Конструкційно-теплоізоляційний	600	16,0	1,6
	700	24,0	2,4
	800	27,0	2,7
Конструкційний	900	35,0	3,5
	1000	50,0	5,0
	1100	64,0	6,4
	1200	90,0	9,0

Таблиця 2.3 - Порівняльні характеристики будівельних матеріалів

Матеріал стін	Щільність кг/м ³	Теплопровідність Вт/м·К	Товщина стін, см	
			R _{tp} =1,7	R _{tp} =3,0
Пінобетон	400	0,1	23	40
Пінобетон	600	0,14	30	50
Пінобетон	800	0,21	42	71
Пінобетон	1000	0,29	58	98
Вапняк пиляний	1600	0,35	70	120
Керамзитобетон	1150	0,5	90	155
Цегла керамічна пориста	1400	0,64	109	195
Шлакоблок	1400	0,65	111	188
Цегла силікатна	1850	0,85	147	270

Таблиця 2.4 - Порівняльний аналіз конструкцій стін з пінобетону і керамічної цегли

Показник	Одиниця виміру	Цегла будівельна		Будівельні блоки		Пінобетон
		глиняна	силікатна	керамзит	газобетон	
Щільність	кг/м ³	1550-1750	1700-1950	900-1200	300-1200	300-1200
Маса 1 м ² стіни	кг	1200-1800	1450-2000	500-900	90-900	90-900
Теплопровідність	Вт/м·К	0,6-0,95	0,85-1,15	0,75-0,95	0,07-0,38	0,07-0,38
Морозостійкість	цикл	25	25	25	35	35
Водопоглинення	% по масі	12	16	18	20	14
Межа міцності при стискуванні	МПа	2,5-25	5-30	3,5-7,5	0,5-25,0	0,25-12,5

Таблиця 2.5 - Орієнтовні економічні характеристики будівельних матеріалів

Характеристика	Одиниця виміру	Цегла червона	Дерево	Пінобетон	Цегла силікатна
Витрата розчину на 1 м ³ кладки	м ³	0,23	-	0,03 - 0,1	0,23
Товщина стіни при однаковій теплопровідності	м	1,2	0,3	0,2 - 0,7	1,9
Зразкова вартість матеріалу для 1 м ² стіни при однаковій теплопровідності	\$/м ²	45	21	12 - 23	48
Зразкова вартість роботи при кладці 1 м ² стіни при однаковій теплопровідності	\$/м ²	8,5 - 11	2	3,8	8,5 - 11
Час, необхідний для укладання 1 м ³ стіни	година	2	0,5	0,5	2

Висока цінова категорія починається від 1600 грн. (Туреччина, Польща та інші).

Трохи дешевше продукція неавтоклавного тверднення. Так, середня ціна пінобетону знаходиться в межах 800 грн. за м³.

Фахівці відмічають, що інфляційні процеси і зростання цін на енергоносії суттєво впливають на вартість цегли, виробленої в Україні. Сьогодні ж вартість червоної облицювальної цегли коливається від 2,0 грн./шт. до 4,0 грн./шт. Вартість цегли зарубіжного виробництва коливається від 7 до 10 грн. за шт. [2,18,30].

2.3 Технологія «Термодом»

Термодом - це будинок, стіни якого зведені з легенів пенополистирольных блоків - термоблоков. Заповнені бетоном, вони утворюють монолітну стіну завтовшки 25 см, утеплену з двох сторін пенополистирольной плитою по 5 см [30].

Термоблок складається з двох пінополістирольних плит, сполучених один з одним такою ж пінополістирольною перемичкою і є незнімною опалубкою для бетону. В якості армуючих елементів у бетоні використовуються вертикальні і горизонтальні стержні з арматури.



Рисунок 2.5 - Термодом

Технологія «термодом» дозволяє будувати широкий спектр об'єктів :

- індивідуальні одно-, двоповерхові житлові будинки;
- багатоквартирні житлові будинки блокового типу;
- багатоквартирні споруди (до 5 поверхів);
- об'єкти промислового призначення (офіси, сервісні центри, корпуси, заправки і тому подібне);
- об'єкти сільськогосподарського призначення (склади, холодильники, сховища і тому подібне);

Розмір термоблока нового європейського зразка : 1250×300×250 мм.

Розмір термоблоку застарілого зразка : 1000×250×250 мм.

Для виготовлення термоблоків застосовується полістирол марки ПСБ-С, який не підтримує горіння завдяки антипіреновим добавкам, самозатухання 2-3 сек. Застосовується пінополістирол (пінопласт) марки ПСБ-С-35 (щільність до 35 кг/м³). Пінополістирол давно і широко використовується у будівництві. Це абсолютно нешкідливий, екологічно чистий матеріал, який може контактувати з продуктами, що вживаються в їжу, без попередньої обробки. Має прекрасну опірність волозі, плісняві і комахам [15-19].

Переваги технології ТЕРМОДОМ в порівнянні з традиційними технологіями:

- Високі теплотехнічні характеристики стін. Експлуатаційні витрати на опалювання взимку і кондиціонування влітку знижуються в 3-4 рази. Стіна з термоблока еквівалентна по теплоізоляції бетонній стіні 4 метри завтовшки, цегляною - 2 метри, дерев'яною - 0,40 метра.
- Зниження термінів будівництва в 3-4 рази. Зниження трудовитрат при монтажі стін в 3-10 разів.
- Економія при спорудженні стінних конструкцій на 20-60 %, при спорудженні фундаменту в 2-3 рази.
- Міцність конструкції, завдяки монолітному армованому бетонному каркасу.

- Висока сейсмостійкість будівлі до 9-10 балів.
- Простота, легкість і зручність будівництва. Немає необхідності в спеціальній будівельній техніці.
- Екологічна чистота матеріалів. Пінополістирол значно послабляє вплив радіоактивного випромінювання і електромагнітного поля - електромагнітні бурі у будинку з термоблоков не відчуються.
- Можливість створення необмеженої кількості архітектурних форм [15-19].

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики термоблоков

Найменування	Блок рядовий/торцевий	Блок розбірної
Щільність пінополістиролу	35 кг/м.куб (М35)	35 кг/м.куб (М35)
Геометричні розміри	250x1000x250 мм	250x1000x250мм
Товщина стінок з пінополістиролу	2шт x 50мм	2шт x 50мм
Внутрішня відстань між стінками пінополістиролу	150 мм	150 мм
Вага термоблока	0,75 кг	1,4 кг
Вага перемички	-	0,09 кг
Витрата бетону	0,13 м ³ /м ²	0,15 м ³ /м ²
Вага стіни	360 кг /м ²	415 кг /м ²
Коефіцієнт теплопровідності	0,028 Вт/м·К	0,028 Вт/м·К
Паропроникненість	0,032 міліграм/(м.ч.Па)	0,032 міліграм/(м.ч.Па)
Влагопоглинання (за 24 години)	0,1 %	0,1%
Час самозатухання	2 сік	2 сік
Група горючості	Г2	Г2
Акустична ізоляція	46 дБ	46 дБ
Розрахунковий термін служби	120 років	
Діапазон робочої температури	-180...-96°C	

Основна перевага використаної технології незнімної опалубки з пінополістиролу - можливість зведення багат шарової огорожувальної конструкції, з необхідним опором теплопередачі за один технологічний цикл, тобто стіна виходить відразу «теплою» і не вимагає подальшого утеплення. Захисна конструкція є «сендвічем»: залізобетон, з двох сторін покритий шарами теплоізоляції.

Елементи опалубки можуть бути виконані або у вигляді блоків (найбільш поширений варіант), або у вигляді панелей.

Панелі з пінополістиролу, у відміну від дрібнокоштучних блоків, є великорозмірними елементами з висотою зазвичай рівній висоті поверху, і завдовжки 2-3 м. Частина внутрішніх порожнеч панелей (за розрахунком) армується і замоналичується, а інші можуть бути використані для укладання комунікацій.

Незнімна опалубка з ДСП. Дана система опалубки істотним чином відрізняється від полістиролової. Крупно-розмірні стінні елементи з ДСП зв'язуються один з одним через певні відстані за допомогою металевих або полімерних профілів. З ДСП виготовляються усі настінні, стельові і спеціальні елементи. У зонах, піддаються будівельно-фізичним навантаженням, використовуються дерев'яні каркасні плити, пов'язані цементом (ЦСП).



Рисунок 2.6 - Незнімна опалубка з ДСП

В даному випадку ДСП і ЦСП не є теплоізоляційними матеріалами, і, отже, огорожувальна конструкція, утримується за цією технологією, вимагає подальшого утеплення. Але в той же час система має і суттєві переваги, передусім, це більш висока індустріальність усіх елементів системи.

При виготовленні панелей на заводі, між дерев'яними каркасними плитами встановлюється арматура відповідно до вимог розрахунків по здатності, що несе. Також в заводських умовах монтується за проектом електропроводка, і встановлюються інженерні комунікації. Таким чином, практично готова панель (з усіма комунікаціями і арматурою) доставляється на будмайданчик, де залишається тільки її змонтувати і залити у внутрішні порожнечі бетон. Монтаж стінових елементів виконується за допомогою крану вантажопід ємністю 1 т.

Усі елементи опалубки мають поверхню, повністю готову для фарбування, білення або іншого оздоблення. Перенесення в заводську умови більшість технологічних процесів дозволяє легше виконувати контроль за якістю і мінімізувати терміни монтажних робіт на будмайданчику [30].

2.4 Сучасний енергозберігаючий будівельний матеріал - «МДМ - панель»

МДМ - панель є тришаровою конструкцією, що складається з шару утеплювача, двох зварних металевих сіток, внутрішніх розпірок і шару цементної штукатурки.

Випускаються панелі розміром 1200 x 3000 (мм).

- Така проста конструкція має ряд переваг[20-23]:
- Унікальна міцність і сейсмостійкість. Будівля вистійть при землетрусах 7-8 балів, йому не будуть страшні рухи ґрунту, повені, найсильніші урагани.

– Легкість. Завдяки своїй легкості, будинок з МДМ - панелей можна будувати на сипких ґрунтах, у болотистій місцевості. Легко і безпечно можна добудувати додатковий поверх в старих будинках, де фундамент не дозволяє зробити це традиційними методами.

– Прекрасна теплоізоляція. За теплоізоляційними властивостями МДМ - панель рівна 2,5-метрової бетонної або 1,5-метрової стандартної цегляної стіни. По ефективності опалювання будинок з таких панелей економічніше традиційного на 40-80%. Взимку в ній тепло, в жару - прохолодно.

– Хороша шумо- і звукоізоляція . Два шари бетону, розділених шаром пінополістірольного утеплювача, мінімізують передачу звуку і зовнішніх шумів.

– Пожежна стійкість. Стіни і конструкції з МДМ - панелей успішно можуть протистояти джерелу вогню завдяки тому, що металева сітка і бетонна штукатурка є негорючими матеріалами. Протипожежні властивості залежать від товщини бетонного шару, матеріалу теплоізоляційного сердечника, діаметру, покриття зв'язків, сітки і арматури, способу армування. Можна виготовити систему з самими високими вимогами до вогнестійкості. МДМ - панель протистоїть інтенсивному джерелу полум'я:

- при товщині штукатурки 50мм з кожного боку - 2 години;
- при товщині штукатурки 80мм з кожного боку - 4 години.

– Простота монтажу. Для будівництва з МДМ - панелей не потрібна важка техніка, крани. Увесь комплекс робіт по монтажу будівлі можна зробити за допомогою ручного інструменту силами декількох чоловік. Легка вага МДМ - панелей (панель 1200x3000 важить приблизно 22 кг) робить їх монтаж легким і зручним. Скріплення плит легке і швидко здійснюється за допомогою спеціального пневматичного пістолета, який затискає скоби в кільця, скріплюючи стикувальні сітки з панелями. Цей спосіб стикування плит робить каркас будівлі навіть до нанесення бетонного розчину настільки міцним, що можна ходити по перекриттю.

- Універсальність і застосовність в усіх областях традиційного будівництва. З МДМ - панелей можна побудувати увесь будинок, включаючи стіни, перекриття, скатний дах, сходи, басейни і тому подібне

- Можливість простими засобами створювати незвичайні архітектурні рішення

- Незрівнянно високі темпи будівництва.

Сфера застосування. МДМ - панелі - це універсальні елементи, що несуть, вживані для спорудження стін, що несуть, перекриттів, сходів, скатних покрівель. З них будують малоповерхові і багатоповерхові цивільні і промислові будівлі різних конструкцій. При багатоповерховому будівництві потрібне додаткове армування для посилення конструкції. При традиційному монолітно-каркасному будівництві МДМ – панелі (рис.2.9) використовуються для заповнення зовнішніх стін і перегородок. Будівництво здійснюється згідно діючих правил і норм ДСТУ і ДБН.



Рисунок 2.8 - Будівельна конструкція МДМ - панель

Показники, приведені в таблиці 2.7, підтвержені відповідними протоколами випробувань. Усі конструкції з МДМ - панелей відповідають вимогам ДБН В.1.2-15:2009. «Навантажень і вплив» і ДСТУ В.2.6-156:2011 «Бетоні та залізобетонних конструкцій».

Таблиця 2.7 - Фізичні показники початкової МДМ - панелі

№ п/п	Показник	Кількість
1	Висота виробу	3000 мм
2	Ширина виробу	1200 мм
3	Товщина сердечника-пінополістиролу	100 мм
4	Щільність пінополістиролу	15 кг/м ³
5	Відстані між арматурними сітками (товщина виробу)	135 мм
6	Розмір осередку сіток	50 мм x 50 мм
7	Діаметр дроту сіток	3 мм
8	Діаметр дроту опорного елемента	3,5 мм
9	Вага виробу	27 кг
Характеристики готової стіни/перекриття з МДМ - панелі		
10	Товщина шару бетону з одного боку	40-60 мм
11	Вага 1 м ² стіни/перекриття (шар бетону 40-60 мм)	195-260 кг
12	Межа міцності стіни на стискування (шар бетону 40 мм)	32 т/м.п.
13	Допустиме навантаження на перекриття (шар бетону 40 мм)	800 кг/м ²
14	Клас пожежної небезпеки	К2
15	Межа вогнестійкості стіни	122 хв.
16	Межа вогнестійкості перекриття	46 хв.
17	Термічний опір (шар бетону 50 мм), кв.м С/Вт	2,53

Сітка виконана із звичайної низьковуглецевої сталі класу Вр-1 діаметром дроту 3мм, осередок 50x50мм. Опорні елементи виконані з оцинкованого низьковуглецевого гладкого дроту діаметром 3,5 мм. Склад

бетону: на 1 м^3 бетону - 300кг цементу марки М500, 0,9 кг фіброволокна, 4,5кг пластифікатору; пісок - річковий, фракція до 3мм. Нанесення бетону - механічним або ручним способом [20-23].

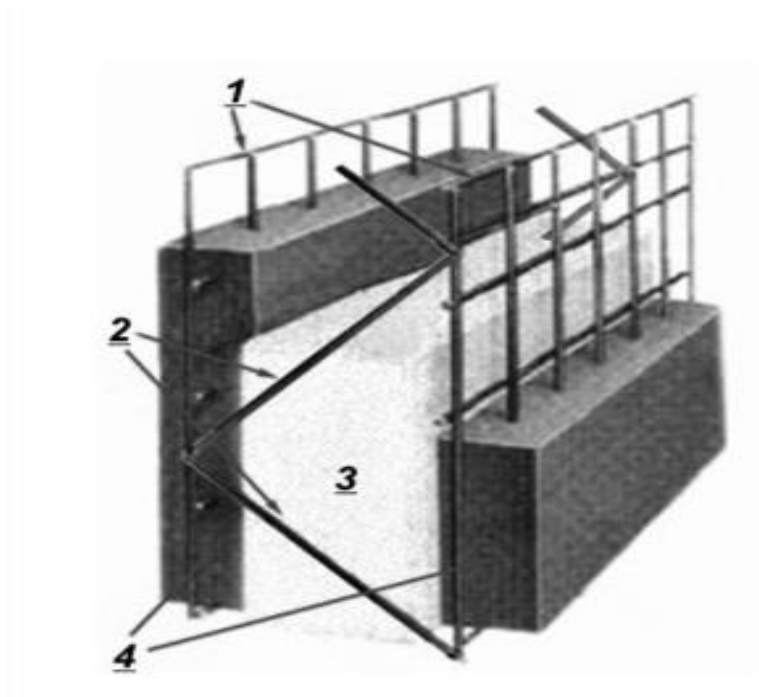


Рисунок 2.9 - Початкова МДМ – структура - панель

1 - дві паралельні сітки, жорстко сполучені між собою опорними елементами (2) методом контактної зварювання. Між сітками вмонтований шар утеплювача (3) - пінополістирол завтовшки 100мм; 4 - торкретування бетону.

2.5 Фасадні системи утеплення будівель

Фасадні системи утеплення будівель є одним з найкращих конструктивних прийомів підвищення теплоізоляції огорожувальних конструкцій. При використанні фасадних систем утеплення забезпечується не лише високий показник опору теплопередачі, але і нормальний режим вологості конструкцій при експлуатації, і, отже, комфортні умови для проживання людей [26].

Система «Легкої штукатурки». Метод утеплення із зовнішнього боку стіни є найбільш оптимальним по забезпеченню нормального режиму температурної вологості, як в самій конструкції, так і в приміщенні. Крім того, він являється і найбільш ефективним з позиції енергозбереження, і принципові конструктивні рішення фасадних систем засновані саме на нім.

Найбільш економічною і популярною являється так звана «легка», тонкоштукатурна, система утеплення. Теплоізоляційний шар цієї несучої системи, шар штукатурки тримається безпосередньо на плиті, яка приймає усі навантаження і дії при експлуатації системи. Для фасадного утеплення під штукатурку компанія PAROC (рис.2.10) випускає 6 типів плит, що відрізняються щільністю і жорсткістю. Плити PAROC FAS 3, FAS 4 і ламельна плита PAROC FAL 1 використовуються як утеплювач в легкоштукатурних системах.



Рисунок 2.10 - Легка штукатурна фасадна система PAROC

Компанією PAROC спеціально для українського ринку була розроблена плита PAROC FAS 3, яка має більш високий рівень якості, вже задекларований в плиті FAS 4. Її можна успішно застосовувати в усіх існуючих і сертифікованих системах утеплення. Серед усіх мінераловатних плит, вживаних в системах «Легкої штукатурки», у PAROC FAS 3 найбільш низький коефіцієнт теплопровідності завдяки ідеально збалансованим характеристикам: щільність, структура волокна, кількість єднального. Тому

вона підходить для утеплення суцільних ділянок стін, що зменшує витрати на їх вирівнювання. PAROC FAS 3 вже зарекомендувала себе на багатьох об'єктах, ставши гідним доповненням в асортименті фасадних плит PAROC.

На відміну від звичайних плит в плиті PAROC FAL 1 волокна розташовані перпендикулярно ізолююча поверхні, що збільшує міцність системи утеплення на розрив. Плита відрізняється точністю і стабільністю розмірів. Використовують FAL 1 на будівлях, де переважають віконні і балюстрадні елементи, і будівлях з криволінійної поверхнею. Завдяки невеликій вазі ці плити можуть кріпитися до стіни за допомогою клейового складу без дюбелів (на фасадах заввишки до 12 метрів), що істотно зменшення кількість містків холоду в конструкції і знижує загальну вартість системи.

Для теплоізоляції віконних укосів, дерев'яних отворів на складних архітектурних ділянках застосовуються тонкі плити PAROC FAB 3.

«Важка» штукатурна система, в якій теплоізоляційний шар не є несучим або сприймає навантаження стискування, в основному застосовується в скандинавських країнах: система Serpogock (Швеція), Termonit (Фінляндія). Плити PAROC FAS 1, використовувані в цій системі, відрізняються хорошими фізичними характеристиками: невеликою вагою, високими показниками міцності на стискування і на відрив шарів [38].

Системи скріпленої теплоізоляції (рис.2.11) представляють собою багатошарову «шубу», що складається з клейового складу, органічного або мінерального утеплювача (пінополістірольних або мінераловатних плит), гідроізоляційного складу, спеціальної стеклосітки, ґрунтовки, декоративного штукатурного або забарвлення обробного складу. Ці системи можна класифікувати за декількома показниками:

Сфера застосування. Вирішальне значення при виборі системи скріпленої теплоізоляції грає тип вживаного в ній утеплювача. Так, мінераловатна система може використовуватися для будівель і споруджень будь-якої поверховості, пінополістірольна з поясами з мінеральної вати -

для будівель заввишки не вище 25 поверхів (окрім медустанов із стаціонарами), використання пінополістирольної системи має ще жорсткіші обмеження по висотності. Оскільки висота котеджу не перевищує три поверхи, цей тип будов можна утепляти як мінераловатної, так і пінополістирольної системою скріпленої теплоізоляції.

Фінішне покриття. За цим показником виділяють мінеральні, акрилові, силіконові і силікатні системи скріпленої теплоізоляції. Мінеральні системи - володіють високою паропроникненістю, ремонтпридатністю і низькою вартістю. Акрилові - дорожче за мінеральних, але, як правило, забарвлені в масі. Це означає, що подальше забарвлення фасаду не потрібно. Силікатні - паропроникнення, гідрофобні, стійкі до поразки пліснявою і грибок, а до того ж здатні самоочищатися від осідаючого пилу. Силіконові - мають відмінні фізико-механічні властивості (паропроникненість, висока адгезія до основи будь-якого типу, гідрофобність, самоочищення), але при цьому вони найдорожчі.

Комплектність постачання. Система скріпленої теплоізоляції може бути повністю укомплектована її виробником усіма основними і допоміжними матеріалами або тільки частково. У останньому випадку до складу системи входять клейовою, ґрунтовка і просочувальний склад, герметики. Іншими матеріалами систему укомплектовує підрядник, що проводить роботи по облаштуванню системи утеплення [30,37].



Рисунок 2.11 – Система скріпленої теплоізоляції

Технологія виконання скріпленої теплоізоляції будівель включає п'ять етапів:

Підготовка основи. Перед початком утеплення необхідно оглянути фасад будівлі, покрівлі і цоколя на предмет наявності яких-небудь ушкоджень, нерівностей і забруднень (особливо масляних). Поверхню фасаду очищають від зруйнованої штукатурки, бруду, вісолів, іржа і тому подібне. Виявлені тріщини також очищають від залишків зруйнованого матеріалу і пилу, а потім ґрунтують (при необхідності - усю поверхню фасаду).

Кріплення плит утеплювача. Перший крок - кріплення перфорованих профілів по усьому периметру будівлі в цокольній частині, на які потім спиратиметься перший горизонтальний шар утеплювача. Після цього на плиту утеплювача наноситься клейова суміш. Метод нанесення клейових сумішей при кріпленні пінополістирольних плит визначається станом конструкції, що захищає, і може бути: смуговий (застосовується, якщо поверхня стіни має нерівності до 5 мм) - суміш розчину наноситься на поверхню плити у вигляді смуг на певній відстані від краю по усьому периметру, а потім посередині; маячок (застосовується, якщо поверхня стіни має нерівності до 15 мм) - суміш розчину наноситься на поверхню плити по усьому периметру у вигляді смуг певної ширини і висоти, а потім посередині у вигляді маячків; суцільний (поверхня стіни має нерівності до 3 мм) - розчинна суміш наноситься по усій поверхні плити зубчастим шпателем.

[30]

При наклеюванні мінераловатних плит суміш розчину наноситься по усій поверхні плити зубчастим шпателем.

Після нанесення суміші розчину на плиту утеплювача її відразу встановлюють в необхідне положення і притискають. Плити приклеюють впритул одна до іншої, не допускаючи збігу вертикальних швів, ширина яких не повинна перевищувати 2 мм.

Додаткове кріплення. Після закінчення трьох днів після приклеювання плит їх додатково кріплять до зовнішніх стін елементами (дюбелями з патронами і шайбами). При цьому необхідно стежити, щоб не ушкодилася поверхня плит.

Облаштування армованої основи. Наступний крок виконання скріпленої теплоізоляції - облаштування армованої основи під штукатурку. Для цього плиту утеплювача покривають суцільним шаром який склеюють розчину і повністю втуплюють в нього стеклосітку. При необхідності додаткового вирівнювання поверхні використовують цементну штукатурку. Виробники систем скріпленої теплоізоляції рекомендують усі утворені плитами кути зміцнити перфорованим алюмінієвим куточком. [30]

Оформлення фасаду. До оздоблення поверхні фасаду будівлі слід приступати через три доби після закінчення робіт з облаштування теплоізоляції. На утепленій таким чином стіні чудово виглядають декоративні штукатурки, а також промислового типу гладка окрашена поверхня. Спеціалісти звертають увагу на такий момент: якщо для утеплення фасаду була вибрана не повнокомплектна система скріпленої теплоізоляції, підбирати відсутні матеріали слід з урахуванням їх фізико-механічних властивостей. У частості, обробку мінераловатної системи можна проводити матеріалами з високою паропроникністю (наприклад, мінеральними або сіліконовими декоративними штукатурками), а пінополістірольною - як мінеральними, так і полімерними штукатурками [30].

Виробники. На українському ринку добре відомі системи скріпленої теплоізоляції вітчизняних торгових марок: Cerezit (виробник - ТОВ «Хенкель Баутехнік (Україна)», Knauf («Кнауф»), «БудМайстер» (ВАТ «Павлограджитлобуд»), «Артисан» (ТОВ «Артіль»), «Полірем» (ТОВ «Полірем»), Polimin (ТОВ «Фомальгаут-Polimin») і інші, а також зарубіжних: Dryvit, Senergy (США), Тех-Color, Caparol, Sopro (Німеччина), Capateck, Atlas (Польща), Stomix (Чехія), Vetonit (Фінляндія) та інші

Вартість. Сьогодні вартість повнокомплектної системи скріпленої теплоізоляції коливається від \$ 10 до \$ 40 за 1 м². Настільки широкий діапазон цін пояснюється тим, що на вартість утеплення впливає безліч факторів: складу і якість використовуваних матеріалів (наприклад, мінераловатний утеплювач дорожче пінополістирольного, силіконове фінішне покриття дорожче мінерального і т.д.), товщина утеплювача (чим вона більша, тим дорожче вийде пристрій системи), складність і рівень підготовки основи фасаду, його площа. [28,30].

Система утеплення «мокрим» методом (рис.2.12). Система утеплення за допомогою оздоблення «мокрим» методом виглядає так. До зовнішньої стіни спеціальним клейовими складами кріпиться мінераловатний або пінополістирольний утеплювач (нерідко як додаткове кріплення використовуються спеціальні дюбелі). Потім наноситься шар штукатурно-клейової маси, армованою сіткою із скловолна. Закріплюється конструкція захисно-декоративним шаром штукатурки, який за бажанням може бути забарвлений і прикрашений естетично.

Важливо пам'ятати, що при улаштуванні системи перевага використовувати компоненти «пирога» від одного виробника, бо вони повинні узгоджуватися між собою за основними параметрами: паропроникненістю, міцністю, адгезія, і тому подібне.

Фахівці відмічають, що в умовах правильного монтажу, що припускає застосування компонентів однієї торгової марки, або ж що узгоджуються між собою, такі фасади досить довговічні. Термін їх служби може досягти 25-30 років.

Крім того, багато експертів цієї області виділена безліч переваг використання фасадних систем «мокрого» типу, а саме:

- значне зниження витрат при експлуатації готового знання;
- зниження витрат на будівництво;
- можливість монтажу «мокрих» фасадів на поверхні різних видів, у тому числі на ослаблені і нерівні поверхні;

- відносна простота виконання монтажних робіт;
- результат таких робіт - сучасний фасад без стикувальних швів і нерівностей [30].



Рисунок 2.12 – Система «мокрій» фасад

Вітчизняний ринок представлено широким асортиментом усіх видів продукції для монтажу фасадних систем за допомогою «мокрого» методу. Практично усі виробники сухих будівельних систем (СБС) сьогодні випускають продукцію для облаштування таких фасадів.

Серед найбільш великих вітчизняних виробників, що позиціонують себе в даному секторі ринку є «Артисан» («Артіль»), «БАУТЕХ-Україна» (ексклюзивний представник компаній EDILTECO Італія і BAUTECH Польща), «Буд-Майстер» («Павлограджилстрой»), Master («Майстер»), «Полимін» («Фомальгаут»), «Ферозит» («Ферозит-Альфа»), PROFI - THERM (СП ТОВ «Мефферт Ганза Фарбен») та інші; зарубіжних - Baumit (Австрія), Volix (Польща), Cerezit («Хенкель Баутехник (Україна)»), Knauf («Кнауф Інсулейшен Україна»), Lafarge (Франція), «Термилат» (Thermilate Europe Ltd, Великобританія) та інші.

Існує два основні методи систем склепленої теплоізоляції. Так, наприклад, товстошаровий (важкий) метод припускає покладання функцій, що несуть, на арматурну сітку і анкери. Товщина такого шару може досягати 40 мм. Серед переваг товстошарового методу - висока тепло- і звукоізоляція, відсутність деформації поверхні при перепадах атмосферних температур.

Існує також тонкошаровий (легкий) метод, в якому системи, що несуть функції, виконує утеплювач, при цьому товщина усього шару складає не більше 20 мм. Саме ці системи сьогодні найбільш популярні в Україні в силу своєї економічності і відносно нескладного процесу монтажу. [29,30]

Як відзначалося вище, монтаж фасадних систем розпочинається з кріплення утеплювача за допомогою спеціальних клеїв. Сьогодні практично усі виробники сухих будівельних сумішей (СБС) випускають клей для монтажу теплоізоляції.

Причому в якості склеювального матеріалу можуть бути як сухі будівельні суміші, що мають підвищену адгезію, так і клеїв призначені спеціально для монтажу теплоізоляції. Спеціальний клей, хоч і дещо дорожче, але має необхідні захисні характеристики: водостійкість, морозостійкість, еластичність.

Виробники, представлені в цьому секторі ринку, випускають клей для різних видів утеплювачів. Наприклад, компанія «БудМайстер» представляє клей для систем утеплення «КЛЕЙ-114», для пінополістирольних плит «КЛЕЙ-115», і мінераловатного утеплювача - «КРИТТЯ-113». Крім того, на вітчизняному ринку представлені клей таких торгових марок: Cerezit, PROFI - THERM, «Артисан», «БудМайстер», «Полимін», та інші.

Теплоізоляційний матеріал забезпечує найосновнішу функцію фасадних систем - утеплення фасаду. По товщині розрізняють два основні типи - товстошарові і тонкошарові. Утеплення здійснюється за допомогою утеплювачів різних видів.

Наприклад, компанія «Хенкель Баутехник (Україна)» пропонує системи скріпленої теплоізоляції з використанням пінополістиролу (ППС) і мінераловатного утеплювача (МВ). ППС і МВ мають близькі коефіцієнти теплопровідності, але з різною природою використовуваного утеплювача.

Пінополістирол - економічний матеріал, доступний споживачам з різним доходом. ППС дозволяє понизити витрати на утеплення будівлі за рахунок, вартості самого утеплювача, економії при його кріпленні, низькій трудомісткості (трудовитрати при роботі на 20-30% нижче, ніж з мінеральним аналогом) [30.]

Серед основних характеристик системи з екологічно чистим мінераловатним утеплювачем варто відмітити її негорючість, стійкість до високих температур і хімічної дії, а також високу паропроникненість. Завдяки цим властивостям система Cerezit МВ рекомендована для об'єктів з високою вологістю і підвищеними вимогами до пожежної безпеки.

Правда, фахівці відмічають, що спосіб утеплення легким «мокрим» методом на основі мінеральної вати майже удвічі дорожче пінополістирольної основи, а монтаж потребує кваліфікованих кадрів. Проте експлуатаційні характеристики мінеральної вати значно вищі, і дозволяють краще утеплити будинки.

Цей сектор вітчизняного ринку представлений торговими марками Cerezit, Isover, Nobasil, Paroc, PROFI - THERM, Rockwool, та інші.

Для того, щоб максимально захистити зовнішню стіну від попадання вологи потрібне своєчасно, ще на етапі монтажу системи, потурбуватися про додаткову гідроізоляцію для утеплювача. На українському ринку такі системи представляє компанія «БудМайстер».

Наступний шар системи утеплення - армування. Він є штукатурною армуючою сіткою, яка захищає і зміцнює поверхню теплоізоляційних плит, допомагає запобігти появі тріщин, збільшує механічну міцність поверхні, підвищує ударостійкість. Як правило, сітка виготовляється з матеріалів з

антикорозійним покриттям, або ж з полімерних матеріалів - базальтопластик і склопластик.

При монтажі сітки фахівці рекомендують звернути увагу на те, що вона має бути ретельно втоплена в клейовий шар, і укладена без проміжків між швами найчастіше в нахлест. Потім слід ще раз покрити сітку клеєм і розрівняти поверхню, готуючи тим самим її до подальшої ґрунтовки і нанесення фінального шару штукатурки. Армуючі сітки на вітчизняному ринку представлені як імпортовою, так і українською продукцією [28].

Захисно-декоративний шар - фінальний, виконує дві основні функції. По-перше, він додатково захищає теплоізоляційний шар від шкідливих атмосферних дій і різких перепадів температур. По-друге, природно - служить декоративним оздобленням усієї будівлі, стає його візитною карткою. Тому при виборі як матеріалу для фінішного оздоблення, так і виконавця таких робіт надо врахувати, що якість тут - над усе. Фахівці підкреслюють, що робота виконана професійно лише у тому випадку, якщо в кінці виходить рівна рівномірна і акуратна фактура обробки, коли на стіні не видно стикувальні шви, нерівності поверхні і інше. Фарба наноситься на поверхню стіни після того, як остаточно висохне штукатурний шар.

Розрізняють декілька основних видів штукатурки, кожен з яких має різний склад і індивідуальні особливості при роботі і подальшій експлуатації. Наприклад, мінеральні штукатурки виготовлені на цементній або цементно-вапняній основі. Після оздоблення такими штукатурками стіну необхідно забарвлювати додатково. Полімерні штукатурки - на основі синтетичних смол; силіконові (на основі силіконових смол) - міцний і зносостійкий матеріал, проте найдорожчий. Силікатні штукатурки випускають на основі калійного скла, мають високу міру паропроникнення і здатні до самоочищення.

Сьогодні український ринок фасадних систем представляє широкий асортимент продукції для фінального декорування і захисту будівлі.

Наприклад, компанія «Термилат» (ексклюзивний дистриб'ютор компанії Termilate Europe Ltd, Великобританія), пропонує ізоляційну добавку виробництва Великобританія - США, яка застосована до будь-якої фарби THERMILATE. Добавка є керамічними мікросферами (діаметр 30-100 мкм), кожна з яких містить вакуум і подібна до «міні-термоса» - переломлює, відбиває і розсіює тепло. Це дозволяє без значних витрат зими скорочувати тепловтрати у будівлі, (додатково можна отримати 2-4°C тепла), а влітку - захищати його від сонячної радіації і перегрівання (відбиває 93% сонячного випромінювання). Крім того, цей продукт мінімізує трудовитрати і виробничі відходи, не горючий, екологічно чистий і нетоксичний [30].

Компанія «БудМайстер» виготовляє лінійку фактурних декоративних штукатурок різних фракцій зерна. Крім того, компанією представлені готові декоративні штукатурки на акриловій і силіконовій основі також різних фракцій, від 1,5 до 3 мм.

У 2007 р. компанія «БАУТЕХ-Україна» анонсувала матеріал «Ізолтеко» - нове слово в системі «мокрих» фасадів. Штукатурка «Ізолтеко» є такою, що утеплює і, у свою чергу, якісно поєднує в собі характеристики оздоблювальних і теплоізоляційного матеріалів.

Крім того, ринок фасадних декоративних штукатурок представлений такими торговими марками: Caparol, Cerezit, Knauf, Polimin, ProfiТес, PROFI - THERM, «Полірем» та інші [30].

За даними компанії «БудМайстер», можна виділити три цінові сегменти для клеїв системи теплоізоляції. Економ - вартість матеріалів тут не перевищує 100 грн. В цій цінній категорії працюють такі ТМ: «Ансерглоб», «Майстер», «Сканмикс», «Екомікс». Середній цінний сегмент - від 100 до 120 грн. - ТМ «БудМайстер», високий, - більше 130 грн. - ТМ Cerezit і інші.

Крім того, за даними виробників, на сьогодні фасадні системи скріпленої теплоізоляції стоять від \$15 за 1 м². Ціна системи «легко-мокрого» методу з використанням силіконових і силікатних штукатурок - від \$25 до \$40.

Проте вартість матеріалів впродовж року буде рости, що пов'язано із загальною тенденцією підвищення цін на будівельні матеріали, сировину і цемент зокрема [29,30].

2.6 Навісні вентилявані фасади

Конструкція навісного вентиляваного фасаду (НВФ), складається з декількох шарів: утеплювач, вітро-гідрозахист, повітряний прошарок, фінішний облицювальний матеріал (рис.2.13). Усі складові частини кріпляться до зовнішньої стіни за допомогою спеціального каркасу - підконструкцією.

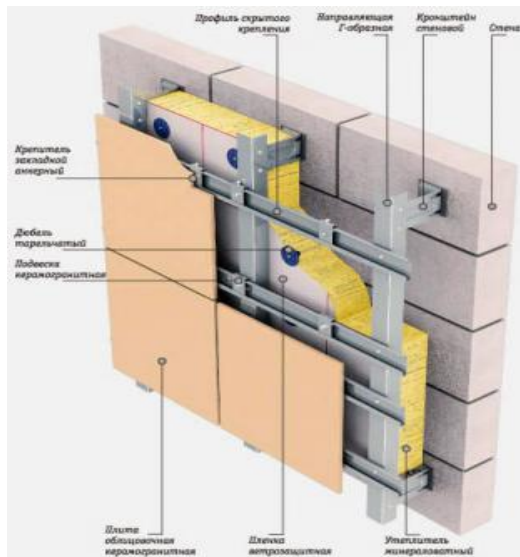


Рисунок 2.13 - Конструкція навісного вентиляваного фасаду (НВФ)

Облицювальні матеріали відносять до найбільш важливої складової усього «пирога» фасаду, оскільки саме ця, видима, конструкція формує стиль і вигляд всієї споруди. Окрім естетичного, облицювання несе і захисну функцію, захищаючи утеплювач і підоблицювальний шар від зовнішніх атмосферних і механічних дій.

Існує кілька основних матеріалів, широко вживаних в якості фінішного покриття фасадів: алюмінієві композитні панелі (АКП), алюмінієвий лист, сталевий лист, керамограніт, фіброцемент, скло і натуральний камінь.

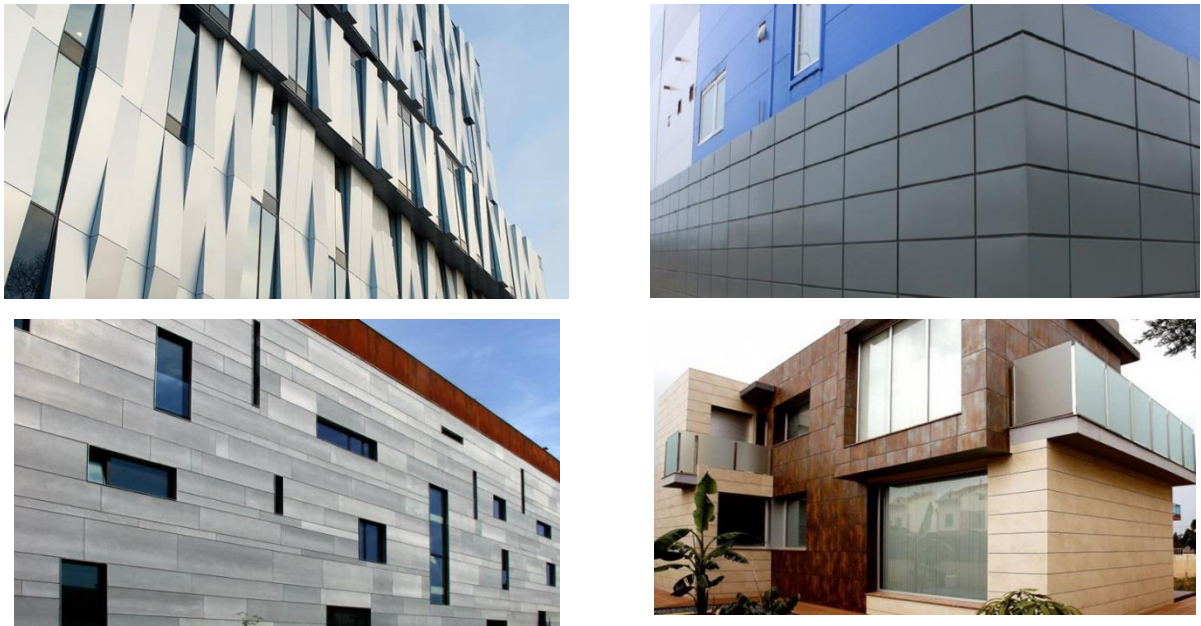


Рисунок 2.14 – Різновиди вентиляційного фасаду

Підоблицювальна конструкція (підконструкція, підсистема) - несуча система, що відповідає за кріплення на стіні облицювального матеріалу. Тип і метод зборки підконструкції залежить від того, який матеріал застосовується для фінішної облицювання.

Принцип зборки підоблицювальної конструкції такий: на стіну за допомогою спеціальних фасадних дюбелів кріпляться алюмінієві або сталеві кронштейни, причому їх довжина залежить від товщини утеплювача. Для надійного кріплення конструкції до стіни застосовують спеціальні анкери, дюбелі, заклепки і інші види кріплення. Після установки кронштейнів монтуються що вертикальні, що направляють, які бувають раз-особистих типів: L -, T-, П-образні [30-34].

Анкерні кріплення (куточки) - найбільш навантажений елемент фасадного «пирога». Вони різняться довжиною робочої частини та бувають таких розмірів: 50 мм, 75 мм, 100 мм, 125 мм, 150 мм, 175 мм, 200 мм.

Довжина анкерного кріплення визначається завтовшки шару утеплювача. Їх монтують на стіну за допомогою різних кріпильних виробів. За допомогою анкера і кріплень різної довжини можна виправити нерівності стіни.

До анкерної системи пред'являють особливі вимоги відносно міцних характеристик: довговічність, використання високоміцного нержавіючого матеріалу і інше, адже саме від надійності цих елементів багато в чому залежить безпека усєї конструкції.

Утеплювач - матеріал у вигляді плити, який кріпиться до стіни спеціальними кронштейнами і дюбелями. З його допомогою здійснюється найважливіше завдання вентиляційного фасаду - зовнішнє утеплення будівлі. Саме тому теплоізоляційний шар повинен мати ряд серйозних технічних характеристик: міцність (зокрема, на відрив шарів), довговічність, пожежна безпека, а також необхідно, щоб він мав низького коефіцієнтом теплопровідності. Плити мають бути одночасно жорсткими і еластичними, щоб не пропускати холод в місцях стиків. Також утеплювач повинен всолодити низьким водопоглиненням, щоб волога від опадів не утримувалася усередині конструкції, а стікала до низу. Незалежно від виду теплоізоляції, щільності і інших характеристик, волокнисті матеріали в конструкціях НВФ необхідно захищати від вивітрювання. Виключенням з цього правила є спеціальні теплоізоляційні матеріали, які мають спеціальну поверхню, покриту захисним шаром. Наприклад, плити ISOVER SKL - M кашировані склохолстом, який забарвлений в чорний колір. Таким чином, застосування матеріалів із спеціальними поверхнями дещо полегшує монтаж і робить його надійнішим [30-33].

Супердифузійна мембрана «Ветробарьер», а так само гідро-, парозахистні плівки - дуже важлива складова усєї конструкції. Така мембрана захищає утеплювач від вивітрювання і намокання, сприяючи правильному функціонуванню усього «пирога».

Навісні вентилязовані фасади знаходять застосування в різних будівельних галузях.

По спостереженню експертів, реконструкції припадає на частку 80%. на нові об'єкти - 20%. По структурі споживання ринок ділять на такі основні сектори: старі промислові об'єкти - 50%, будівлі вимагаючи поліпшення екстер'єру - 20%; бізнес-центри, автосалони - 20%; інше - 10%.

Левову частку НВФ потребляють висотне житлове і комерційне будівництво, і тільки 10% припадає на котеджі.

Плюси застосування :

- швидкий монтаж;
- відсутність «мокрих» процесів на будівництві;
- можливість практично круглодобово проведення монтажних робіт;
- легкий демонтаж (у разі потреби заміни усієї конструкції або її фрагмента);
- створення приємного мікро-клімату усередині приміщення;
- вогне-, шумозахист (може досягати 5-14 дБ);
- відмінне протистояння атмосферним перепадам і явленям - ультрафіолет, зливові опади і інші;
- естетична привабливість і різноманітність обробних рішень;
- довговічність (виробники дають безремонтну гарантію на 25 років, але в «спокійних» умовах експлуатації такі фасади можуть прослужити і 50 років) [30-33].

Сьогодні в секторі навісних фасадів працює велика кількість як вітчизняних, так і західних виробників; також в Україну активно поставляються комплектуючі ведучих мирових торгових марок. Список компаній-учасників в алфавітнім порядку виглядає так: ТПГ «Альбатрос», ТОВ «Алюфас», Група компаній АМТТ; ПГ «Арсе-готівка», будівельна компанія «Асфатум», компанія ЕВРОИЗОЛ, компанія ІВТ, компанія «Кнауф Інсулейшн Україна», ТОВ «МаксиБуд», ТОВ ПОЗОВ «Малахіт», ТОВ «Сибис», ТОВ «Сканди Лтд», ТОВ «Скіф», компанія ТПК, ТОВ «Фасадні системи» та інші [30-33].

Вартість 1 м² готової фасадної системи коливається в досить широкому діапазоні і залежить в основному від вартості матеріалу, який використовується для фінішного облицювання. Низький ціновий сегмент, де в якості облицювального матеріалу застосовується металевий сайдинг, профнастил - порядку \$100 за 1 м². Середній (застосування фіброцементних плит, керамограніту) - \$100 - 150 за 1 м². Високий сегмент - використання алюмінієвих композитних панелей, скла, кераміки, натурального каменя - від \$150 - 250 і вище [30-33].

Вентильований фасад - конструкція, що складається з матеріалів облицювання (плит або листових матеріалів) і підоблицювальної конструкції, котра кріпиться до стіни так, щоб між облицюванням і стіною утворилася вентильована повітряна прошарок. Для додаткового утеплення конструкції, що захищає, між стіною і облицюванням може розміщуватися теплоізоляційний шар - в цьому випадку повітряний прошарок утворюється між облицюванням і теплоізоляцією [25].

Облаштування додаткової теплоізоляції зовні також краще захищає стіну від поперемінного замерзання і відтавання. Вирівнюється температурні коливання масиву стіни, що перешкоджає появі деформацій, особливо небажаних при крупно-панельному житловому будівництві. Зона конденсації здвигається зовнішній теплоізоляційний шар, який граничить з вентильованим повітряним прошарком. Другим гідністю зовнішньої теплоізоляції є збільшення теплоакумуючої здатності стіни. Якщо відбувається відключення джерела тепlopостачання, то за наявності зовнішньої ізоляції цегляна стіна остигатиме у декілька разів повільніше, ніж при внутрішньому шарі теплоізоляції такої ж товщини. Установка теплоізоляції зовні дозволяє також понизити витрати на косметичний ремонт пошкоджених стін. Спільне використання навісного фасаду і теплоізоляційного шару істотним чином підвищують звукоізоляційні характеристики конструкції, що захищає, оскільки фасадні панелі і теплоізоляція мають звукопоглинання властивості в широкому діапазоні

частот (наприклад, звукоізоляція стіни з легені бето-на підвищується в 2 рази при улаштуванні навісного фасаду із застосуванням обробних панелей). Наявність повітряного прошарку у вентильованому фасаді принципово відрізняє його від інших типів фасадів.

В якості теплоізоляційного шару застосовуються матеріали із скляного штапельного волокна і кам'яної вати. Фізико-технічні властивості використовуваних теплоізоляційних матеріалів роблять визначальний вплив на теплотехнічну ефективність і експлуатаційну надійність конструкцій і значною мірою визначають порівняльну економічну ефективність різних особистих варіантів утеплення будівель. Отже, застосування високоякісних теплоізоляційних матеріалів є необхідним чинником для довгострокової і безпечної експлуатації конструкції.

Утеплювач, використовуваний для вентильованих фасадів, повинен володіти наступними властивостями:

- високими теплоізолюючими характеристиками;
- довговічністю, стійкістю до старіння;
- біологічною стійкістю;
- формостабільністю;
- високою паропроникненістю;
- стійкістю до емісії волокна;
- хімічною неагресивністю;
- пожежною і екологічною безпекою;

Для підвищення ефективності ізоляції в СНВФ і створення нерозривного теплоізоляційного конура рекомендується використання подвійного шару теплоізоляційного пирога, де щільніший шар встановлюється до зовнішньої сторони фасадних конструкцій, менш щільний - безпосередньо на стіну, що несе, оскільки м'який шар дозволяє утеплювачу краще прилягати до нерівностей конструкції, що утепляється. А установка різних по типорозмірам матеріалів виключає появу «містків холоду».

На підставі вище перелічених вимог і властивостей теплоізоляції, використовуваної в СНВФ, ISOVER пропонує ефективне рішення, що має унікальні переваги з точки зору теплозахисту, довговічність і монтажу. Конструктив цього рішення припускає застосування подвійного шару теплоізоляційного пирога в СНВФ.

В якості нижнього теплоізоляційного шару рекомендується застосовувати матеріал ISOVER KL 34. Цей матеріал має ряд переваг в порівнянні з аналогами. [25]

По-перше, ISOVER має найкращі теплозахисними властивостями (λ_D - 0,034 Вт/м·К) серед матеріалів цього класу, вживаних для утеплення подібних конструкцій. Отже, при установці даного матеріалу термічний опір теплопередачі стін будівлі буде максимальний при збереженні проектної товщини. Тобто, при використанні KL 34 забезпечується найкращий теплозахист будівлі і існує можливість зменшення товщини теплоізоляційного пирога. Результатом являється зниження навантаження на конструкцію.

По-друге, коефіцієнт паро проникнення ISOVER KL 34 складає 0,55 міліграм/м ч Па. На практиці це означає те, що волога виводиться з конструкції. Отже, термін служби конструкції і ефективність ізоляції зберігаються довший період часу, а вірогідність зміни геометричного положення матеріал в конструкції у зв'язку з збільшенням об'ємом ввібраної вологи прагне до нуля.

По-третє, ISOVER KL 34 має меншу питому вагу в порівнянні з аналогічними матеріалами, вживаними в якості нижнього шару. Матеріал має краще прилягання до стіни, що несе, виникнення «повітряних кишень» і «містків холоду» виключається. А загальна вага фасаду ставати менше.

ISOVER KL 34 - негорючий матеріал (група НГ при випробуваннях по ДСТУ 6 В. 2.7-19-95 (ГОСТ 30244-94)). Протипожежні характеристики теплоізоляції безпосередньо впливають на вогнестійкість конструкції, а це, у

свою чергу, - на безпеку людей, що знаходяться у будівлі і на території, прилеглою до нього.

По-четверте, ISOVER KL 34 упаковане в абсолютно герметичну упаковку, що дозволяє складувати його безпосередньо на будівельному майданчику. Крім того, матеріал стислий в упакованому стані, що знижує витрати на транспортування в 4 рази, а також економить необхідне місце для складування.

В якості зовнішнього теплоізолюючого шару рекомендується застосовувати матеріал ISOVER RKL. Цей продукт також має ряд унікальних характеристик, що забезпечують переваги використання теплоізоляційного пирога на основі матеріалів ISOVER [25].

По-перше, ISOVER RKL - також самий ефективний утеплювач у своєму класі. Коефіцієнт теплопровідність (λ_D - 0,029 Вт/м·К). Цей показник є унікальним.

По-друге, ISOVER RKL має кашировану поверхню. Матеріал фанерований склохолстом, який запобігає емісії волокна і перешкоджає продуванню матеріалу, що підвищує ефективність теплоізоляційного шару.

По-третє, габаритні розміри жорстких плит ISOVER RKL відмінні від ISOVER KL 34, а по довгій стороні плита RKL має з'єднання типу «шпунт-гребень». Що шпунтує форма кромки забезпечує надійну фіксацію плит таким чином, що вони утворюють нерозривну тепло- і вітрозахисну оболонку. А перекриття швів нижнього шару плитами верхнього шару виключає появу «містків холоду».

Таким чином, двошарові рішення ISOVER для утеплення систем навісних вентиляованих фасадів - це ефективні, технологічні рішення, які мають унікальними переваги з точки зору теплозахисту, довговічності і монтажу. Висока якість вживаних теплоізоляційних матеріалів задовольняє необхідні вимоги фасадного утеплення [30].

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ ЗОВНІШНІХ СТІН МАЛОПОВЕРХОВОЇ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

3.1 Вибір конструктивних рішень стін для порівняння техніко-економічних показників

Техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) дає змогу оцінити сукупність різноманітних технічних аспектів інвестиційного проекту та зробити відповідні висновки про техніко-технологічну, економічну обґрунтованість запропонованих проектних рішень. Інвестор не може ігнорувати цього етапу інвестиційного проектування, оскільки саме на ньому можна з'ясувати можливість технічного здійснення проекту з прийнятним рівнем витрат. Розробка техніко-економічного обґрунтування проекту здійснюється, як правило, проектними установами на замовлення ініціатора проекту або іншими зацікавленими особами, тому виконання цього завдання досить дорого коштує, а також потребує тривалого часу. Перед виділенням коштів на таке обґрунтування доцільно з метою мінімізації витрат на ТЕО здійснити попереднє оцінювання ідеї проекту за допомогою попереднього обґрунтування [19-23].

Актуальним питанням сучасного етапу будівництва є вибір найекономічніше вигідного конструктивного рішення конструкції, що захищає, з метою зменшення витрат на опалювання, і раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів.

Для порівняння техніко-економічних показників вибрано проект будівництва індивідуальний житлового будинку по вул. Лісна, 13 в м. Запоріжжя, який розроблений ЧП «Карат», шифр 08/09-19.

У порівнянні беруть участь 9 варіантів конструкцій стін, представлених на рисунках 3.1-3.9, товщина утеплювачів яких розрахована згідно з алгоритму п.3.2



Рисунок 3.1 – Варіант 1



Рисунок 3.2 – Варіант 2

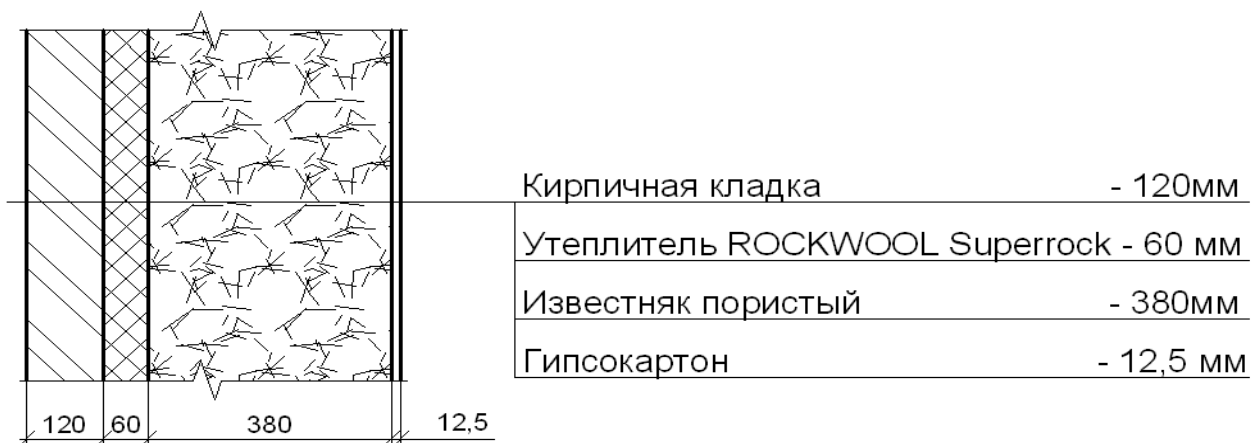


Рисунок 3.3 – Варіант 3

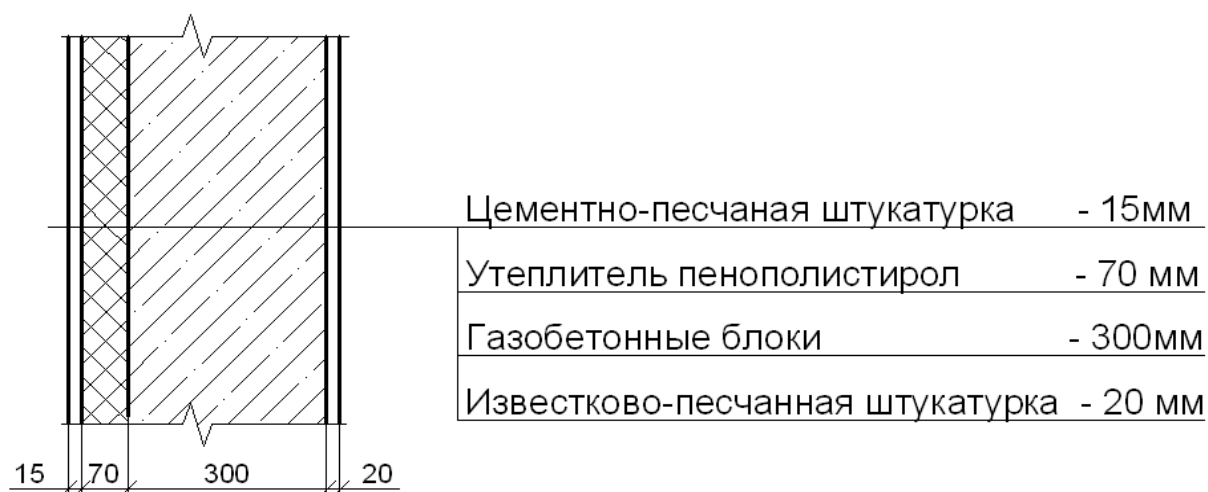


Рисунок 3.4 – Вариант 4



Рисунок 3.5 – Вариант 5

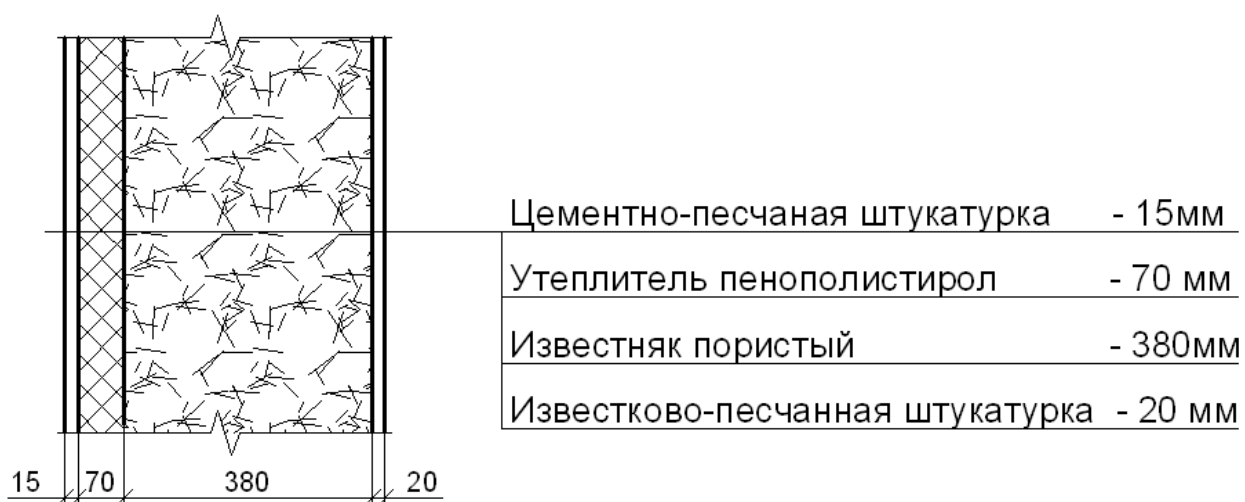


Рисунок 3.6 – Вариант 6

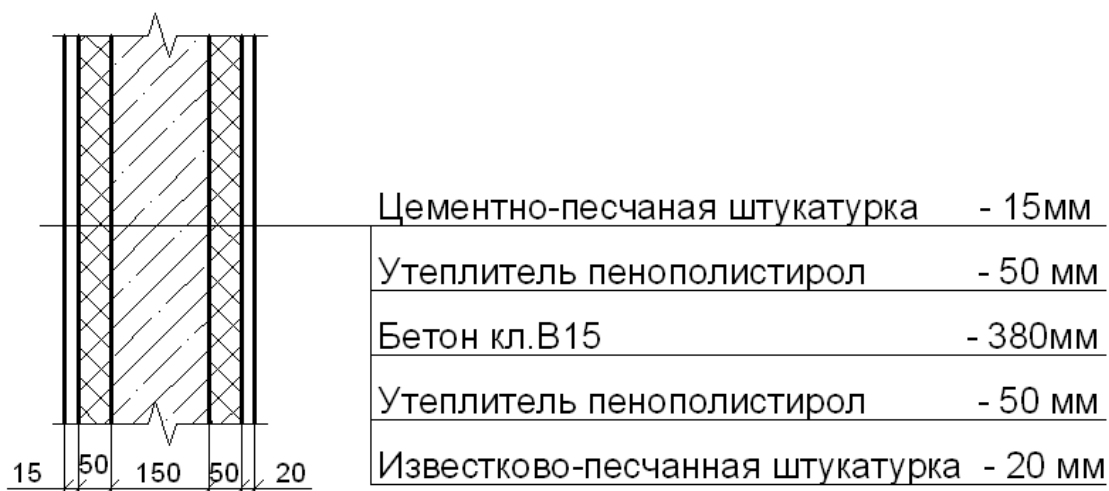


Рисунок 3.7 – Вариант 7

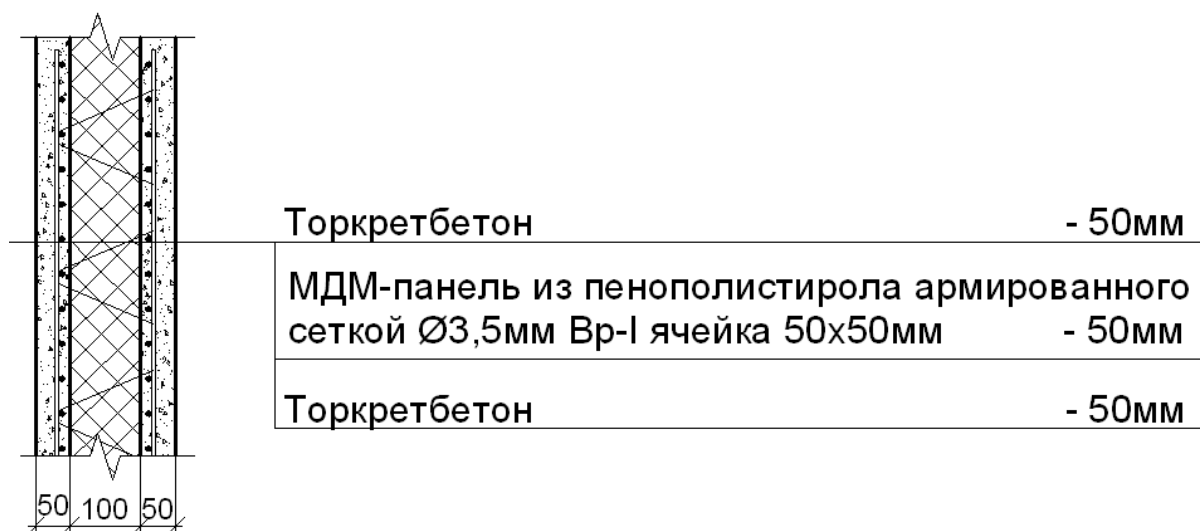


Рисунок 3.8 – Вариант 8

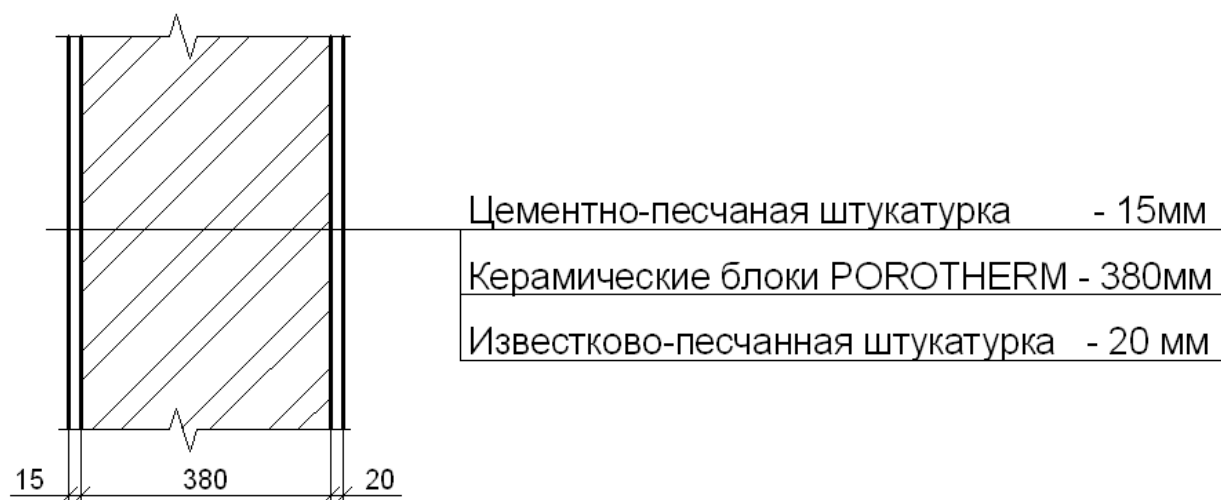


Рисунок 3.9 – Вариант 9

3.2 Розрахунок опору теплопередачі вибраних варіантів огорожувальних конструкцій

Розрахунок опору передачі захисної конструкції (варіант 2):

Початкові дані:

$R_{qmin} = 2,8$ - мінімальне допустиме значення опору теплопередачі непрозорої конструкції m^2 , що захищає, $K/Вт$; [6]

$t_{в} = 20^{\circ}C$ - розрахункова температура внутрішнього повітря;

$t_{н} = - 22^{\circ}C$ - розрахункова температура зовнішнього повітря.

Теплопровідність матеріалів :

цегляна кладка $\lambda_{до} = 1$ $Вт/м \cdot К$;

ROCKWOOL superrock $\lambda_{до} = 0.035$ $Вт/м \cdot К$;

Плити гіпсокартонні $\lambda_{до} = 0,23$ $Вт/м \cdot К$;

Коефіцієнти тепловіддачі для зовнішніх стін:

$\alpha_{в} = 8,7$ $Вт/(m^2 \cdot К)$

$\alpha_{з} = 23$ $Вт/(m^2 \cdot К)$

визначаємо опір теплопередачі стіні без утеплювача по (3.1):

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{з}} ; \quad (3.1)$$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{1} + \frac{0,38}{1} + \frac{0,013}{0,23} + \frac{1}{23} = 0,12 + 0,1 + 0,38 + 0,057 + 0,043 = 0,7$$

Перевіряємо виконання умови по (3.2):

$$R_{\Sigma} \geq R_{qmin}; \quad (3.2)$$

$$0,7 < 2,5;$$

так як. умова не виконується, по формулі (3.3) розраховуємо необхідну товщину утеплювача:

$$\delta = (R_{\Sigma} - \sum R_i - \frac{1}{\alpha_{в}} - \frac{1}{\alpha_{з}}) \times \lambda ; \quad (3.3)$$

$$\delta = (2,5 - 0,537 - 0,12 - 0,043) \times 0,035 = 0,063 \text{ м};$$

приймаємо товщину утеплювача 70 мм.

визначаємо опір теплопередачі стіні з утеплювачем:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{1} + \frac{0,38}{1} + \frac{0,07}{0,035} + \frac{0,013}{0,23} + \frac{1}{23} = 2,727 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

Перевіряємо виконання умови (3.2): $2,727 > 2,5$.

Розраховуємо всі конструктивні варіанти по такому ж алгоритму

На рисунку 3.10 представлена діаграма опору теплопередачі зовнішніх стін.

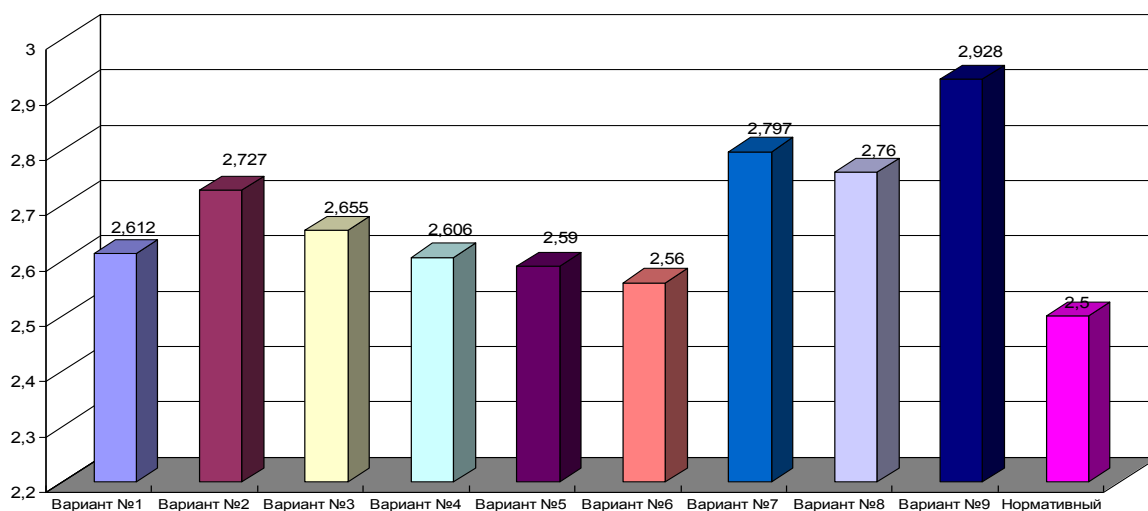


Рисунок 3.10 – Діаграма опору теплопередачі порівняльних варіантів конструкцій стін м² К/Вт

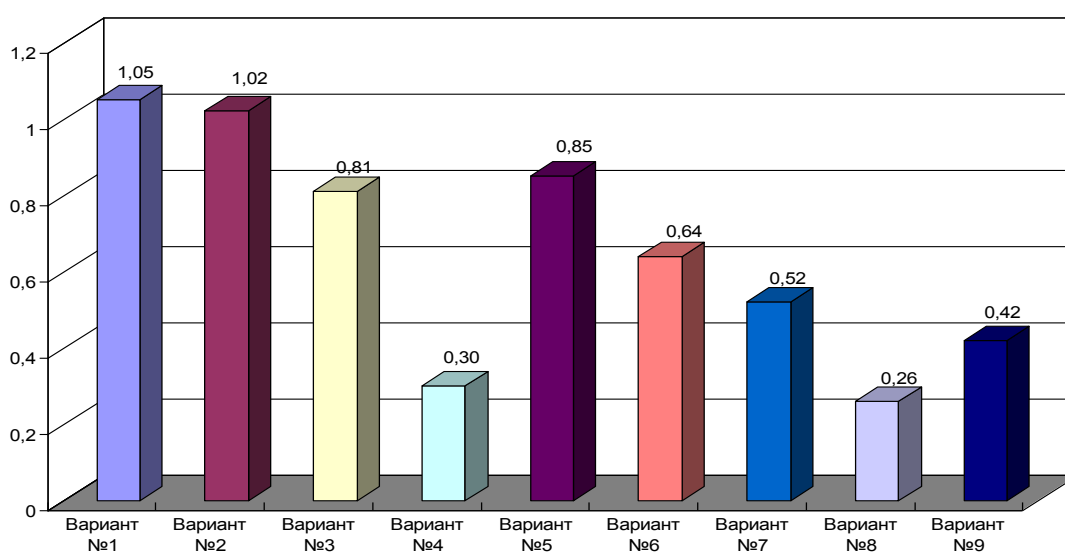


Рисунок 3.12 – Діаграма ваги порівняльних варіантів конструкцій стін Тм²

3.3 Визначення вартості та трудомісткості зведення огорожувальних конструкцій

Для визначення вартості конструкцій та трудомісткості БМР складаємо кошторис на ПК АВК 5 (таблиця 3.1).

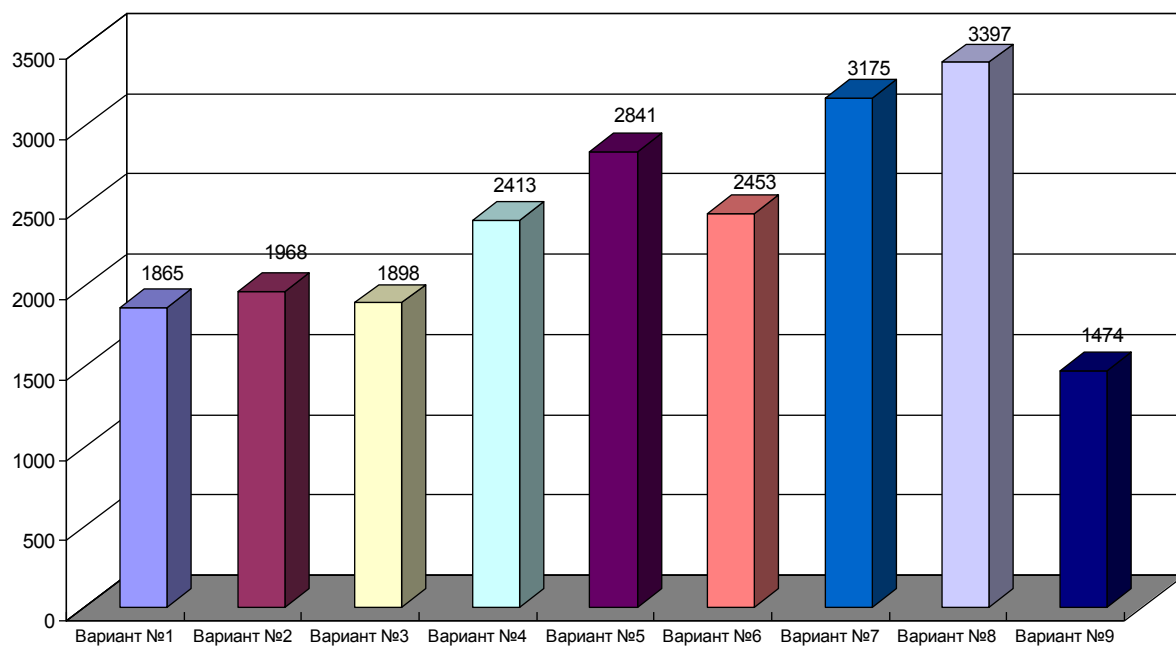


Рисунок 3.13 – Діаграма трудомісткості зведення зовнішніх стін, чол-час

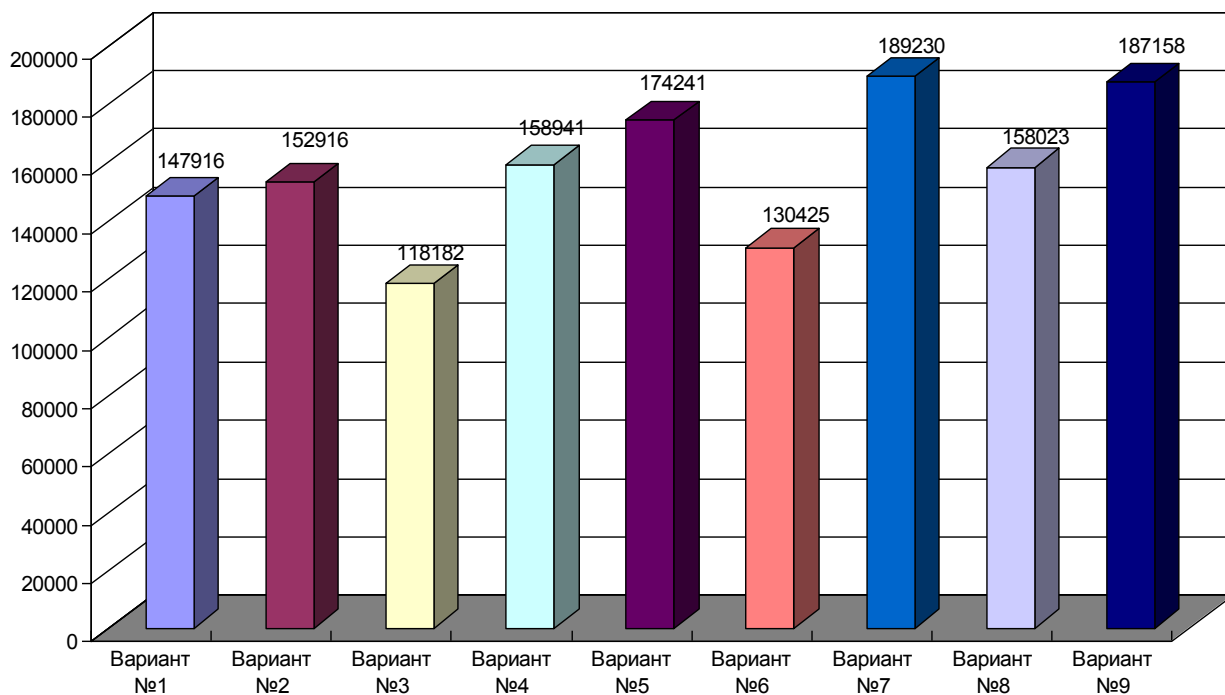


Рисунок 3.14 – Діаграма вартості зведення зовнішніх стін, грн

Форма № 1

Індивідуальний житловий будинок

Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-1
на загальнобудівельні роботи
Житловий будинок

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 8080,810 тис. грн.
 Кошторисна трудомісткість 63,305 тис.люд.-год.
 Кошторисна заробітна плата 1996,582 тис. грн.
 Середній розряд робіт 3,5 розряд

Складений в поточних цінах станом на "6 листопада" 2020 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
				на одиницю	всього						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Розділ 1. Варіант № 1											
1	E8-6-1	Мурування зовнішніх простих стін з цегли керамічної при висоті поверху до 4 м	м3	174,4	<u>1160,46</u> 221,27	<u>71,31</u> 23,04	202384	38589	<u>12436</u> 4018	<u>7,17</u> 1,3039	<u>1250,45</u> 227,4
2	EH10-94-1	Улаштування стін на металевому однорядному каркасі з обшивкою гіпсокартонними листами або гіпсоволокнистими плитами в один шар без ізоляції у житлових і громадських будівлях	100м2	3,21	<u>26250,67</u> 7124,48	<u>42,32</u> 25,07	84265	22870	<u>136</u> 80	<u>222,64</u> 1,4157	<u>714,67</u> 4,54
Разом прямі витрати по розділу 1							286649	61459	<u>12572</u> 4098		<u>1965,12</u> 231,94
Разом будівельні роботи, грн. в тому числі:							286649				

вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.							212618				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.					65557 51411 263,65 13542 338060				

		Всього по розділу 1					338060				
		Розділ 2. Варіант № 2									
3	E8-20-7	Мурування зовнішніх і внутрішніх стін з цегли керамічної із теплоізоляційними плитами загальною товщиною 510 мм при висоті поверху до 4 м	м3	174,4	<u>1460,45</u> 320,93	<u>76,56</u> 24,78	254702	55970	<u>13352</u> 4322	<u>9,54</u> 1,3977	<u>1663,78</u> 243,76
4	ПР15-4055	Улаштування каркасів стель і стін із гнучих оцинкованих профілів, пристрій каркаса стін під облицювання гіпсокартоном	100 м2	3,21	<u>1411,36</u> 1200,33	<u>13,38</u> 4,73	4530	3853	<u>43</u> 15	<u>76,26</u> 0,2898	<u>244,79</u> 0,93
5	ПР15-4060	Облицювання внутрішніх стін, гіпсокартоном і панелями	100 м2	3,21	<u>3024,65</u> 231,17	<u>14,54</u> 5,14	9709	742	<u>47</u> 16	<u>18,37</u> 0,315	<u>58,97</u> 1,01
Разом прямі витрати по розділу 2							268941	60565	<u>13442</u> 4353		<u>1967,54</u> 245,7
Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.							268941 194934 64918 50456 255,8 13138 319397				

		Всього по розділу 2					319397				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Розділ 3. Варіант № 3											
6	E8-6-1	Мурування зовнішніх простих стін з цегли керамічної при висоті поверху до 4 м	м3	4104	<u>1160,46</u> 221,27	<u>71,31</u> 23,04	4762528	908092	<u>292656</u> 94556	<u>7,17</u> 1,3039	<u>29425,68</u> 5351,21
7	E26-30-1	Теплоізоляція виробами з волокнистих і зернистих матеріалів на бітумі стін і колон прямокутних	м3	20,5	<u>2248,07</u> 1062,47	<u>78,43</u> 24,43	46085	21781	<u>1608</u> 501	<u>32,06</u> 1,463	<u>657,23</u> 29,99
8	E8-23-1	Звичайне мурування стін із каменів вапнякових при висоті поверху до 4 м	м3	129,96	<u>406,81</u> 134,89	<u>65,85</u> 21,16	52869	17530	<u>8558</u> 2750	<u>4,95</u> 1,2078	<u>643,3</u> 156,97
9	PR15-4055	Улаштування каркасів стель і стін із гнучих оцинкованих профілів, пристрій каркаса стін під облицювання гіпсокартоном	100 м2	3,21	<u>1726,46</u> 1200,33	<u>13,38</u> 4,73	5542	3853	<u>43</u> 15	<u>76,26</u> 0,2898	<u>244,79</u> 0,93
10	PR15-4060	Облицювання внутрішніх стін, гіпсокартоном і панелями	100 м2	3,21	<u>3024,65</u> 231,17	<u>14,54</u> 5,14	9709	742	<u>47</u> 16	<u>18,37</u> 0,315	<u>58,97</u> 1,01
Разом прямі витрати по розділу 3							4876733	951998	<u>302912</u> 97838		<u>31029,97</u> 5540,11
Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.							4876733				
							3621823				
							1049836				
							836479				
							4359,38				
							223913				
							5713212				
Всього по розділу 3							5713212				
Розділ 4. Варіант № 4											
11	E8-22-1	Мурування стін із легкобетонних каменів облицювання при висоті поверху до 4 м	м3	102,6	<u>760,22</u> 174,75	<u>77,84</u> 24,84	77999	17929	<u>7986</u> 2549	<u>5,88</u> 1,433	<u>603,29</u> 147,03

12	E26-33-1	Теплоізоляція виробами з пінопласту на бітумі стін і колон прямокутних	м3	23,94	<u>2014,61</u> 977,91	<u>38,50</u> 11,99	48230	23411	<u>922</u> 287	<u>29,07</u> 0,7182	<u>695,94</u> 17,19
13	ЕН15-57-1	Поліпшене штукатурення по сітці стін без улаштування каркаса	100м2	3,42	<u>13659,50</u> 4633,80	<u>66,22</u> 54,19	46715	15848	<u>226</u> 185	<u>146,5</u> 3,7244	<u>501,03</u> 12,74
14	ЕН15-58-1	Улаштування каркаса при штукатуренні стін	100м2	3,42	<u>3657,42</u> 1190,89	<u>1,34</u> 1,15	12508	4073	<u>5</u> 4	<u>36,79</u> 0,0666	<u>125,82</u> 0,23
15	ЕН15-45-9	Поліпшене штукатурення вапняним розчином по каменю і бетону стель механізованим способом	100м2	3,21	<u>4289,72</u> 2916,65	<u>92,71</u> 75,87	13770	9362	<u>298</u> 244	<u>88,01</u> 5,2125	<u>282,51</u> 16,73
Разом прямі витрати по розділу 4							199222	70623	<u>9437</u> 3269		<u>2208,59</u> 193,92
Разом будівельні роботи, грн. в тому числі:							199222				
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.							119162				
всього заробітна плата, грн.							73892				
Загальновиробничі витрати, грн.							52630				
трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.							238,28				
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.							12239				
Всього будівельні роботи, грн.							251852				

Всього по розділу 4							251852				
Розділ 5. Варіант № 5											
16	E8-6-1	Мурування зовнішніх простих стін з цегли керамічної при висоті поверху до 4 м	м3	129,96	<u>1160,46</u> 221,27	<u>71,31</u> 23,04	150813	28756	<u>9267</u> 2994	<u>7,17</u> 1,3039	<u>931,81</u> 169,45
17	E26-33-1	Теплоізоляція виробами з пінопласту на бітумі стін і колон прямокутних	м3	27,38	<u>2045,67</u> 977,91	<u>38,50</u> 11,99	56010	26775	<u>1054</u> 328	<u>29,07</u> 0,7182	<u>795,94</u> 19,66
18	ЕН15-57-1	Поліпшене штукатурення по сітці стін без улаштування каркаса	100м2	3,42	<u>13659,50</u> 4633,80	<u>66,22</u> 54,19	46715	15848	<u>226</u> 185	<u>146,5</u> 3,7244	<u>501,03</u> 12,74
19	ЕН15-58-1	Улаштування каркаса при штукатуренні стін	100м2	3,42	<u>3657,42</u> 1190,89	<u>1,34</u> 1,15	12508	4073	<u>5</u> 4	<u>36,79</u> 0,0666	<u>125,82</u> 0,23
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20	ЕН15-45-9	Поліпшене штукатурення вапняним	100м2	3,21	<u>4289,72</u>	<u>92,71</u>	13770	9362	<u>298</u>	<u>88,01</u>	<u>282,51</u>

		розчином по каменю і бетону стель механізованим способом			2916,65	75,87			244	5,2125	16,73
		Разом прямі витрати по розділу 5					279816	84814	<u>10850</u>		<u>2637,11</u>
		Разом будівельні роботи, грн.					279816		<u>3755</u>		<u>218,81</u>
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					184152				
		всього заробітна плата, грн.					88569				
		Загальновиробничі витрати, грн.					63449				
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.					289,82				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					14887				
		Всього будівельні роботи, грн.					343265				

		Всього по розділу 5					343265				
		Розділ 6. Варіант № 6									
21	E8-23-1	Звичайне мурування стін із каменів вапнякових при висоті поверху до 4 м	м3	129,96	<u>1114,16</u> 134,89	<u>65,85</u> 21,16	144796	17530	<u>8558</u> 2750	<u>4,95</u> 1,2078	<u>643,3</u> 156,97
22	E26-33-1	Теплоізоляція виробами з пінопласту на бітумі стін і колон прямокутних	м3	22,94	<u>2045,67</u> 977,91	<u>38,50</u> 11,99	46928	22433	<u>883</u> 275	<u>29,07</u> 0,7182	<u>666,87</u> 16,48
23	EH15-57-1	Поліпшене штукатурення по сітці стін без улаштування каркаса	100м2	3,42	<u>13659,50</u> 4633,80	<u>66,22</u> 54,19	46715	15848	<u>226</u> 185	<u>146,5</u> 3,7244	<u>501,03</u> 12,74
24	EH15-58-1	Улаштування каркаса при штукатуренні стін	100м2	3,42	<u>3657,42</u> 1190,89	<u>1,34</u> 1,15	12508	4073	<u>5</u> 4	<u>36,79</u> 0,0666	<u>125,82</u> 0,23
25	EH15-45-9	Поліпшене штукатурення вапняним розчином по каменю і бетону стель механізованим способом	100м2	3,21	<u>4289,72</u> 2916,65	<u>92,71</u> 75,87	13770	9362	<u>298</u> 244	<u>88,01</u> 5,2125	<u>282,51</u> 16,73
		Разом прямі витрати по розділу 6					264717	69246	<u>9970</u>		<u>2219,53</u>
		Разом будівельні роботи, грн.					264717		<u>3458</u>		<u>203,15</u>
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					185501				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		всього заробітна плата, грн.					72704				

		Загальноновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальноновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальноновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.					52456 241,53 12406 317173				

		Всього по розділу 6					317173				
		Розділ 7. Варіант № 7									
26	E6-59-1	Установлення плит теплоізоляційного шару	1м2 стін	684	<u>120,30</u> 25,38	<u>1,73</u> 0,52	82285	17360	<u>1183</u> 356	<u>0,94</u> 0,0292	<u>642,96</u> 19,97
27	ЕД6-52-15	Збирання і розбирання деревометалевої щитової опалубки для улаштування стін і перегородок площею до 5 м2, товщина, мм понад 100 до 150	100м3	0,513	<u>60358,36</u> 36675,97	<u>3825,95</u> 1191,42	30964	18815	<u>1963</u> 611	<u>1234,05</u> 63,648	<u>633,07</u> 32,65
28	ЕД6-61-13	Встановлення арматурних сіток і каркасів в стінах вручну, маса елемента, кг понад 20 до 50	т	2,5	<u>8833,31</u> 571,87	<u>45,99</u> 14,32	22083	1430	<u>115</u> 36	<u>18,08</u> 0,765	<u>45,2</u> 1,91
29	ЕД6-65-22	Укладання бетонної суміші в конструкції кранами в баддях. Стіни і перегородки прямолінійні, товщина, мм понад 100 до 150	100м3	0,513	<u>107623,35</u> 9998,64	<u>13059,74</u> 4066,88	55211	5129	<u>6700</u> 2086	<u>324</u> 217,26	<u>166,21</u> 111,45
30	ЕН15-57-1	Поліпшене штукатурення по сітці стін без улаштування каркаса	100м2	3,42	<u>13659,50</u> 4633,80	<u>66,22</u> 54,19	46715	15848	<u>226</u> 185	<u>146,5</u> 3,7244	<u>501,03</u> 12,74
31	ЕН15-58-1	Улаштування каркаса при штукатуренні стін	100м2	3,42	<u>3657,42</u> 1190,89	<u>1,34</u> 1,15	12508	4073	<u>5</u> 4	<u>36,79</u> 0,0666	<u>125,82</u> 0,23
32	ЕН15-45-9	Поліпшене штукатурення вапняним розчином по каменю і бетону стель механізованим способом	100м2	3,21	<u>4289,72</u> 2916,65	<u>92,71</u> 75,87	13770	9362	<u>298</u> 244	<u>88,01</u> 5,2125	<u>282,51</u> 16,73
		Разом прямі витрати по розділу 7					263536	72017	<u>10490</u> 3522		<u>2396,8</u> 195,68
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					263536 181029				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

		всього заробітна плата, грн.					75539					
		Загальновиробничі витрати, грн.					57232					
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.					281,04					
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					14432					
		Всього будівельні роботи, грн.					320768					

		Всього по розділу 7					320768					
		Розділ 8. Варіант № 8										
33	E6-59-1	Установлення плит теплоізоляційного шару	1м2 стін	342	<u>89,24</u> 25,38	<u>1,73</u> 0,52	30520	8680	<u>592</u> 178	<u>0,94</u> 0,0292	<u>321,48</u> 9,99	
34	E29-144-2	Торкретування армованої поверхні при товщині шару покриття 30 мм	100м2	6,84	<u>24235,54</u> 12862,51	<u>1236,18</u> 738,30	165771	87980	<u>8455</u> 5050	<u>421,86</u> 46,3677	<u>2885,52</u> 317,16	
35	E29-144-3	Додавати або віднімати на кожні 10 мм зміни товщини шару торкретованого покриття	100м2	6,84	<u>1419,99</u> 443,84	<u>105,55</u> 79,49	9713	3036	<u>722</u> 544	<u>13,87</u> 5,1339	<u>94,87</u> 35,12	
		Разом прямі витрати по розділу 8						206004	99696	<u>9769</u> 5772		<u>3301,87</u> 362,27
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.						206004				

		Всього по розділу 8					326707					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Розділ 9. Варіант № 9									
36	E8-13-1	Мурування зовнішніх простих стін з каменів керамічних при висоті поверху до 4 м	м3	129,96	<u>718,63</u> 190,06	<u>61,90</u> 20,05	93393	24700	<u>8045</u> 2606	<u>6,08</u> 1,1301	<u>790,16</u> 146,87
37	EH15-36-1	Поліпшене штукатурення цементно-вапняним розчином по каменю стін механізованим способом	100м2	3,42	<u>3687,58</u> 2714,63	<u>73,61</u> 53,82	12612	9284	<u>252</u> 184	<u>77,23</u> 3,7044	<u>264,13</u> 12,67
38	EH15-46-2	Просте штукатурення цементно-вапняним розчином по каменю і бетону стін вручну	100м2	3,21	<u>3448,13</u> 2504,32	<u>37,83</u> 30,94	11068	8039	<u>121</u> 99	<u>78,26</u> 2,1293	<u>251,21</u> 6,84
		Разом прямі витрати по розділу 9					117073	42023	<u>8418</u> 2889		<u>1305,5</u> 166,38
		Разом будівельні роботи, грн.					117073				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					66632				
		всього заробітна плата, грн.					44912				
		Загальновиробничі витрати, грн.					33304				
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.					159,51				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					8192				
		Всього будівельні роботи, грн.					150377				

		Всього по розділу 9					150377				

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

3.4 Техніко-економічні показники варіантів конструктивних рішень стінового огороження

Щорічні експлуатаційні витрати на опалювання оцінюються по формулі (3.4) :

$$E = \frac{S \cdot (t_g - t_{от.пер}) \cdot Z_{от.пер} \cdot 24 \cdot m \cdot l_m}{1,16 \cdot 10^6 \cdot R} \cdot C_m; \quad (3.4)$$

де S - площа зовнішньої конструкції, що захищає, m^2 ;

$t_v, t_{от.пер}$ - температура повітря в приміщенні і середня температура зовнішнього повітря опалювального періоду, $^{\circ}C$;

$Z_{от.пер}$ - тривалість опалюваного періоду, сут.;

m - коефіцієнт, тепловитрати, що враховує, на інфільтрацію повітря, $Вт/(m^2 \cdot K)$, визначається по формулі (3.5)[19-23];

l_m - коефіцієнт, що враховує майбутнє подорожчання теплової енергії, $l_m=1,25$ або 25% ;

C_m - вартість теплової енергії, грн./Гкал, $C_m = 1340$ грн./Гкал (на 01.10.2020);

R - термічний опір конструкції, що захищає, після теплоізоляції, m^2 К/Вт;

$S = 342 m^2, t_v = 20 ^{\circ}C, t_{от.пер} = - 0,4 ^{\circ}C, Z_{от.пер} = 174, [21]$

$$m = \frac{\chi_2 \cdot c \cdot n_{об} \cdot \nu_v \cdot V_h \cdot \gamma_3 \cdot \eta}{F_{\Sigma}} \quad (3.5)$$

де $\chi_2 = 0,278$ - розмірний коефіцієнт;

c - питома теплоємність повітря, приймається 1 кДж/(кг·К);

$n_{об}$ - середня кратність повітрообміну будівлі за опалювальний період, рік-1, яка визначається експериментально або приймається по нормах проектування будівель : для приміщень житлових і громадських будівель - за вимогами ДБН В. 2.2-15.[3]

ν_v - коефіцієнт зниження об'єму повітря у будівлі. За відсутності точних даних приймається $0,85$

V_h - опалюваний об'єм будівлі, m^3 , $V_h = 1289,4 m^3$;

γ_3 - середня щільність повітря, яке поступає в приміщення за рахунок інфільтрації і вентиляції, kg/m^3 , визначається по формулі (3.6) :

$$\gamma_3 = 353 / [273 + 0,5 \cdot (t_{\text{в}} + t_{\text{от.пер.}})] \quad (3.6)$$

де $t_{\text{в}}$, $t_{\text{от.пер.}}$ - температура повітря в приміщенні і середня температура зовнішнього повітря опалювального періоду, $^{\circ}C$;

η - коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в конструкціях, що захищають, приймається 1,0;

F_{Σ} - внутрішня загальна площа захисної конструкцій опалюваної частини будинку, з урахуванням покриття (перекриття) верхнього поверху і перекуття підлоги нижнього опалюваного приміщення, m^2

$$F_{\Sigma} = 321 + 192,5 + 184,5 = 698 m^2;$$

$$m = \frac{0,278 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1289,4 \cdot 1,25 \cdot 1}{698} = 0,54 \text{ Вт}/(m^2 \cdot K)$$

Для варіанту 1 з $R = 2,612 m^2 K/Вт$:

$$E = \frac{342 \cdot (20 - (-0,4)) \cdot 174 \cdot 24 \cdot 0,54 \cdot 1,25}{1,16 \cdot 10^6 \cdot 2,612} \cdot 1340 = 2206,82 \text{ грн./рік};$$

Порівняння варіантів конструктивних рішень проводиться з урахуванням дисконтування поточних витрат і майбутніх експлуатаційних витрат. Економічно обґрунтованим варіантом буде той, в якому сукупні витрати будуть мінімальними (див. формулу 3.7) :

$$Z_i = K + E \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-T}}{r}; \quad (3.7)$$

де r - ставка дисконтування, приймаємо $r = 1$;

T - тривалість розрахункового періоду, приймаємо $T = 30$ років;

K - капітальні витрати на улаштування додаткової ізоляції [1-34, 35].

$$Z_i = 147916 + 8696,6 \cdot \frac{1 - (1 + 0,1)^{-30}}{0,1} = 168722 \text{ грн.}$$

Наступні варіанти розраховуємо аналогічно.

Варіант 2:

$$R = 2,727 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$E = 2113,8 \text{ грн/год};$$

$$Z_i = 152995 + 2113,8 \cdot 9,427 = 172921 \text{ грн.}$$

Варіант 3:

$$R = 2,655 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$E = 2171 \text{ грн./год};$$

$$Z_i = 118182 + 2171 \cdot 9,427 = 138648 \text{ грн.}$$

Варіант 4:

$$R = 2,606 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$E = 2212 \text{ грн/год};$$

$$Z_i = 158941 + 2212 \cdot 9,427 = 179793 \text{ грн.}$$

Варіант 5:

$$R = 2,59 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$E = 2226 \text{ грн/год};$$

$$Z_i = 174241 + 2226 \cdot 9,427 = 195226 \text{ грн.}$$

Варіант 6:

$$R = 2,56 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$E = 2251 \text{ грн/год};$$

$$Z_i = 130425 + 2251 \cdot 9,427 = 151646 \text{ грн.}$$

Варіант 7:

$$R = 2,727 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$E = 2061 \text{ грн/год};$$

$$Z_i = 189230 + 2061 \cdot 9,427 = 208659 \text{ грн.}$$

Варіант 8:

$$R = 2,76 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$E = 2088 \text{ грн/год};$$

$$Z_i = 158023 + 2088 \cdot 9,427 = 177707 \text{ грн.}$$

Варіант 9:

$$R = 2,928 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$E = 1968,5 \text{ грн/год};$$

$$Z_i = 187158 + 1967 \cdot 9,427 = 205717 \text{ грн}$$

Таблиця 3.1 - Техніко-економічні показники варіантів конструктивних рішень зовнішніх стін

Варіант	Термічний опір R м ² · До/Вт	Трудомісткість чол-час	Капітальні витрати D_0 грн.	Експлуатаційні витрати E грн./рік	Сукупні витрати Z_i , грн.	Сукупні витрати на 1 м ² зовнішніх стін, грн.	Експлуатаційні витрати E при Rq_{min} Грн./рік	Економія експлуатаційних витрат, грн./рік
Варіант 1	2,612	1865	147916	2207	168722	493,3	2306	99
Варіант 2	2,727	1968	152995	2114	172922	505,6		192
Варіант 3	2,655	1898	118182	2171	138648	405,4		135
Варіант 4	2,606	2413	158941	2212	179793	525,7		94
Варіант 5	2,590	2841	174241	2226	195226	570,8		80
Варіант 6	2,560	2453	130425	2251	151646	443,4		55
Варіант 7	2,797	3175	189230	2061	208659	610,1		245
Варіант 8	2,760	3397	158023	2088	177707	519,6		218
Варіант 9	2,928	1474	187158	1969	205717	601,5		337

3.5 Визначення ваговитості показників ефективності

Визначимо ваговитість показників ефективності, що характеризують техніко-економічні показники зведення зовнішніх стін за дев'ятьма різними конструктивними схемами. У таблиці 3.2 приведені показники ефективності, зведення стін, що характеризують варіанти. Альтернативні варіанти зведення стін характеризують шість об'єктивних техніко-економічних показників. [1,21]

Таблиця 3.2 - Техніко-економічні показники варіантів конструктивних рішень зовнішніх стін для розрахунку ваговитості показників ефективності

Варіанти	Показник на 1 м ² стіни					
	Трудомісткість, чол-час	Вага, Т	Термічний опір R, м ² К/Вт	Капітальні витрати K, грн.	Експлуатаційні витрати E, грн/год	Сукупні витрати грн.
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
B ₁	5,45	1,05	2,612	432,5	6,45	493,3
B ₂	5,75	1,02	2,727	447,4	6,18	505,6
B ₃	5,55	0,81	2,655	345,6	6,35	405,4
B ₄	7,06	0,30	2,606	464,7	6,47	525,7
B ₅	8,31	0,85	2,590	509,5	6,51	570,8
B ₆	7,17	0,64	2,560	381,4	6,58	443,4
B ₇	9,28	0,52	2,797	553,3	6,03	610,1
B ₈	9,93	0,26	2,760	462,1	6,11	519,6
B ₉	4,31	0,42	2,928	547,2	5,76	601,5

На основі даних таблиці 3.2 складаємо вихідну матрицю P :

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
B_1	5,45	1,05	2,612	432,5	6,45	493,3
B_2	5,75	1,02	2,727	447,4	6,18	505,6
B_3	5,55	0,81	2,655	345,6	6,35	405,4
B_4	7,06	0,30	2,606	464,7	6,47	525,7
$P=B_5$	8,31	0,85	2,590	509,5	6,51	570,8
B_6	7,17	0,64	2,560	381,4	6,58	443,4
B_7	9,28	0,52	2,797	553,3	6,03	610,1
B_8	9,93	0,26	2,760	462,1	6,11	519,6
B_9	4,31	0,42	2,928	547,2	5,76	601,5

Оскільки показники ефективності мають різну розмірність, здійснюємо їх перетворення у безрозмірні по виразах (3.8) і (3.9).

Члени матриці P при максимізованих показниках ефективності перетворюються по формулі (3.8) :

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*}, \in [0,1], \forall i, j (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}), \quad (3.8)$$

де $x_j^* = \max_i x_{ij}$

Вартісною (міноризуемий) показник перетворюється так:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_j^{\min}}{x_{ij}} \quad (3.9)$$

Матриця ухвалення рішень P перетворюється в матрицю очікуваних результатів

\bar{P} :

$\bar{P} =$	0,791	0,248	0,892	0,799	0,893	0,822
	0,750	0,256	0,931	0,772	0,932	0,802
	0,777	0,321	0,907	1,000	0,907	1,000
	0,610	0,876	0,890	0,744	0,890	0,771
	0,519	0,306	0,885	0,678	0,885	0,710
	0,601	0,406	0,874	0,906	0,875	0,914
	0,464	0,500	0,955	0,625	0,955	0,664
	0,434	1,000	0,943	0,748	0,943	0,780
	1,000	0,619	1,000	0,632	1,000	0,674

Далі в матриці \bar{P} визначаємо значення

$$x_j^* = \max_i \bar{x}_{ij} \quad \text{или} \quad x_j^* = \min_j \bar{x}_{ij} \quad (3.10)$$

відповідно для мажорировуємо і минорировуємо показників ефективності.

За виразом (3.10) визначаються значення

$$x_1=1, x_2=1, x_3=1, x_4=1, x_5=1, x_6=1.$$

Складаємо матрицю A и \bar{X}^*

$$A = \begin{vmatrix} 1,000 & 0,434 & 1,000 & 0,434 & 1,000 & 0,434 \\ 0,248 & 1,000 & 0,248 & 1,000 & 0,248 & 1,000 \\ 1,000 & 0,874 & 1,000 & 0,874 & 1,000 & 0,874 \\ 0,625 & 1,000 & 0,625 & 1,000 & 0,625 & 1,000 \\ 1,000 & 0,875 & 1,000 & 0,875 & 1,000 & 0,875 \\ 0,664 & 1,000 & 0,664 & 1,000 & 0,664 & 1,000 \end{vmatrix}$$

$$\bar{X}^* = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

Визначаємо матрицю абсолютних витрат:

$$P = \begin{vmatrix} 0 & 0,566 & 0 & 0,566 & 0 & 0,566 \\ 0,752 & 0 & 0,752 & 0 & 0,752 & 0 \\ 0 & 0,126 & 0 & 0,126 & 0 & 0,126 \\ 0,375 & 0 & 0,375 & 0 & 0,375 & 0 \\ 0 & 0,125 & 0 & 0,125 & 0 & 0,125 \\ 0,336 & 0 & 0,336 & 0 & 0,336 & 0 \end{vmatrix}$$

На основ матриці P будемо систему рівнянь (3.11):

$$\begin{aligned} q_1 \cdot 0,566 &= q_2 \cdot 0,752 \\ q_2 \cdot 0,752 &= q_3 \cdot 0,126 \\ q_1 \cdot 0,566 &= q_4 \cdot 0,375 \\ q_2 \cdot 0,752 &= q_5 \cdot 0,125 \\ q_1 \cdot 0,566 &= q_6 \cdot 0,336 \end{aligned} \quad (3.11)$$

За результатами рішення системи рівнянь отримуємо:

$$q_1=0,071661,$$

$$q_2=0,053937,$$

$$q_3=0,321910,$$

$$q_4=0,108160,$$

$$q_5=0,323622,$$

$$q_6=0,120715,$$

$$\sum q_i = 1.$$

Найбільш вагомим виявився 5 показник, який характеризує експлуатаційні витрати. Другим за значимістю виявився показник термічного опору. Виходячи з цього, робимо висновок, що найбільш ефективною є конструктивна схема зовнішньої стіни № 9 - керамічні блоки «POROTHERM» з вапняно-піщаною штукатуркою.

ВИСНОВКИ

1. Проектування і подальше будівництво об'єктів відповідно до нормативних вимог, які встановлюються в ДБН В. 2.6-31:2016 «Конструкції будинків і споруд: Теплова ізоляція будівель», дозволить:

- скоротити сумарні витрати теплоти на опалювання будівель не менше чим на 15-20 % і більш ніж в два рази понизити сумарні витрати в порівнянні з будівлями, які були спроектовані згідно з нормами, які діяли до 2000 року. Це дозволить впритул наблизитися до нормативних вимог допустимих тепловитрат енергії на опалювання будівель, існуючих в країнах ЄС;

- значно підвищити якість проектування при оцінці теплотехнічних показників захисних конструкцій будівель і споруд;

- підвищити рівень забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних вимог до теплових показників приміщень будівель при їх експлуатації.

ДБН В. 2.6-31:2016 відповідає умовам Директиви 2010/31/ЄС від 16.12.2002 р., Європейського парламенту і Європейської Ради з енергетичної ефективності будівель і прогресивних положень норм інших країн.

2. Подальше удосконалення нормативних вимог проектування теплоізоляції будівель і споруд, доцільно проводити шляхом комплексної оптимізації захисних конструкцій з урахуванням економічних і технологічних чинників, уточнення поведінки параметрів теплопровідності і паропровідності матеріалів при експлуатації.

3. Сучасний ринок будівельних матеріалів представлений широким асортиментом видів продукції для теплоізоляції зовнішніх стін існуючих будівель, а також для будівництва нових об'єктів, що відповідають чинним положенням державних нормативних вимог. У більшості випадків це продукція іноземних виробників. Виробництво вітчизняних систем теплоізоляції з використанням місцевих будівельних матеріалів має стати одним з провідних напрямків розвитку сучасної будівельної галузі.

4. Техніко-економічне обґрунтування конструктивних рішень зовнішніх стін житлового малоповерхового будівлі проводилося з урахуванням системотехнічного підходу на основі різнорозмірних показників ефективності - трудомісткість (чол-годину), термічний опір ($\text{m}^2\text{K}/\text{Вт}$), капітальні (грн.), експлуатаційні (грн. / рік) і сукупні витрати (грн.) на зведення кожного з дев'яти варіантів.

5. В процесі розрахунку було визначено, що найбільш вагомими показниками є термічний опір і експлуатаційні витрати. Відповідно до цього розрахунку найбільш ефективними є керамічні блоки «POROTHERM», конструкція виконана по системі незнімної опалубки «Термодом» і технологія МДМ - панель. Економічний ефект цих варіантів складе відповідно 1337, 1245 і 1218 грн./рік на опалення будинку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Арутюнян І.А., Данкевич Н.О. Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень в будівництві. навч.-метод. посібник для студ. ЗДІА спец. 192 «Будівництво та цивільна інженерія» ден. та заоч. форм навчання. Запоріжжя: ЗДІА, 2018. 131 с.
2. Бобров Ю.Л., Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М., Петухова Е.Ю. Теплоизоляционные материалы и конструкции. Москва: ИНФРА-М, 2003г. 268с.
3. ДБН В.2.2-15-2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. [Чинні з 2019-12-01]. Київ. Мінрегіонбуд України, 2019. 44с. (Національні стандарти України).
4. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2012-04-01]. – Київ. 2012. – 94 с. (Національні стандарти України).
5. ДБН А.3.1-5-2016. Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016-05-05]. Київ. 2016. 52 с. (Національні стандарти України).
6. ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будинків і споруд: Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2016-08-07]. Київ: Мінрегіонбуд України. 2016. 33 с. (Національні стандарти України).
7. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, швидких експлуатаційних впливів від пожежі: Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-01-01]. Київ: Мінрегіонбуд України. 2011. 123 с. (Національні стандарти України).
8. ДБН В.2.5-67:2013. Інженерне обладнання будівель і споруд: Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Київ: Мінрегіонбуд України. 2013. 141 с. (Національні стандарти України).

9. ДСТУ-Н Б А.3.1-23:2013. Настанова щодо проведення робіт з улаштуванням ізоляційних, оздоблювальних, захисних покриттів стін, підлог і покрівель будівель і споруд. [Чинний від 2014–01–01]. Київ., 2013. 88 с. (Національні стандарти України).
10. ДСТУ – Н Б. Д.1.1-2:2013 Настанова що до визначення прямих витрат у вартості будівництва. [Чинні з 2014-01-01]. Київ, 2013. 25с. (Національні стандарти України).
11. ДСТУ – Н Б. Д.1.1-3:2013 Настанова що до визначення загальновиробничих і адміністративних витрат та прибутку у вартості будівництва. [Чинні з 2014-01-01]. Київ, 2013. 41с. (Національні стандарти України).
12. ДСТУ – Н Б. Д.1.1-5:2013 Настанова що до визначення розміру коштів на титульні тимчасові будівлі та споруди і інші витрати у вартості будівництва. [Чинні з 2014-01-01]. Київ, 2013. 59с. (Інформація та документація).
13. ДСТУ – Н Б. Д.1.1-6:2013 Настанова що до розроблення ресурсне елементних кошторисних норм на будівельні роботи. [Чинні з 2014-01-01]. Київ, 2013. 45с. (Національні стандарти України).
14. ДСТУ ISO 9001: 2015 Система управління якістю. Вимоги: - [Чинний від 2015–12–31]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2016. 31 с. (Національні стандарти України).
15. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. [Чинний від 2016–00–01]. Київ, 2015. 29с. (Національні стандарти України).
16. ДБН В.2.6-33:2008 Конструкції будинків і споруд Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації [Чинні з 2009-07-01]. Київ, 2009.21с. (Національні стандарти України).

17. ДСТУ Б.В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2014–01-01]. Київ., 2014. 71 с. (Національні стандарти України).
18. Энергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи: Довідник // «НДІпроектреконструкція», Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Instituts Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), 2006. 144 с.
19. Завадскас Э.К., Вайгаускас Э.Р. Применение методов теории принятия решений при подготовке строительства. Вильнюс, 1985. 64с.
20. Завадскас Э.К., Вайгаускас Э.Р. Использование функции полезности для выбора оптимального варианта строительства. Вильнюс. 1980. 224 с.
21. Завадскас, Э. К. Системотехническая оценка технологических решений строительного производства Ленинград, 1991. 256 с.
22. Завадскас Э.К. Многоцелевая селектоновация технологических решений строительного производства (Теоретические основы). Вильнюс, 1989. 107 с.
23. Завадскас Э.К., Пелдшус Ф. Применение теории игр при подготовке строительного производства. Вильнюс, 1986. 46 с.
24. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей: Навчальний посібник. Київ: Основа, 2001.336с.
25. Кинос В. М., Залуин В. Ф., Дадиверина Л. Н. Организация строительства: учеб. пособие. Днепропетровск.: Пороги, 2005. 309 с.
26. Наукові основи розвитку будівельної галузі України монографія /за ред. І. А. Арутюнян. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. 460 с.
27. Павлов І.Д., Терех М.Д., Полтавець М.О. Оптимізація управлінських рішень в будівництві: навч.-метод. посібник. ЗДІА. Запоріжжя: ЗДІА, 2016. 73 с.

28. Про енергетичну ефективність будівель: Директива Європейського Парламенту та Ради Європейського Союзу 2010/31/ЄС // Офіційний вісник Європейського Союзу, 2010. 32 с.

29. Про енергетичну ефективність будівель: проект Закону України від 11.07.2016 р. № 4941, станом на 2 серпня 2016 р. Режим доступу : http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=59631.

30. Современные технологии в строительстве: учебник для студ.высш.учеб.заведен./под ред. А.И. Менейлюка.-К.:Освіта України, 2010.549 с.

31. Технологія будівельного виробництва практикум. навч. посібник для вnz / за ред. М. Г. Ярмоленко. Київ : Вища школа, 2007. 207 с.

32. Теличено В.И., Терентьев О.М., Лapidус А.А. Технология строительных процессов: Учебник для строительных вузов. Москва: Высшая школа, 2005. 392 с.

33. Термомодернізація житлового фонду: організаційний, юридичний, соціальний, фінансовий і технічний аспекти: Практичний посібник. Видання 3-тє, актуалізоване. / за ред.. Бригілевича В. Львів, 2016. 186 с.

34. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожуючих конструкцій: монографія. Київ. 2009. 216 с.

35. Фаренюк Г.Г. Розвиток національної законодавчої та нормативної бази як основа забезпечення енергоефективності будівель» [Електронний ресурс]. *Україна - енергонезалежна держава: матеріали Міжнар. конф.; ІСС/ВБО, 26 лютого 2015 р.* – Режим доступу: <http://iccu.org/wp-content/uploads/2015/03/Rozvitok-natsionalnoyi-zakonodavchoyi-tanormativnoyi-bazi1.pdf>.

36. Черненко В.К, Осипов О.Ф., Тонкачєєв Г.М. Технологія монтажу будівельних конструкцій: Навчальний посібник., Київ 2010 372 с.

37. Юхименко А. І. Енергозбереження та термомодернізація будівель і споруд: навч.-метод. посібник для магістрів ЗДІА спец. 192 "Будівництво та цивільна інженерія" освітньої програми "Промислове і цивільне будівництво" ден. та заоч. форм навчання . Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 90 с.
38. Сендвич - панелі стінові та покрівельні: веб-сайт. URL: <https://www.specmetal.com.ua> (дата звернення: 22.09.2020)
39. Сэндвич-панели - что стоит о них знать? веб-сайт. URL: <https://balex.eu/ru/> (дата звернення: 22.09.2020)
40. Виробництво сендвич-панелей. веб-сайт. URL: <https://www.termobud.lviv.ua/ru/> (дата звернення: 22.09.2020)
41. Технологія Термодом. веб-сайт. URL: <http://aspp.com.ua/ru/> (дата звернення: 22.09.2020)
42. Что такое ТЕРМОДОМ? Технология ТЕРМОДОМ недостатки. веб-сайт. URL : <http://pro-dom.com.ua> (дата звернення: 22.09.2020)
43. МДМ панель - новое слово в строительстве. веб-сайт. URL: <http://proxima.com.ua> (дата звернення: 22.09.2020)