

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: **Обґрунтування вибору ефективних технологічних рішень і матеріалів для термореновації будівель і споруд при їх ремонті і реконструкції**

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

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

Трофімов С.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник доц., к.т.н. Мішук 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**

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти другий магістрський рівень
(другий (магістрський) рівень)
Спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма "Промислове і цивільне будівництво"
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ПЦБ
проф. Арутюнян І
" _____ " _____ 20__ рр

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

Трофімов Сергій Васильович
(прізвище, ім'я по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Обґрунтування вибору ефективних технологічних рішень і матеріалів для термореновації будівель і споруд при їх ремонті і реконструкції

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

затверджені наказом ЗНУ від "25" 05 2020 року № 599 - с


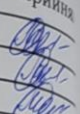
2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2020 р.

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вступ, аналіз сучасних заходів з термореновації, основні шляхи скорочення тепловитрат в будівлях і спорудах, оцінка технологічної ефективності запропонованих методів

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) вступ, основні питання дослідження, аналіз технічних систем теплоізоляції, проектування організаційно-технологічних рішень проекту.

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	Примітка
1.	Аналіз сучасних заходів з термомодернізації будівель та методів оцінки ефективності	30.09.2020	
2.	Дослідження удосконалення енергозберігаючих зовнішніх огорожуючих конструкцій та технологій їх використання	21.10.2020	
3.	Обґрунтування вибору ефективних технологічних рішень і матеріалів фасадних систем	11.11.2020	
4.	Оформлення та підготовка до захисту	02.12.2020	

Студент


(підпис)Трофімов С.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи/проекту


(підпис)Мішук К.М.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено


(підпис)Данкевич Н.О.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Трофімов С.В. Обґрунтування вибору ефективних технологічних рішень і матеріалів для термореновації будівель і споруд при їх ремонті і реконструкції.

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.

Проведено аналіз сучасних заходів з термореновації будівель та методів оцінки їхньої ефективності та методів економічної оцінки заходів з термореновації.

Виконано дослідження технічних характеристик та теплофізичних особливостей сучасних конструкцій фасадної теплоізоляції, та організаційно-технологічних рішень фасадних систем. Методика дослідження включає розрахунки, системний аналіз, теоретичні та експериментальні дослідження в лабораторних умовах та проведені провідними організаціями з теплоізоляційних будівельних матеріалів.

Обґрунтована доцільність використання фасадних систем підбрано оптимальне рішення фасадної системи та виконана техніко-економічна оцінка отриманих результатів.

Ключові слова: ФАСАДНА СИСТЕМА, ТЕРМОРЕНОВАЦІЯ, ТЕПЛОЗБЕРЕЖЕННЯ, КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

Список публікацій магістранта:

Трофімов С.В. Обґрунтування вибору ефективних технологічних рішень і матеріалів для термореновації будівель і споруд при їх ремонті і реконструкції. *Збірник матеріалів доп. участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів,*

магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020.

C .

ABSTRACT

Trofimov S.V. Substantiation of selection for effective technological solutions and materials for thermal renovation of buildings and structures during their repair and reconstruction.

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

The analysis of modern measures for thermal renovation of buildings and methods for assessing their effectiveness and methods of economic assessment of measures for thermal renovation.

Research has been carried out on the technical characteristics and thermophysical features of modern structures of facade thermal insulation, and organizational and technological solutions of facade systems. The research methodology includes calculations, system analysis, theoretical and experimental studies of thermal insulation building materials in laboratory conditions, which were carried out by leading organizations.

The expediency of using facade systems has been substantiated, the optimal solution of the facade system has been selected, and a technical and economic assessment of the results obtained has been carried out.

Keywords: FACADE SYSTEMS, THERMORENOVATION, HEAT SAVING, CONSTRUCTION AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS, EFFECTIENCE.

List of postgraduate publications:

Трофімов С.В. Обґрунтування вибору ефективних технологічних рішень і матеріалів для термореновації будівель і споруд при їх ремонті і реконструкції.

Збірник матеріалів доп. участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020.

С .

АНОТАЦІЯ

Трофимов С.В. Обоснование выбора эффективных технологических решений и материалов для термореновации зданий и сооружений при их ремонте и реконструкции.

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

Проведен анализ современных мер по термореновации зданий и методов оценки их эффективности и методов экономической оценки мероприятий по термореновации.

Выполнены исследования технических характеристик и теплофизических особенностей современных конструкций фасадной теплоизоляции, и организационно-технологических решений фасадных систем. Методика исследования включает расчеты, системный анализ, теоретические и экспериментальные исследования теплоизоляционных строительных материалов в лабораторных условиях которые проводились ведущими организациями.

Обоснована целесообразность использования фасадных систем подобрано оптимальное решение фасадной системы и выполнена технико-экономическая оценка полученных результатов.

Ключевые слова: ФАСАДНЫЕ СИСТЕМЫ, ТЕРМОРЕНОВАЦИЯ, ТЕПЛОСБЕРЕЖЕНИЕ, КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ.

Список публікацій магістранта:

Трофімов С.В. Обґрунтування вибору ефективних технологічних рішень і матеріалів для термореновації будівель і споруд при їх ремонті і реконструкції. *Збірник матеріалів доп. участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020.*
С .

ЗМІСТ

	стр.
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЗАХОДІВ З ТЕРМОРЕНОВАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	12
1.1 Основні шляхи скорочення тепловитрат в будівлях та спорудах.....	12
1.1.1 Конструктивні рішення стіни із внутрішнім утеплюванням...	18
1.1.2 Конструктивні рішення стіни із зовнішнім утеплюванням....	10
1.1.3 Конструктивні рішення системи «вентильований фасад»....	23
1.2. Аналіз методів економічної оцінки заходів з термореновації.....	25
2 ДОСЛІДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ.....	35
2.1. Дослідження теплофізичних особливостей сучасних матеріалів для проектування огороджуючих конструкцій.....	35
2.1.1 Теплоізоляційний матеріал ROCKWOOL.....	38
2.1.2 Теплоізоляція на основі кам'яної вати PAROC.....	42
2.1.3 Теплоізоляційні матеріали NOBASI.....	45
2.1.4 Теплоізоляційні матеріали ISOVER.....	48
2.1.5 Теплоізоляційний матеріал STYROFOAM.....	51
2.1.6 Теплоізоляційний матеріал із карбамідної смоли	53
2.2 Дослідження ефективних організаційно-технологічних рішень виконання теплоізоляційних робіт.....	54
2.2.1 Системи скріпленої теплоізоляції з оздобленням штукатуркою.....	55
2.2.2 Навісні фасадні системи з повітряним шаром.....	58

2.2.3	Метод контролю стану огорожувальних конструкцій.....	64
3	ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІЩЕНЬ І МАТЕРІАЛІВ ФАСАДНИХ СИСТЕМ.....	66
3.1	Аналіз та вибір оптимального рішення на основі техніко- економічного обґрунтування.....	66
	ВИСНОВКИ.....	93
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	95

ВСТУП

Актуальність теми дослідження: Розглядаючи основні функції, які виконують фасади, видно, що перш за все, фасади формують архітектурно-художній облік будівлі чи споруди, виконують важливу роль у формуванні мікроклімату приміщень, а також несуть захисну функцію, захищаючи конструкції від атмосферних впливів.

Підвищення цін на енергоресурси спонукає до підвищення необхідного утеплення огорожуючих конструкцій існуючих громадських та житлових будинків. На даний момент будинки треба не просто утеплювати, а робити так, щоб теплоізоляція була ефективною та зберігала свою ефективність якомога довше.

Приблизно 40% від загальної потреби енергії приходить на житловий сектор країни. Основні втрати тепла в будинках та спорудах відбуваються крізь: стіни, покрівлю, вікна та балконні двері, фундамент, вхідні двері та зовнішні виступаючі конструкції. Втрати тепла крізь зовнішні стіни складають біля 30%. Тепловитрати відбуваються через підвищення теплопередачі в матеріалах, внаслідок температурної конденсації та проникнення вологи із приміщення крізь стіни (при 4% вологості стінового матеріалу залишається лише 50% його теплоефективності), а також тому, що значна частина житлового фонду України характеризується великим фізичним зношенням.

Вирішення питання термореновації існуючих будинків та споруд при ремонті і реконструкції - є актуальною темою у даний час, тому що окрім суттєвої економії тепла, теплоізоляція сприяє підвищенню якості й комфортності помешкань, створює здоровий і затишний мікроклімат, а також значно краще зберігається зовнішній вигляд фасадів.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Обґрунтування вибору ефективних технологічних рішень і матеріалів для термореновації будівель і споруд при їх ремонті і реконструкції» обумовлена

необхідністю зменшення термовитрат у будинках та спорудах, поліпшення мікроклімату в приміщеннях, виявлення нових технологій для термореновації житлових та громадських будівель і споруд. Це дозволить зменшити витрати енергії на опалення приміщень, зберегти будинки та споруди, які є пам'ятниками архітектури чи входять у заповідний архітектурний ансамбль, а також зменшити трудомісткість робіт у порівнянні із будівництвом нових будинків та споруд, які б відповідали новим вимогам, підвищених нормативів теплозахисту будинків та споруд.

Метою магістерської роботи: є визначення найбільш ефективного варіанту технологічних рішень та матеріалів для термореновації будівель і споруд при їх ремонті і реконструкції з використанням технічних, технологічних та економічних характеристик.

Об'єктом дослідження є сучасні фасадні системи.

Предмет дослідження є технологія термореновації будівель і споруд з використанням нових енергозберігаючих фасадних систем - штукатурні системи утеплення та системи утеплення фасадів з вентильованим повітряним шаром.

Для досягнення поставленої в процесі дослідження мети вирішені **наступні завдання:**

1. Виконати аналіз сучасних заходів з термореновації будівель та методів оцінки їхньої ефективності.
2. Аналіз методів економічної оцінки заходів з термореновації.
3. Дослідження технічних характеристик та теплофізичних особливостей сучасних конструкцій фасадної теплоізоляції.
4. Дослідження і обґрунтування організаційно-технологічних рішень фасадних систем.
5. Обґрунтування та вибір оптимального рішення фасадної системи в галузі теплозбереження у будівництві.

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

Наукова новизна: обґрунтовано необхідність проведення робіт з термореновації зовнішніх стін будівель та споруд, у порівнянні із новим будівництвом, характеристика якого відповідає підвищеним нормативам теплозахисту будинків та споруд та виконана техніко-економічна оцінка сучасних теплоізоляційних матеріалів та запропоновано використання ефективного теплоізоляційного матеріалу.

Практична цінність: забезпечити теплову безпеку експлуатації будинків та вирішити проблеми енергозбереження та продовження терміну експлуатації будинків за рахунок зменшення витрат енергії на опалення приміщень, зберегти будинки та споруди, які є пам'ятниками архітектури чи входять у заповідний архітектурний ансамбль, а також зменшити трудомісткість робіт у порівнянні із будівництвом нових будинків та споруд, які б відповідали новим вимогам, підвищених нормативів теплозахисту будинків та споруд.

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 99 сторінок тексту, у тому числі 17 рисунків, 20 таблиць. Список використаних джерел містить 44 найменувань/

1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЗАХОДІВ З ТЕРМОРЕНОВАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЇХНЬОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

1.1 Основні шляхи скорочення тепловитрат в будівлях та спорудах

Одним з найбільш значних споживачів енергетичних ресурсів в економіці України є комунальне господарство. Однак ефективність використання енергоносіїв для теплопостачання житлових будівель, громадських споруд та промислових об'єктів дуже низька. Аналіз втрат теплової енергії і природного газу, що використовується на виробництво втраченої теплової енергії в комунальній теплоенергетиці у схемах централізованого теплопостачання, свідчить про те, що найбільші втрати теплоти відбуваються у її кінцевих споживачів (до 30–45 %), тобто в опалювальних будинках. Одна з причин цих втрат полягає в тому, що теплоізоляційна спроможність стін, огорож та вікон більшості будинків, що експлуатуються понад 30 років, не відповідає сучасним вимогам енергозбереження та створення належних по віт ря но-температурних умов у приміщеннях.

У зв'язку з цим актуальною стає проблема організації енергозберігаючих режимів експлуатації існуючих споруд, які б забезпечували належні санітарно-гігієнічні умови в приміщеннях при мінімальних обсягах теплопостачання. Одним з ефективних шляхів вирішення цієї проблеми є термореновація (або термомодернізація) огорожувальних конструкцій будинків, мета якої полягає в підвищенні термічних опорів зовнішніх стін, дахів та світлопрозорих елементів споруд [14,18].

Основними заходами по термореновації є встановлення додаткового теплоізоляційного шару на зовнішній поверхні огорожі та заміна старих віконних конструкцій на сучасні склопакети з високим термічним опором. Зважаючи на те, що заходи з термореновації вимагають значних капіталовкладень, виникає необхідність у порівняльному аналізі теплотехнічної

та економічної ефективності використання того чи іншого теплоізоляційного матеріалу або тієї чи іншої світлопрозорої конструкції.

На сучасному етапі розвитку техніки та технологій резерв енергозбереження для об'єктів житлово-цивільного будівництва тільки в системах опалення теоретично складає 57,4%. На частку теплової ізоляції будівель та мереж з цього резерву припадає 52,3% [12,25].

Вітчизняний та закордонний досвід показує, що пріоритетним і результативним напрямком енергозбереження є модернізація систем опалення, теплових пунктів, теплотрас і джерел теплозабезпечення, економічно обгрунтоване поєднання централізованих і локальних джерел енергозбереження. Пріоритетним напрямком енергозбереження [13–19] є додатковий ефективний теплозахист огороджуючих конструкцій існуючих будівель.

У 1993 році набули чинності нові вимоги щодо теплозахисту будівель, якими встановлено значення термічних опорів огорожувальних конструкцій. Ці вимоги перевищують попередні в 2–2,5 рази [7]. В існуючих будівлях цегляні стіни товщиною 0,38–0,51 м (1,5–2 цеглини) та з легкого бетону товщиною 30–35 см не відповідають вимогам сучасних стандартів щодо опору теплопередачі [20]. Згідно з новими нормативами, стіни з монолітної цегляної кладки для північних регіонів повинні бути товщиною близько 1,5 м, а товщина одношарових легко бетонних панелей має становити близько 0,65 м. На практиці дотриматися цих вимог неможливо, тому єдиним способом утеплення стін повинно стати застосування шару з ефективного утеплювача [18,21].

Підвищення теплозахисних властивостей стінових огорожувальних конструкцій полягає у збільшенні їх опору теплопередачі до нормативних значень ($2,0\text{--}2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$) [7]. Це досягається шляхом впровадження проектів термомодернізації існуючих будівель. Термомодернізація – це комплекс організаційно-економічних заходів по виконанню ремонтно-будівельних робіт, спрямованих на підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій і забезпечення їхньої відповідності чинним нормам [7].

Ефективність розроблених на сьогодні проектних рішень систем теплоізоляції житлових будівель є досить суттєвою і має різний характер[7,14,18]. Завдяки підвищенню теплозахисту (підвищенню термічного опору) зовнішніх огорожувальних поверхонь досягається значна економія енергії та палива, а внаслідок зменшення обсягів продуктів згорання знижується загальне забруднення довкілля. Скорочення втрат тепла дає змогу знизити температуру обігрівальних приладів, потужність систем кондиціонування та енерговитрати з одночасним покращенням санітарно-гігієнічних умов у приміщенні. При цьому ізольовані стіни характеризуються властивістю акумулювати тепло, а організація теплових потоків в об'ємі приміщення та паро проникність системи утеплення забезпечують комфортний мікроклімат у приміщенні [18]. Тому сьогодні постає питання реалізації ефективних проектів енергозбереження в житловому будівництві.

Розглянемо конструктивні рішення огорожуючих конструкцій існуючих громадських та житлових будинків і споруд, які складають значну частину житлового фонду України:

а) багатоквартирні панельні будинки, побудовані із одношарових легкобетонних панелей, цей матеріал можна назвати найменш енергоефективним. Термічний опір таких будинків знаходиться у межах $0,9 - 1,2 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

б) цегляні будинки та споруди. Термічний опір таких будинків та споруд знаходиться у межах $0,84 - 1,15 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

З цього видно, що стіни з одношарових легкобетонних панелей не відповідають вимогам по енергозбереженню, а цегляні стіни, можуть відповідати вимогам по енергозбереженню, якщо їх товщина буде приблизно 1,2–1,5 метра. В існуючих будинках та спорудах товщина цегляної стіни максимум 51 см.

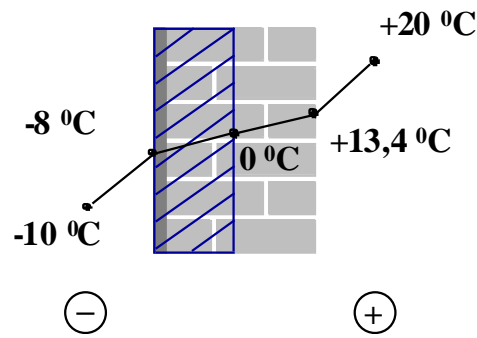


Рисунок 1.1 - Температурне поле цегляної стіни.

На рисунку 1.1 видно, що значна частина несучої конструкції знаходиться у зоні від'ємних температур. В результаті перетворення, у зимовий період, вологи на лід в стіновій конструкції – руйнуються пори матеріалу, теплопровідність матеріалу різко підвищується (теплопровідність льоду у 2 рази вища за теплопровідність води), відбувається руйнування матеріалу. Це призводить до погіршення несучої здатності конструкції, зниження теплової надійності огорожуючої оболонки будівлі чи споруди у цілому та порушення мікроклімату в приміщенні.

Вихідними даними до роботи стали основні вимоги та конструктивні рішення сучасних огорожуючих конструкцій будівель і споруд. В теперішній час в основу закладається надійність утепленого фасаду. Щоб її досягти, недостатньо забезпечити опір теплопередачі зовнішньої стіни – цей показник характеризує конструкцію в певний момент часу і не дає можливості оцінити зміни експлуатаційного стану. Тобто, не можна знати, наскільки теплим буде цей фасад через 10-20 років. Надійність потрібно оцінювати не тільки за одним показником, а й за іншими – стабільністю теплоізоляційних характеристик у часі, за недопущенням накопичення вологи в товщі конструкції. Такий системний підхід до фасадної конструкції потребує проведення необхідних досліджень, які дадуть змогу не просто підібрати матеріал, але й підібрати усі інші складові системи.

Основні втрати тепла в будинках та спорудах відбуваються крізь:

- 1) стіни, які мають низький термічний опір;

2) покрівлю (зазвичай з м'якими пласкими покрівлями і низьким термічним опором);

3) вікна та балконні двері, які в силу фізичного зношення мають нещільності, котрі сприяють фільтрації повітря;

4) фундаменти, у котрих відсутня теплоізоляція;

5) вхідні двері, які потребують їх повсюдної заміни;

6) зовнішні виступаючі конструкції – балкони, навіси тощо, які сприяють передачі тепла у навколишнє середовище.

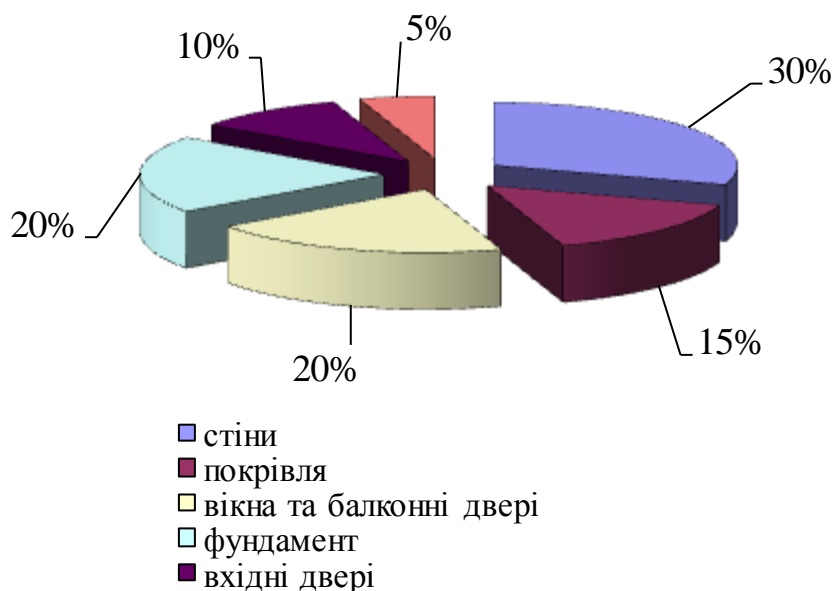


Рисунок. 1.2 - Відсоткові долі втрат тепла крізь конструктивні елементи будівель та споруд

На рисунку 1.2 наведена діаграма з нанесенням відсоткових долей втрат тепла крізь конструктивні елементи будівель та споруд. Як видно із діаграми, найбільший резерв у зниженні тепловтрат в будинках і спорудах, перш за все пов'язано, із підвищенням термічного опору зовнішніх стін.

Рішенням проблеми тепловтрат, може бути цілий ряд кроків:

1) Введення нових, підвищених нормативів теплозахисту будинків та споруд. У відповідності з новими нормативами, опір теплопередачі зовнішніх стін будинків та споруд знаходиться в межах $1,7 - 2,2 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ [2]. Затвердження «Державної науково-технічної програми енергозбереження в житловому та громадському будівництві».

2) Затвердження «Програми реконструкції житлових будинків перших масових серій».

Принципових технічних рішень може бути два: або збільшити товщину стін у $1,5 - 2$ рази із традиційно використовувані матеріалів (цегла, легкобетонні панелі), або утеплювати зовнішні стіни будинків та споруд із застосуванням сучасних утеплюючих систем, при цьому не підвищувати, а в деяких випадках, знижуючи товщину стіни.

Друге рішення є найбільш вигідним та дає відчутні переваги у двох аспектах: економічний аспект – зниження енерговитрат на опалення приміщень приблизно на 40%, соціальний аспект – підвищення теплового комфорту приміщень.

Фасадні системи утеплення будинків та споруд є одним з найбільш ефективним конструктивним рішенням поліпшення теплоізоляційних характеристик огорожуючих конструкцій. При використанні фасадних систем утеплення забезпечуються не тільки високі показники опору теплопередачі, але й нормальний режим вологості конструкцій при експлуатації, та, відповідно, комфортні умови для проживання людей [23,33].

Існуючі конструктивні рішення по термореновації будівель і споруд можна поділити на дві групи:

- штукатурні системи утеплення:

а) внутрішнє утеплення існуючої стіни;

б) зовнішнє утеплення існуючої стіни;

- системи утеплення фасадів з вентильованим повітряним шаром (так звані «вентильовані фасади»).

1.1.1 Конструктивні рішення стіни із внутрішнім утепленням

При внутрішньому утепленні існуюча стіна, розташована перед матеріалом утеплення, знаходиться у зоні від'ємної температури, яка частково захвачує і власно утеплювач (рис. 1.3). Крім того, порушується природна дифузія водяних випаровувань, в результаті різниці тиску та, як видно на рис. 1.3, тиск водяного пара e на межі «утеплювач – стіна» стає дорівнювати тиску насиченого водяного пара E , утворюється так звана точка роси, в результаті чого складаються умови для конденсації вологи в конструкції. [20,24,35].

$$R=3,23 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

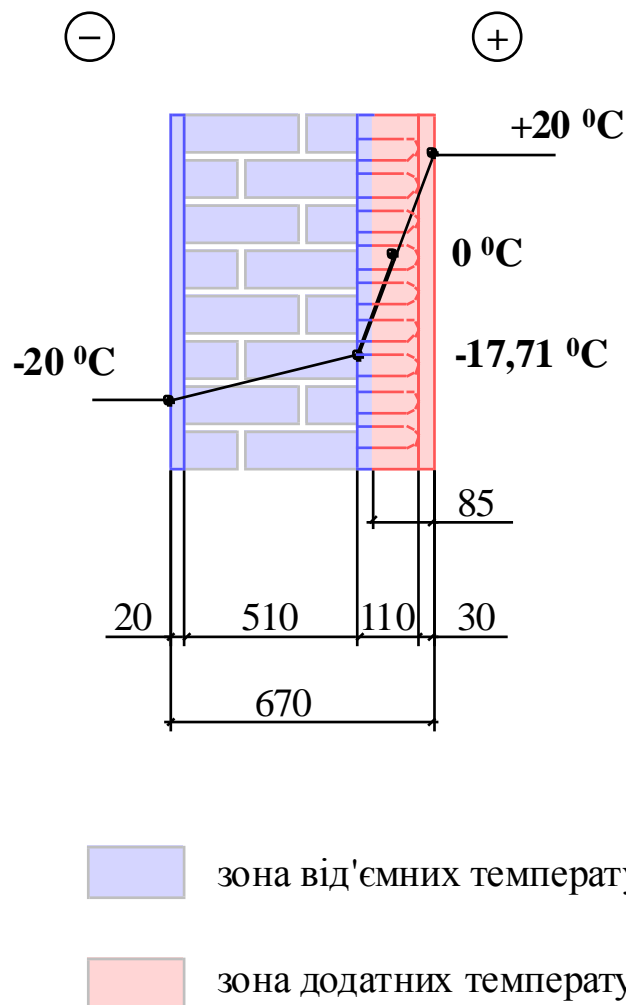


Рисунок 1.3 - Конструкція стіни із внутрішнім утепленням.

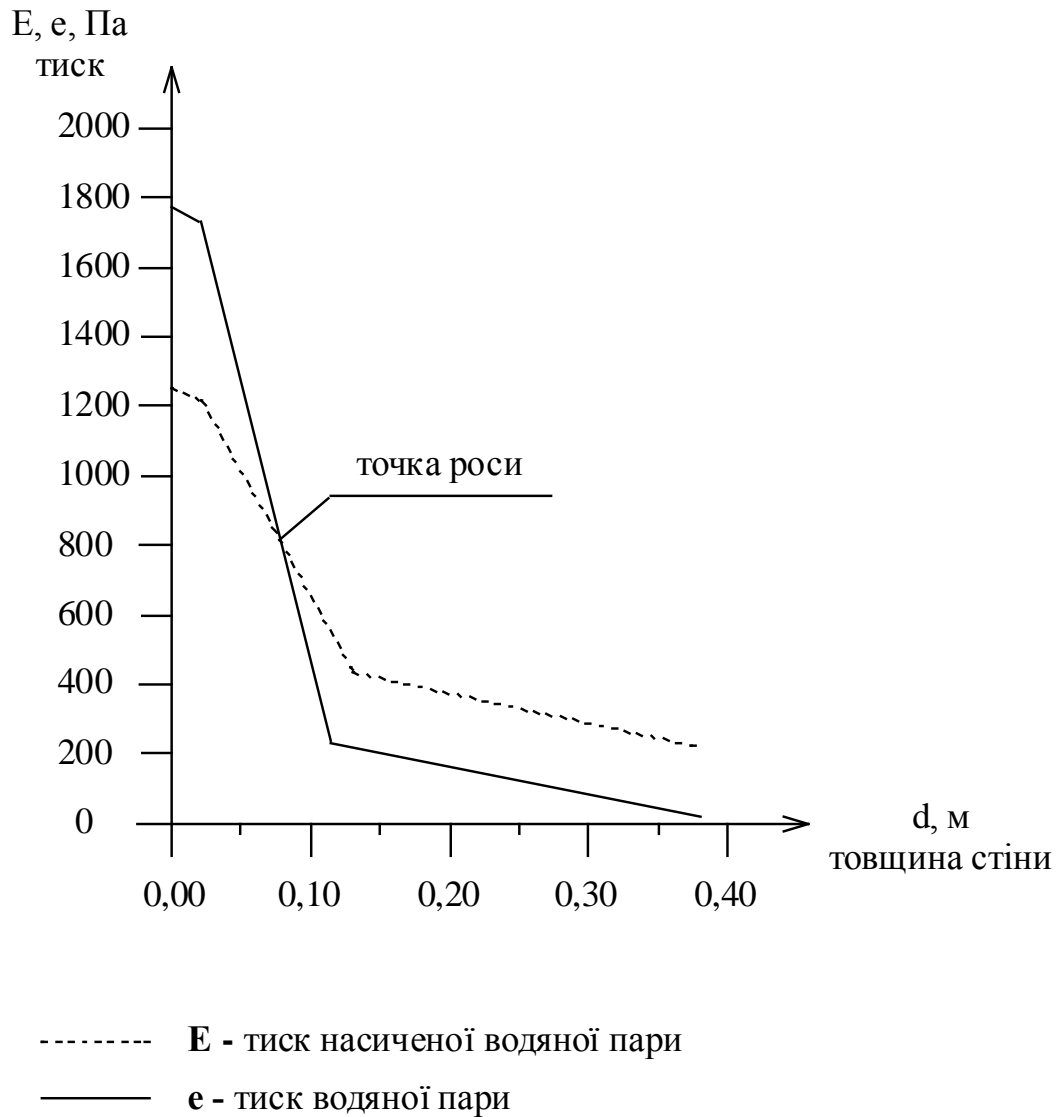


Рисунок 1.4 - Режим вологості цегляної стіни з внутрішнім утепленням.

Прийняття такого конструктивного рішення утеплення завжди призводить до значного накопичення вологи, з усіма негативними наслідками.

Також слід звернути увагу на те, що при внутрішньому утепленні практично не можливо встановити теплоізоляційний матеріал у місцях примикання плит покриття та плит перекриття до зовнішньої стіни. При чому втрати тепла у цих зонах можуть перевищувати втрати через основну площу стіни.

До переваг утеплення стін з внутрішньої сторони відносяться:

- вибіркоче виробництво ремонтних робіт;

- цілорічне виробництво ремонтних робіт;
- можливість використання великого різновиду ефективних теплоізоляційних матеріалів;
- теплоізоляція не потребує захисту від атмосферного впливу.

Недоліками є:

- приближення зони конденсації до внутрішньої поверхні конструкції;
- необхідність боротьби із зволоженням конструкцій;
- необхідність у деяких випадках виселення мешканців;
- зменшення внутрішньої площі приміщення, хоча і не значне.

1.1.2 Конструктивні рішення стіни із зовнішнім утепленням

При зовнішньому утепленні зниження температури по товщині існуючої стіни відбувається достатньо повільно та плавно. Різке падіння температури спостерігається ближче до зовнішньої сторони, а зона від'ємних температур розташовується у товщі шару додаткової теплоізоляції (рис. 1.5).

Розташування щільних, погано пропускаючих водяну пару матеріалів всередині, а легких та пористих ззовні сприятливо впливає на режим вологості стіни ті не складає умови для накопичення в ній вологи. Якщо теплоізоляційний матеріал надійно захищено від атмосферного впливу (дощу, снігу, сонця), така стіна на протязі усього року буде зберігати високі теплозахисні властивості[20,24,35].

З точки зору підтримки нормального температурно-вологого режиму утеплення з зовнішньої сторони стіни є оптимальним. Хоча цей процес відрізняється складністю та трудомісткістю, потребує ретельного підбору облицьовуючих матеріалів, а також штукатурним та клеєвих сумішей.

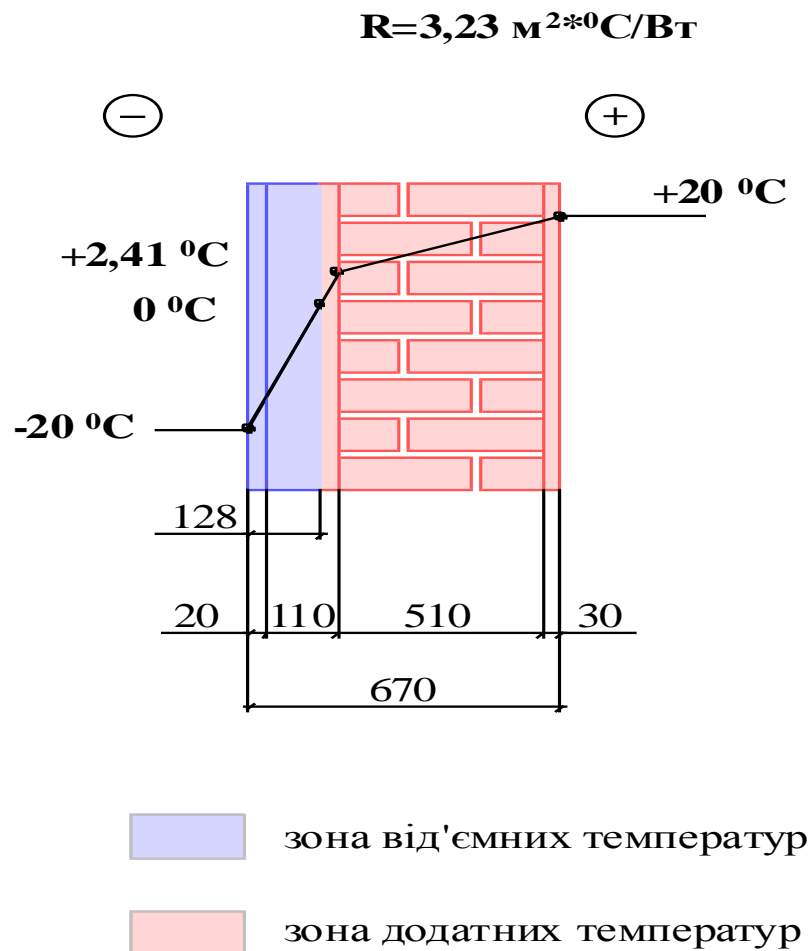


Рисунок 1.5 - Конструкція стіни із зовнішнім утепленням.

До переваг утеплення стін з зовнішньої сторони відносяться:

- поліпшення вологого та теплового режимів конструкції;
- механізація ремонтно-будівельних робіт;
- більш інтенсивна сушка матеріалу стіни і відповідно більш високі теплозахисні властивості (за винятком режимів із підвищеною вологістю);
- зниження температурних навантажень на стіни;
- проведення будівельних робіт без виселення мешканців;
- захист зовнішніх стін від шкідливого впливу атмосферних впливів;
- можливість оновлення фасадів будівель і споруд;
- підвищення теплозахисту без зменшення внутрішньої площі приміщень;
- відсутність можливості появи так званих „мостиків холоду”.

Недоліками є:

- необхідність суцільного утеплення, а не вибіркового, в залежності від технічного стану;
- сезонність виконання деяких видів ремонтно-будівельних робіт;
- змінення зовнішнього вигляду фасадів будівель і споруд;
- необхідність прийняття серйозних заходів по захисту шарів теплоізоляції від атмосферних впливів.

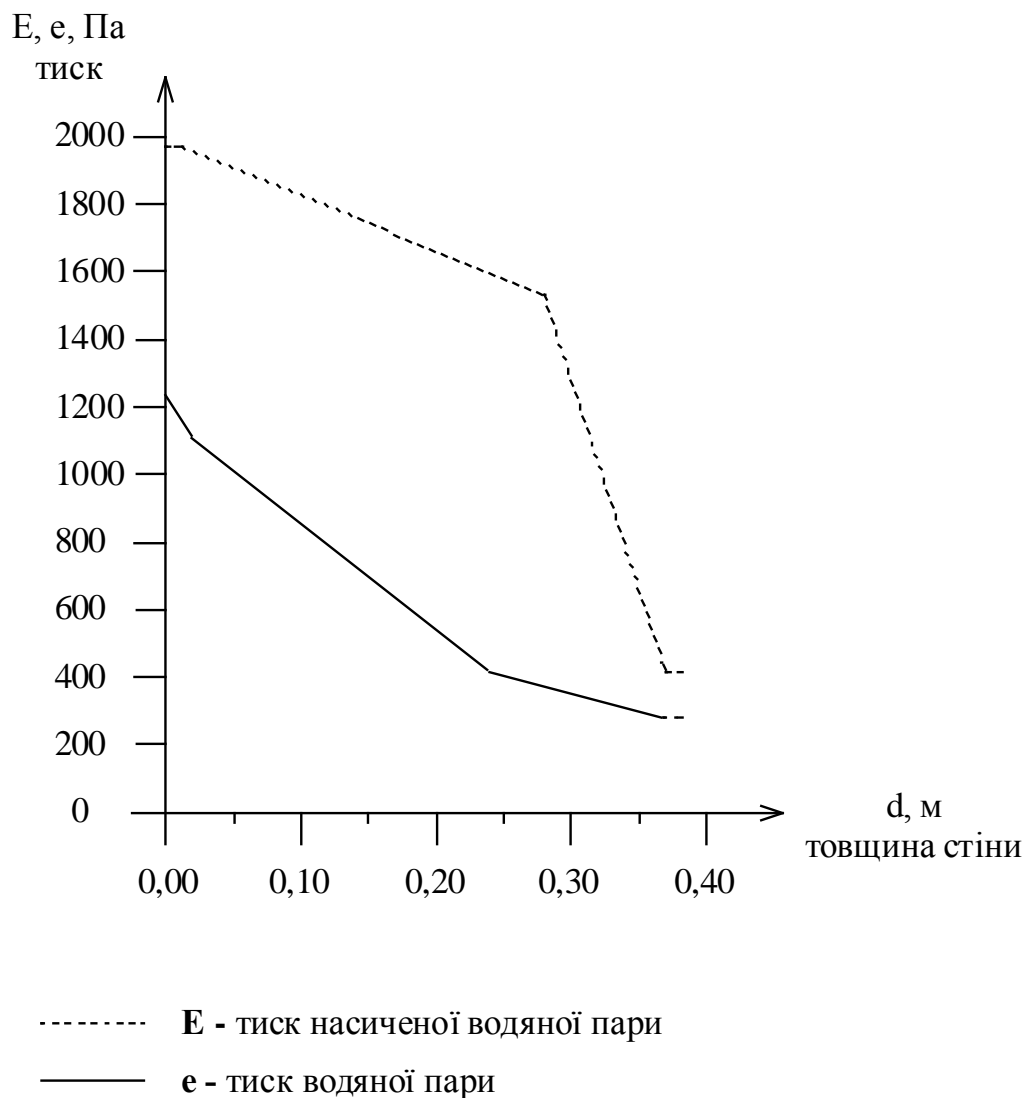
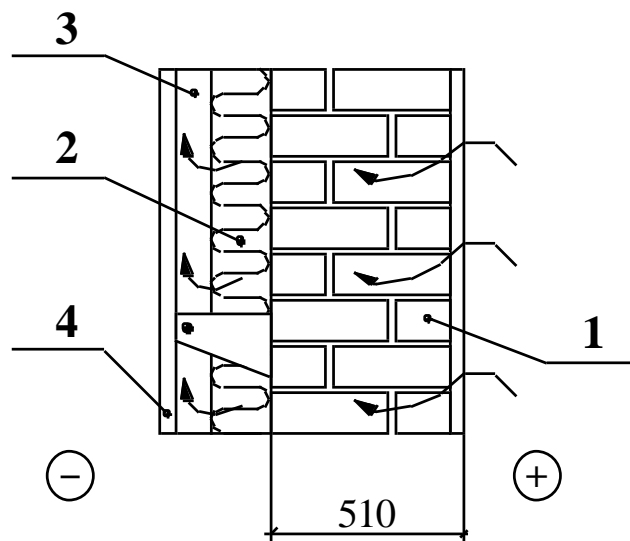


Рисунок 1.6 - Режим вологості цегляної стіни із зовнішнім утепленням.

1.1.3 Конструктивні рішення системи «вентильований фасад»

Навісний вентильований фасад (НВФ) або вентильована фасадна система (ВФС) - система конструкцій які встановлюються на зовнішніх стінах будинків для зміни зовнішнього вигляду будівлі, захисту від впливу зовнішнього середовища та, можливо, утеплення з метою енергозбереження. [20,24,35].

Утеплення фасадів з вентильованим повітряним шаром представляють собою конструкцію, у якій між утеплювачем та захисним облицьовуючим шаром розташовано вентильований повітряний шар (рис. 1.7). Завдяки наявності вентильованому повітряному шару волога при переміщенні, у холодний період року, із приміщення назовні не затримується у товщі утеплювача, а видаляється з неї підіймаючись із потоком повітря. Така конструкція фасаду дозволяє стінам цілий рік залишатися у сухому стані та зберігати високі теплозахисні якості.



- 1 - стіна що утеплюється
- 2 - утеплювач
- 3 - вентильований повітряний шар
- 4 - зовнішнє облицьовування

Рисунок 1.7 - Конструкція стіни з вентильованим повітряним шаром.

До переваг утеплення стін з вентиляльованим повітряним шаром:

- поліпшення вологого та теплового режимів конструкції;
- проведення ремонтно-будівельних робіт цілий рік;
- більш інтенсивна сушка матеріалу стіни і відповідно більш високі теплозахисні властивості (за винятком режимів із підвищеною вологістю);
- зниження температурних навантажень на стіни;
- проведення будівельних робіт без виселення мешканців;
- захист зовнішніх стін від шкідливого впливу атмосферних впливів;
- можливість оновлення фасадів будівель і споруд;
- підвищення теплозахисту без зменшення внутрішньої площі приміщень;
- відсутність можливості появи так званих «мостиків холоду»;
- природний потік повітря у повітряному шарі забезпечує вентиляцію, яка виводить вологу з утеплювача і стін;
- зменшення вуличного шуму в приміщенні на 25%;
- великий вибір фактури та кольору облицьовуючого каменя.

Недоліками є:

- трудомісткість виконання будівельних робіт;
- вартість матеріалу та виконання будівельних робіт.

В наслідок того, що при внутрішньому утепленні зовнішньої стіни практично не можливо встановити теплоізоляційний матеріал у місцях примикання плит покриття та плит перекриття до зовнішньої стіни (при чому втрати тепла у цих зонах можуть перевищувати втрати через основну площу стіни), то цей метод утеплення - не ефективний. У подальших розрахунках та дослідженнях будуть розглядатися фасадні системи з розміщенням матеріалу утеплення з зовнішньої сторони огорожуючої конструкції.

1.2. Аналіз методів економічної оцінки заходів з термореновації

На заміну екстенсивним методам відтворення житлового фонду все активніше приходять методи інтенсивні – ремонт та реконструкція житлових будинків.

Доцільність проведення реконструкції обґрунтовується з різних точок зору: архітектурної, технічної, економічної. Наприклад, якщо будівля чи споруда є пам'ятником архітектури чи входить у заповідний архітектурний ансамбль, рішення про реконструкцію може бути прийняте навіть за тієї умови, що витрати на реконструкцію значно перевищують суму, необхідну для зведення нового аналогічного будинку. Реконструкція краща, ніж нове будівництво, коли існує складність проведення будівельних робіт на забудованій території, коли нема можливості зупинити роботи даного об'єкта тощо.

Реконструкція потребує менше одноразових витрат, ніж нове будівництво, зберігаються конструкції, які не потребують заміни (фундаменти, перекриття, покриття та інші елементи) та дозволяє їх усилювати, забезпечує виробництво робіт в умовах вже складеної місцевої забудови.

У даний час нагально стоїть проблема економії енергоресурсів. Утеплення житлових і громадських будинків та споруд, доведення теплозахисних властивостей їх огорожуючих конструкцій до вимог існуючих нормативів, незважаючи на доволі значні одноразові фінансові затрати, дозволить швидко окупити реконструкцію та заощадити значні кошти на експлуатаційних витратах.

В останні роки в нашій країні проводиться програма, яка направлена на поліпшення технічної експлуатації, ремонту, модернізації та раціональне використання існуючого фонду. У цій області витрачається до 20% паливно-енергетичних ресурсів країни. Для вирішення цієї задачі необхідно проводити енергозберігаючі заходи при капітальному ремонті.

Розробляються нові науково обґрунтовані норми споживання теплової енергії експлуатуючими будинками та спорудами, у відповідності з якими доцільність енергозберігаючих заходів по утепленню будинків та споруд може бути оцінена шляхом порівняння величин фактичного та нормативного теплоспоживання системами опалення.

Фактичні витрати теплової енергії на опалення експлуатуючого фонду великі та значно переважають нормативні витрати [7] як від неякісного експлуатування будинків та споруд, так і від недостатньо високих нормативних вимог до теплозахисту.

На даний момент норми витрат теплової енергії на опалення житлових і громадських будинків та споруд за опалювальний період визначаються за формулами [2]:

$$q_h^{\text{des}} = \frac{10^3 * Q_h^y}{A_h * D_d} \quad \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 * \text{°C} * \text{доб}} \quad (1.1)$$

$$q_h^{\text{des}} = \frac{10^3 * Q_h^y}{V_h * D_d} \quad \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 * \text{°C} * \text{доб}} \quad (1.2)$$

де Q_h^y - витрати теплової енергії на опалення будинків та споруд в опалювальний період, МДж;

A_h - сума площ підлоги квартир або корисних площ приміщень будинків, за винятком технічних поверхів та гаражів, м^2 ;

V_h - опалювальний об'єм будинку, який дорівнює об'єму, обмеженому внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожень будівель чи споруд, м^3 .

D_d - градусо-доба опалювального періоду, $^{\circ}\text{C} * \text{доба}$.

ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» вміщує у собі вимоги до теплофізичних властивостей огорожуючих конструкцій (опір теплопередачі, теплостійкості, повітропроникності, паропроникності) та до показника теплосасвоєння підлоги, які повинні дотримуватися при реконструкції будівель та споруд різного призначення. Їх нормування відбувається з метою забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних умов з

урахуванням можливостей у відношенні витрат як будівельних матеріалів для виготовлення огорожуючих конструкцій, так і паливно-енергетичних ресурсів для опалення будинків та споруд.

Використовуючи дані наведені у додатку Д та формулу (1.1) розрахуємо фактичні витрати теплової енергії на опалення 1 м² загальної площі житлового будинку:

$$Q_h^y = 4\,768,28 \text{ Гкал} = 19\,963\,834,7 \text{ МДж [7].}$$

$$A_h = 20\,736 \text{ м}^2 \text{ [7].}$$

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{\text{ht}}) * z_{\text{ht}} \quad (1.3)$$

де t_{int} - розрахункова середня температура внутрішнього повітря будинку, °С;

$$t_{\text{int}} = 18 \text{ °С [22];}$$

t_{ht} - середня температура зовнішнього повітря, °С;

$$t_{\text{ht}} = -0,067 \text{ °С (Додаток Д);}$$

z_{ht} - тривалість опалювального періоду, доба;

$$z_{\text{ht}} = 167 \text{ діб (Додаток Д).}$$

$$D_d = (18 - (-0,067)) * 167 = 3\,117,89 \text{ °С*доба.}$$

$$q_h^{\text{des}} = \frac{10^3 * 19963834,7}{20736 * 3117,89} = 308,79 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 * \text{°С} * \text{доб}}$$

Порівняємо отримані розрахункові дані з нормованими витратами теплової енергії на опалення [7] та Додаток Б. Для дев'ятиповерхового житлового будинку значення нормованої питомої витрати (q_h^{req}) теплової енергії на опалення будинку дорівнює 76 кДж/(м² °С · доб).

$$q_h^{\text{req}} = 76,0 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 * \text{°С} * \text{доб}} < q_h^{\text{des}} = 308,79 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 * \text{°С} * \text{доб}}$$

Фактичні значення витрат на опалення приміщень набагато перевищують нормативне значення, тому даний дев'ятиповерховий житловий будинок не є теплоефективним.

Проведемо розрахунки економічної ефективності проведення термореновації даного дев'ятиповерхового житлового будинку у порівнянні з новим будівництвом аналогічного будинку, огороджуючи конструкції якого відповідають підвищеним нормативам теплозахисту будинків.

Варіант 1 – нове будівництво.

Розрахуємо витрати на нове будівництво житлового будинку:

$$C^1_{\text{буд}} = L * B * H * C_{\text{оо}} \quad \text{тис.грн.} \quad (1.4)$$

де $C^1_{\text{буд}}$ – витрати на будівництво будинку за варіантом 1, тис. грн.;

L – довжина будинку, м;

$L = 192,0$ м. (Додаток Д);

B – ширина будинку, м;

$B = 12,0$ м. (Додаток Д);

H – висота будинку, м;

$H = 27,0$ м.

$C_{\text{од}}$ – вартість 1 м^3 нового будівництва, тис. грн.;

$C_{\text{од}} = 5$ тис. грн. (середня вартість по кошторису ВБК «Константа»).

$C^1_{\text{буд}} = 192,0 \times 12,0 \times 27,0 \times 5 = 311\,040$ тис. грн.

Середня вартість будівництва нового житлового будинку із загальними розмірами $192,0\text{м} \times 12,0\text{м} \times 27,0\text{м}$ та опором теплопередачі зовнішньої стіни $R_0 = 2,75 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$, що перевищує нормативне значення $R_{\text{тр}} = 2,49 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ (Додаток А) складає $311\,040$ тис. грн.

Варіант 2 – проведення термореновації.

Для проведення робіт по утепленню використовуємо фасадну систему утеплення із повітряним шаром „СКАНПРОК” вітчизняного виробника. У якості матеріалу для утеплення приймемо панелі марки Panelrock (ROCKWOOL) товщиною 100мм .

У таблиці 1.1 наведені необхідні матеріали для утеплення зовнішньої стіни та їх вартість. Вартість матеріалів згідно прејскуранту ТОВ «СПІВДРУЖНІСТЬБУД».

Таблиця 1.1 – Витратні матеріали

№	Матеріал	Одиниця виміру.	Вартість за одиницю грн. з ПДВ	Кількість на 1 м ² фасаду	Вартість усього грн. з ПДВ
1	2	3	4	5	6
1	Камінь „СКАНРОК”, стандартні кольори 600x100x30 мм	м ²	101,92	10	1019,20
2	Направляючий профіль	м.п.	12,71	3,8	48,30
3	Z - профіль новий	м.п.	17,82	2,2	39,20
4	Дюбеля (10/100) із шайбою	шт	1,91	5	9,55
5	Саморізи (4,8/13)	шт	0,11	10	1,1
6	Консоль	шт	5,70	5	28,5
7	Саморізи (6,3/19)	шт	0,39	5	1,95
Всього приблизна вартість за 1 м ² системи з урахуванням витрат матеріалу					1147,80
	Додаткові матеріали				
8	Утеплювач Panelrock 100мм	шт	24,4	1	24,4
9	Кут спеціальний «стартовий»	м.п.	19,62	1,15	22,56
10	Кут спеціальний „вентильований”	м.п.	14,17	2,4	34,01
11	Віконні обрамлення, розгортка	м ²	76,30	0,15	11,45
12	Монтажні роботи / шефмонтаж	м ²	72,80	1	72,80
Всього приблизна вартість додаткових матеріалів на 1 м ² системи					165,22
Всього за 1 м ² системи					1313,02

$$C^2_{\text{буд}} = S_{\text{ог}} \cdot C_{\text{од}} \quad \text{тис.грн.} \quad (1.5)$$

де $C^2_{\text{буд}}$ – витрати на термореноваційні заходи, тис. грн.;

$S_{\text{ог}}$ – площа огорожуючої конструкції, м;

$$S_{\text{ог}} = (2 \cdot L \cdot H) + (2 \cdot B \cdot H) \quad \text{м}^2 \quad (1.6)$$

$C_{\text{од}}$ – вартість 1 м² вентильованого фасаду, грн.;

$C_{\text{од}} = 1313,02$ грн. (по таблиці 1.1).

$$S_{ог} = (2 \cdot 192,0 \cdot 27,0) + (2 \cdot 12,0 \cdot 27,0) = 11\,016 \text{ м}^2$$

$$C^2_{б\text{уд}} = 11\,016 \cdot 1\,313,02 = 14\,465 \text{ тис. грн.}$$

Середня вартість будівельних робіт з термореновації житлового будинку із загальними розмірами 192,0м x 12,0м x 27,0м та опором теплопередачі зовнішньої стіни $R_0 = 3,03 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, що перевищує нормативне значення

$$R_{тр} = 2,49 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, \text{ складає } 14\,465 \text{ тис. грн.}$$

З огляду на рентабельність, реконструкція будівель та споруд є ефективною, коли витрати на реконструкцію не перевищують 70% вартості нової будівлі чи споруди. При цьому слід мати на увазі, що кошти, витрачені на реконструкцію, окупляться за 3,5 – 4 роки проти 4,8 року новому будівництві.

У порівнянні варіанту 1 та варіанту 2 виходить, що витрати на проведення будівельних робіт з термореновації існуючого житлового будинку у даному випадку складають 5% від вартості нової будівлі.

У кожному конкретному випадкові повинно бути проведене техніко-економічне обґрунтування реконструкції. Ці роботи відносяться до спеціальних, і виконувати їх можуть лише спеціалізовані організації, що мають необхідне устаткування, навчений персонал і певний досвід виконання робіт. Тому найефективнішою формою реконструкції не завжди буває найбільш економічний варіант із точки зору вартості матеріалів та виконання робіт. При проведенні техніко-економічного обґрунтування слід урахувати місцеві фактори: наявність кваліфікованої підрядної організації, втрати від зупинення роботи чи виселення мешканців під час проведення робіт, фінансові можливості замовника.

Сьогодні виробники будівельних матеріалів пропонують широкий асортимент теплоізоляції, для проведення модернізації існуючих будинків та споруд.

Увесь асортимент теплоізоляційних матеріалів можна класифікувати:

1) за видом вихідної сировини:

- органічні матеріали;
- неорганічні (мінеральні) матеріали.

2) за формою:

- рихлі (вата, перліт);
- пласкі (плити, мати);
- фасоні (циліндри, напівциліндри).

3) за структурою:

- волокнисті;
- пористі.

4) за жорсткістю:

- напівжорсткі;
- жорсткі.

5) за густиною матеріалу:

- особливо низької густини;
- низької густини;
- середньої густини;
- високої густини.

6) за теплопровідністю:

- низької теплопровідності;
- середньої теплопровідності;
- завищеної теплопровідності.

7) за горючістю:

- негорючі;
- трудно горючі;
- горючі.

Найбільш розповсюдженими групами теплоізоляційних матеріалів, які використовуються у конструкціях сучасних фасадних систем, є: волокнисті утеплювачі на основі мінеральних та скляних волокон та утеплювачі з пористих органічних матеріалів та спіненого скла.

Аналіз сучасного ринку теплоізоляційних матеріалів для проведення термореновації зовнішнього огородження показав, що в 2020 році попит на

теплоізоляційні матеріали склав більше 30 млн. долл. (1,45 млн. м³ матеріалу), а у 2020 році – більше 48 млн. долл. (2,8 млн. м³ матеріалу),

На рисунку 1.8 приведена діаграма із вказаними відсотковими долями попиту на теплоізоляційні матеріали. З діаграми видно, що найбільший попит мають пінополістиролові теплоізоляційні матеріали.

Пінополістирол – цей утеплювач володіє рядом позитивних якостей: висока міцність при невеликій об’ємній вазі, низька теплопровідність, невисока ціна. Однак низька паропроникність пінополістиролу, а також горючість обмежує його використання у практиці утеплення фасадів. Головним чином, його можна використовувати, для утеплення стін малоповерхових будівель та споруд при виконанні цілого ряду умов. Головною з них є наявність у будівлі ефективної вентиляції, яка фактично відсутня на практиці нашого будівництва, або пошкоджена у процесі експлуатації будівлі. Без примусового повітряного обміну з навколишнім середовищем водяна пара, яка постійно виділяється у процесі життєдіяльності людини, заблокована пінополістиролом, буде накопичуватися та конденсуватися у огороджуючих конструкціях, призводячи до розвитку мікрофлори, порушенню конструкцій та погіршенню мікроклімату у приміщеннях. Це означає, що використання дешевого утеплювача потребує значного капіталовкладення в технологічне обладнання будинків та споруд.

Наступним теплоізоляційним матеріалом, які користуються великим попитом є мінераловатні теплоізоляційні матеріали. На рисунку 1.9 приведена діаграма із вказаними відсотковими долями попиту в залежності від марки мінераловатного виробу.

Український ринок волокнистої теплоізоляції для фасадних систем представлено взагалі продукцією таких крупних світових виробників, як Saint-Gobain Isover (поставки з Фінляндії, Росії, Польщі, Чехії), Grupo Uralita – виробни під торговою маркою URSA (поставки з Росії, Польщі, Угорщини), Paroc Group (поставки з Литви, Польщі), Rockwool (поставки з Польщі), Nobasil (поставки з Словаччини).

Найбільш відомі вітчизняні виробники плит: „Елмак” (торговельна марка „Стироград”), „Ізотех” (торговельна марка „Ізотех”), „Марбет” (Рогозов), „Авгур” (Луцьк), „Екотерм” (Рівненська область), „Стіролпак” (Горлівка). Вони випускають пінополістиролові плити за сучасною технологією, що забезпечує високий рівень якості матеріалів.

Вироби з екструзованих пінополістиролових плит на українському ринку представлені декількома крупними виробниками: Sirap Gema Insulation System S.A. (Бельгія) – торгова марка Isofoam, Gematerm; Babbl&Foam Indastris S.A. (Бельгія) – торгова марка Styrisol; Basf (Німеччина) – торгова марка Стіродур; Dow Chemical (поставки з Угорщини) – торгова марка Styrofoam; Ursa XPS (поставки з Німеччини та Італії); Izosam та PolPan (Туреччина); Fibran (Греція).

На українському ринку карбамідная теплоізоляція представлена виробами під торговими марками «Карбоізол», «Юніпор» та іншими матеріалами.

Високоєфективний утеплювач з пористого скла Foamglas виробництва бельгійської фірми Pittsburgh Corning Europe на українському ринку представляє фірма ТОВ «БАТ».

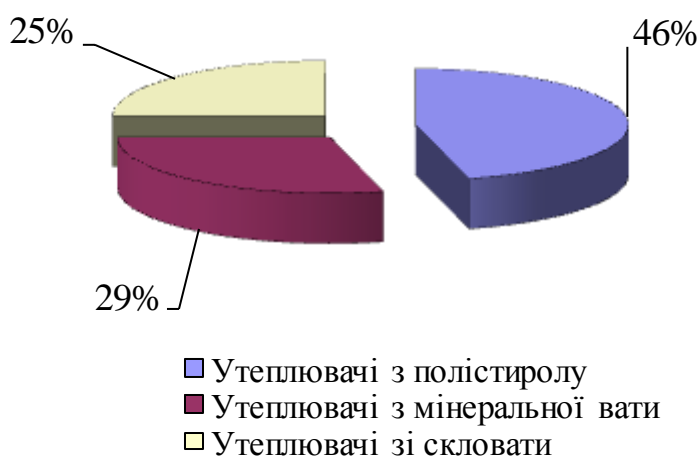


Рисунок 1.8 - Аналіз українського ринку теплоізоляційних матеріалів на 2020 році.

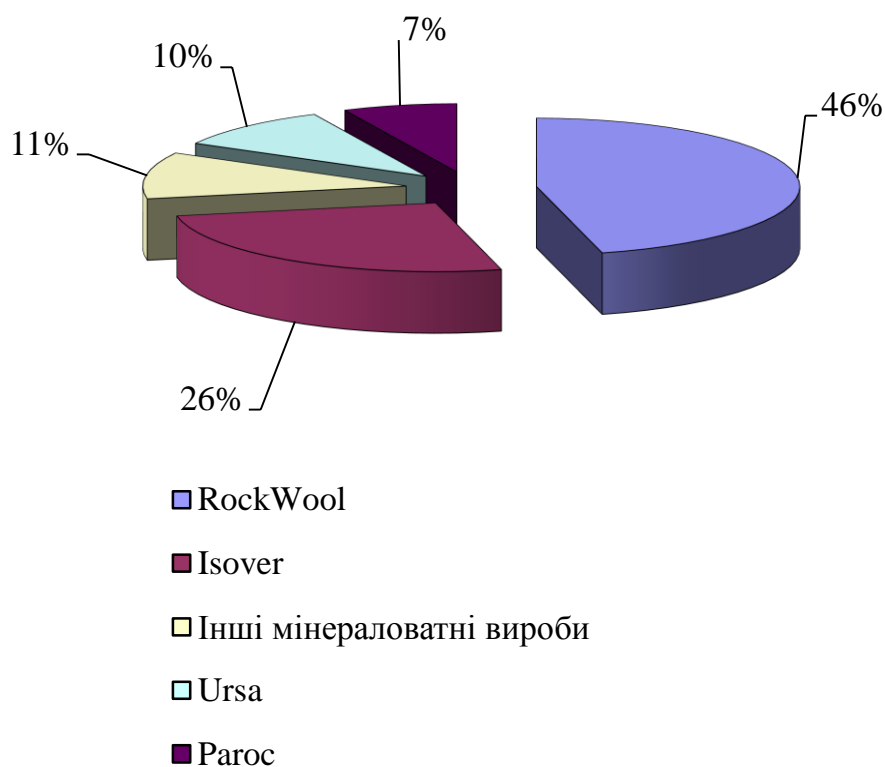


Рисунок 1.9 - Аналіз українського ринку теплоізоляційних мінераловатних матеріалів, стан на 2020 рік.

Імпортна продукція відрізняється від вітчизняної, більш широкою номенклатурою, яка налічує часом кілька десятків найменувань, що відрізняються розмірами, формами і щільністю (жорсткі, напівтверді, м'які). Такий широкий асортимент дозволяє охопити практично всю сферу застосування теплоізоляції: утеплення покрівель, мансард, перекриттів, фасадів стін, підлог, фундаментів, цоколів будівель житлового та громадського призначення, теплоізоляція трубопроводів, бойлерів, камінів і печей. Саме тому імпортна продукція користується попитом і активно використовується на вітчизняному будівельному ринку.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

2.1. Дослідження теплофізичних особливостей сучасних матеріалів для проектування огороджуючих конструкцій

Фасадні системи утеплення будівель і споруд є одним із найбільш ефективних конструктивних прийомів поліпшення теплоізоляційних характеристик огороджуючих конструкцій. Невід’ємною частиною будь-якої фасадної системи, яка в більшості визначає її довговічність та ефективність – є утеплювач. Для того щоб водночас зберегти повний тепловий та акустичний комфорт приміщення, необхідне утеплення огороджуючих конструкцій самим ефективним утеплювачем.

У даний час на вітчизняному ринку будівельних матеріалів пропонується широкий асортимент теплоізоляції. Вирішальну роль у виборі утеплювача відіграють фізико-механічні властивості матеріалів: теплопровідність, теплоізоляційні та звукоізоляційні властивості, повітропроникність, паропроникність, негорючість, гідрофобність, довговічність, стійкість до деформації, хімічна нейтральність, біологічна стійкість[18-20,24,35]..

Найбільш розповсюдженими групами теплоізоляційних матеріалів є: волокнисті утеплювачі на основі мінеральних та скляних волокон та утеплювачі з пористих органічних матеріалів та спіненого скла.

Волокнисті теплоізоляційні матеріали виготовляють з розплаву мінеральних порід або скломаси. В залежності від цього волокнисті утеплювачі поділяються на кам’яну вату та скловату. Для виробництва кам’яної вати використовуються гірські породи – базальт, діабаз, вапняк, доломіт та інші. Основними компонентами при виробництві скловати служать кварцовий пісок, доломіт та глинозем.

В якості сполучника при виробництві волокнистих утеплювачів взагалі використовують фенол спирти, відсоток яких коливається від 3 до 5% за масою, в залежності від потрібної міцності виробу. Структура волокон у виробках буває поздовжньою, вертикальною або змішаної орієнтації. Найбільш ефективна, з точки зору міцних та теплоізоляційних властивостей, змішана структура волокон, яка дозволяє підвищувати техніко-експлуатаційні параметри виробів при одночасному зниженні їх ваги.

Теплоізоляція на основі штапельного скляного та мінерального волокна характеризується низькою теплопровідністю, високою технологічністю, довговічністю, екологічною та пожежною безпекою, має хорошу водовідштовхуючу здатність та високу паропроникність (складає близько $0,32 \text{ мг} / (\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$), а також відмінні звукоізоляційні характеристики.

Вироби зберігають завдану міцність, геометричні розміри та високі функціональні якості на протязі всього періоду експлуатації. Важлива перевага волокнистих теплоізоляційних матеріалів – негорючість. При температурах до $+250^{\circ}\text{C}$ (температура, при котрій порушується сполучник) вироби зберігають міцні характеристики. Без сполучника мінеральна вата витримує температури до $+700^{\circ}\text{C}$. Вироби при пожежі не горять, не розповсюджують вогонь та захищають ізолюючу поверхню. Техніко-експлуатаційні характеристики мінеральної та скловолокнистої теплоізоляції відрізняються незначно, це обумовлено різноманітністю у сировині, яка використовується та у технологіях виготовлення.

Основним недоліком волокнистих теплоізоляційних матеріалів – втрата теплоізоляційних властивостей при збільшенні вологості повітря у його шарі, за рахунок побутової та атмосферної вологості. Підвищення вологості утеплювача веде до зростання теплопровідності та, відповідно, зниженню теплоізоляційних властивостей матеріалу. Тривалий вплив вологи на мінеральні плити призводить до усадки теплоізоляції, втрати міцності та теплоізоляційних властивостей, не дивлячись на обробку гідрофобізаторами. Крім того,

потрапляння вологи у фасадну систему призводить до корозії металевих кріплень та деталей конструкції.

До пористих органічних теплоізоляційних матеріалів відносяться плити з газонаповнених пластмас (пінопласти), які по виду смоли та полімеру, які використовувалися при виготовленні, поділяються на :

- полістирольні - зі спіненого полістиролу (з додаванням антипірену);
- полівінілхлоридні - з полівінілхлоридних смол;
- поліетиленові - зі спіненого поліетилену (використовуються як додатковий матеріал до традиційного утеплювача);
- карбамідні - зі спінених карбамідних смол.

У вітчизняній практиці будівництва для утеплення фасадів в основному використовуються пінополістиролові та пінополіуретанові утеплювачі. В останній час знайшли використання утеплювачі зі спінених карбамідних смол та спіненого поліетилену.

Пінополістиролові (ППС) плити використовують, в основному, для зовнішнього утеплення будинків висотою до трьох поверхів, для більш високих будинків в Україні дозволено використання пінополістиролові утеплювачі тільки в сертифікованих системах, наприклад у якості клейких речовин «Драйвіт», «Церезіт» та інші. Пінополістиролові плити відносяться до групи горючих матеріалів. Паропроникність – $0,05 \text{ мг / (м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$.

Утеплювачі з карбамідних смол рекомендовано використовувати у трьохшарових огорожуючих конструкціях. Матеріал характеризується низькою теплопровідністю та малою густиною, екологічний, технологічний.

Паропроникність – $0,231 \text{ мг / (м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$.

Екструзований пінополістирол (ЕППС) вважається одним з удосконалених модифікованих пінополістиролових утеплювачів, він виробляється методом екструзії з полістиролу. Процес екструзії полістиролу забезпечує отримання матеріалу із гомогенною структурою, котра характеризується відсутністю гранул та міжзернових пустот. Низькі показники водопоглинання по об'єму, теплопровідності, паропроникність та високі

показники міцності на стискання. Довговічність матеріалу за даними наукових дослідів складає не менше 50 років. Ізоляція з екструзованих пінополістиролових плит використовуються в основному для зовнішніх систем утеплення фасаду з послідуочим нанесенням шару штукатурки. Обов'язковою умовою будови зовнішньої теплоізоляції з пінополістиролових плит та з екструзованих пінополістиролових плит є організація у будинках та спорудах примусової приточно-витягувальної вентиляції для видалення надлишкової вологи та запобігати зволоженню огорожуючої конструкції.

Пористе скло. Високоефективний утеплювач з пористого скла Foamglas, на відміну від традиційних утеплювачів, закрита пориста структура Foamglas, виготовленого з алюмосилікатного скла спеціального складу, забезпечує повну водо- та паронепроникність (важливою умовою використання є побудова приточно-витягувальної вентиляції у приміщеннях). Завдяки цим якостям відпадає необхідність використання пароізоляційного шару та гарантована стабільність теплоізоляційних властивостей у процесі експлуатації. За своєю природою утеплювач відноситься до групи негорючих матеріалів, дозволяється у використанні в багатоповерховому будівництві без обмежень та має необмежений строк служби. Від стійкий до впливу кислот та запобігає появі корозії сусідських із ним матеріалів. Матеріал технологічний та екологічний, так як не вміщує, на відміну від інших утеплювачів, фенолвміщуючих сполучників, нетоксичний при впливі високих температур.

Технічна характеристика матеріалу дозволяє використовувати його для будь-яких систем утеплення фасадів: вентильованих, під штукатурення.

2.1.1 Теплоізоляційний матеріал ROCKWOOL

Позитивна якість мінераловатних плит ROCKWOOL є можливість суміщення теплоізоляційних та звукоізоляційних властивостей із протипожежним захистом. Вироби з мінвати ROCKWOOL негорючі та їх

використання у конструкціях підвищують пожежну безпеку. Має високу температуру плавлення, до 1000 °C[17,20]..

Мінераловатні вироби ROCKWOOL є натуральними неорганічними теплоізоляційними матеріалами, які отримуються в результаті плавки мінеральних порід (головним чином базальту), та мають наступні властивості:

- біологічна стійкість - при експлуатації виробів не створюються умови для розвитку мікроорганізмів, немає ризику гниття та знищення комахами, тощо;

- хімічна нейтральність – не впливають на інші будівні матеріали та не чуттєві до їхнього впливу;

- негорючість – є перешкодою для вогню під час пожежі та його поширення;

- довговічність – незначна втрата власних первинних властивостей за нормативний період експлуатації;

- паропроникність – в конструкціях, ізольованих мінераловатними виробами ROCKWOOL по конструктивним рішенням, не збирається вологість, що забезпечує нормативний строк їх експлуатації;

- служить відмінним ізолюванням від шуму.

Вироби ROCKWOOL сертифіковані на Україні, витримали комплекс випробувань в провідних українських випробувальних центрах – НДІ пожежної безпеки МВС України, НДІБК, Державному інституті гігієни.

Концерн ROCKWOOL пропонує великий вибір матеріалів для термореконструкції будівель та споруд.

FASROCK, FASROCK - L - використовуються у системі утеплення з послідовним штукатурним оздобленням.

SUPERROCK, ROCKMUR - використовуються у системі утеплення з послідовним штукатурним оздобленням.

SUPERROCK, WENTIROCK, PANELROCK – використовуються у системі утеплення з повітряним шаром, так звані „вентильовані фасади”.

Технічні характеристики виробів ROCKWOOL наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики теплоізоляційного матеріалу
ROCKWOOL

Характеристика	FASROCK	FASROCK-L	SUPERROCK	ROCKMUR	WENTIROCK	PANELROCK
Ширина, мм	500 600	500 600	500 600	500 600	500 600	500 600
Довжина, мм	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Товщина, мм	60 80 100	60 80 100	80 100 120	60 80 100 120	60 80 100	100
Теплопровідність, $\lambda_{роз}$, Вт / м · °С	0,039	0,039	0,035	0,041	0,037	0,037
Міцність на відрив шарів (перпендикулярно поверхні), кПа	> 15	> 100	-	-	-	-
Міцність на стискання при 10% деформації, кПа	> 40	> 40	-	-	-	-
Горючість	негорюче	негорюче	негорюче	негорюче	негорюче	негорюче
Об'ємна вага, кг / м ³	-	-	-	-	100	70
Вартість за 1м ² товщ. 100мм, грн.	76,99	55,9	26,18	23,15	30,0	24,4

За таблицею 2.2 виконується вибір товщини матеріалу для утеплення, який залежить від типу огорожуючих конструкцій та від температурної зони де проводяться монтажні-будівельні роботи. Районування України за температурними зонами наведено у додатку В.

Таблиця 2.2 – Вибір товщини утеплювача ROCKWOOL

Температурна зона України	Тип огорожуючих конструкцій	Тип плит утеплення «ROCKWOOL»	Товщина плит утеплення, мм
1	2	3	4
I зона	цегляна стіна товщиною 380 мм	FASROCK FASROCK-L SUPERROCK ROCKMUR PANELROCK	100 100 100, 120 120 100
	- цегляна стіна товщиною 510 мм - керамзитобетонні панелі товщиною 320 мм ($\rho=1200 \text{ кг/м}^3$) - блоки пористого бетону товщиною 250 мм ($\rho=800 \text{ кг/м}^3$)	FASROCK FASROCK-L ROCKMUR WENTIROCK	80 80 80, 100 80, 100
II зона	цегляна стіна товщиною 380 мм	FASROCK FASROCK-L SUPERROCK	100 100 100
	- цегляна стіна товщиною 510 мм - керамзитобетонні панелі товщиною 320 мм ($\rho=1200 \text{ кг/м}^3$) - блоки пористого бетону товщиною 250 мм ($\rho=800 \text{ кг/м}^3$)	FASROCK FASROCK-L ROCKMUR WENTIROCK	80 80 80 80
III зона	цегляна стіна товщиною 380 мм	FASROCK FASROCK-L SUPERROCK	80 80 80
	- цегляна стіна товщиною 510 мм - керамзитобетонні панелі товщиною 320 мм ($\rho=1200 \text{ кг/м}^3$) - блоки пористого бетону товщиною 250 мм ($\rho=800 \text{ кг/м}^3$)	FASROCK FASROCK-L ROCKMUR WENTIROCK	60 60 60 60
IV зона	цегляна стіна товщиною 380 мм	FASROCK FASROCK-L SUPERROCK	80 80 80
	- цегляна стіна товщиною 510 мм - керамзитобетонні панелі товщиною 320 мм ($\rho=1200 \text{ кг/м}^3$) - блоки пористого бетону товщиною 250 мм ($\rho=800 \text{ кг/м}^3$)	FASROCK FASROCK-L ROCKMUR WENTIROCK	60 60 60 60

2.1.2 Теплоізоляція на основі кам'яної вати PAROC

Теплоізоляція PAROC – це негорючий будівний матеріал, який має високу температуру плавлення, понад 1000 °С, відповідно при використанні вати PAROC із штукатурним оздобленням можна забезпечити виконання фасаду із максимальним ступенем вогнестійкості. Відноситься до типу матеріалів із відкритими порами і для неї характерна висока паропроникність, також забезпечує ефективну звукоізоляцію[17,20,35]..

Мають наступні властивості:

- біологічна стійкість - кам'яна вата PAROC є несприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів;
- вогнестійкість – не тільки не створює додаткового пожежного навантаження, але й ефективно перешкоджає розповсюдженню вогню;
- стійкість до впливу лужного середовища – важливо для сумісного використання даного матеріалу із цементними та вапняковими розчинами при оздобленні штукатурних фасадів;
- довговічність – зберігає свої теплоізоляційні властивості на протязі всього строку експлуатації будинків та споруд;
- хімічна стійкість – не схильний до впливу органічних мастил, розчинів та лугів, а також не вміщує компонентів чи хімікатів;
- не абсорбує та не накопляє вологу у капілярах, забезпечуючи її швидке випаровуванню, що впливає на формування здорового мікроклімату в приміщеннях;
- служить відмінним ізолюванням від шуму.

Для систем зовнішнього утеплення з наступним штукатурним оздобленням, використовуються наступні види утеплювачу:

PAROC FAL 1 – жорстка негорюча ламель із кам'яної вати з високими теплоізоляційними характеристиками. Ламель не змінює лінійні розміри під

впливом температурних коливань та не накопичує вологу. Стійка до впливу лужного середовища.

Технічні характеристики наведені у таблиці 2.3.

Призначення та використання: використовується в легких штукатурних системах у якості теплоізоляційного несучого шару. Завдяки значній міцності на відрив припустима відсутність механічної фіксації.

PAROC FAS 1 – жорстка негорюча плита із кам'яної вати з високими теплоізоляційними характеристиками. Плита не змінює лінійні розміри під впливом температурних коливань та не накопичує вологу. Стійка до впливу лужного середовища.

Технічні характеристики наведені у таблиці 2.3.

Призначення та використання: використовується у штукатурних системах з важкою штукатуркою. Кріпиться до підтримуючої конструкції маркірованою стороною до середини у відповідності із інструкцією використання штукатурних систем.

PAROC FAS 4 – жорстка негорюча плита із кам'яної вати з високими теплоізоляційними характеристиками. Плита не змінює лінійні розміри під впливом температурних коливань та не накопичує вологу. Стійка до впливу лужного середовища.

Технічні характеристики наведені у таблиці 2.3.

Призначення та використання: плита для ізоляції в легких штукатурних системах. Використовуються у якості верхнього або єдиного шару для різноманітних штукатурних систем. Кріпиться до підтримуючої конструкції маркірованою стороною до середини у відповідності із інструкцією використання штукатурних систем.

PAROC eXtra (PAROC UNS 37) – еластична, універсальна, не схильна до зсідання, негорюча плита із кам'яної вати. Має високі теплоізоляційні характеристики. Легко встановлюється до конструкції.

Технічні характеристики наведені у таблиці 2.3.

Призначення та використання: універсальний теплоізоляційний матеріал. Використовується як перший, (внутрішній) шар при двошаровому виконанні ізоляції в фасадних системах із повітряним шаром.

PAROC WAS 35 (t) – напівжорстка негорюча плита із кам'яної вати з високими теплоізоляційними характеристиками.

Технічні характеристики наведені у таблиці 2.3.

Призначення та використання: основний теплоізоляційний шар в системах утеплення з повітряним шаром зовнішніх стін будівель.

PAROC WAS 45 (t) – напівжорстка негорюча плита із кам'яної вати з високими теплоізоляційними характеристиками.

Технічні характеристики наведені у таблиці 2.3.

Призначення та використання: основний теплоізоляційний шар в системах утеплення з повітряним шаром зовнішніх стін будівель.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики теплоізоляційного матеріалу PAROC

Характеристика	PAROC FAL 1	PAROC FAS 1	PAROC FAS 4	PAROC eXtra (PAROC UNS 37)	PAROC WAS 35 (t)	PAROC WAS 45 (t)
1	2	3	4	5	6	7
Ширина, мм	200	600	600	565 (600)	600	600
Довжина, мм	1 200	1 200	1 200	1 320 (1 200)	1 200	1 200
Товщина, мм	50 - 200	30 - 160	40 - 140	50 – 200 (50, 100)	30 - 120	50 – 180
Теплопровідність , при 10 ⁰ С, λ ₁₀ , Вт / м · К	0,039	0,034	0,036	0,0355	0,032	0,034
Теплопровідність А, λ _А , Вт / м · К	0,043	0,040	0,041	0,0443	0,040	0,041

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7
Теплопровідність Б, λ_B , Вт / м · К	0,047	0,043	0,044	0,046	0,043	0,044
Міцність на відрив шарів (перпендикулярне поверхні), кПа	80	5	15	-	-	-
Міцність на стискання при 10% деформації, кПа	≥ 50	≥ 6	≥ 40	-	-	-
Горючість	негорюче	негорюче	негорюче	негорюче	негорюче	негорюче
Повітря-проникність, $m^2 / c Pa$	-	$40 \cdot 10^{-6}$	$25 \cdot 10^{-6}$	$120 \cdot 10^{-6}$	$35 \cdot 10^{-6}$	$45 \cdot 10^{-6}$
Об'ємна вага, кг / м ³	70 - 80	70 - 90	140 - 145	27 - 33	70 - 80	55
Вартість за 1 м ² товщиною 100мм, €	11,50	-	13,50	4,50	10,86	8,0

2.1.3 Теплоізоляційні матеріали NOBASI

NOBASIL FKD - плита з мінеральної вати для утеплення фасадів мокрим методом. Плита виготовляється з мінеральної вати, зв'язаною синтетичною смолою з підвищеною гідрофобізацією у повному перерізі[20,24,35]..

Використання: Плита NOBASIL FKD призначена для теплової, звукової та протипожежної ізоляції зовнішніх стін з зовнішньої сторони з послідуочим штукатурним оздоблення по армованій склосітці. Розрахункова температура зовнішнього повітря від $-70^{\circ}C$ до $+60^{\circ}C$.

Застосування теплоізоляційних матеріалів призводить до економії основних будівельних матеріалів (цементу, металу, деревини, кераміки), до зменшення товщини і маси стін і інших захисних конструкцій, скорочення витрат праці, транспортних витрат і, врешті, до зниження вартості будівництва. Крім того, використання їх скорочує втрати тепла і витрати палива на опалювання будівель і технологічні процеси.

Характеристика:

- стійка проти лужного середовища, не підвищує корозійну агресивність зовнішнього середовища при доторканні з металевими матеріалами;
- відрізняється стабільністю об'єму та форми, мінімальними температурними деформаціями, довговічністю;
- відрізняється великою міцністю на відрив шарів (розслоювання), статично несуча, закріплюється за допомогою клею та механічного кріплення;
- плита дифузійна з підвищеною полімеризацією;
- виготовляються з великою точністю розмірів, що дозволяє укласти плити на фасаді з більшою щільністю;
- під час транспортування, складування та монтажу плита потребує захисту від атмосферних впливів.

Технічні характеристики наведені у таблиці 2.4.

NOBASIL FKL – фасадна ламель виготовляється з плити NOBASIL випилюванням на ламелі з перпендикулярно орієнтованими волокнами, з підвищеною гідрофобізацією.

Використання: Ламель NOBASIL FKL призначена для теплової, звукової та протипожежної ізоляції зовнішніх стін з зовнішньої сторони з послідуєчим штукатурним оздобленням по армованій склосітці. Розрахункова температура зовнішнього повітря від -70°C до $+60^{\circ}\text{C}$. На відміну від плити NOBASIL FKD ламель FKL відрізняється більш низькою щільністю та у кілька разів більшою міцністю на відрив шару.

Характеристики:

- відрізняється великою міцністю на відрив шарів (розслоювання), статично несуча, закріплюється за допомогою клею та механічного кріплення;
- стійка проти лужного середовища, не підвищує корозійну агресивність зовнішнього середовища при доторканні з металевими матеріалами;
- відрізняється стабільністю об'єму та форми, з мінімальним лінійним та тепловим розширенням, довговічністю, стійкістю до впливу плесні та гризунів;
- плита дифузійна з підвищеною полімеризацією;
- виготовляються з великою точністю розмірів, що дозволяє укласти плити на фасаді з більшою щільністю.

Технічні характеристики наведені у таблиці 2.4.

NOBASIL LF – плита з мінеральної вати для утеплення вентиляованого фасаду.

Використання: використовується у якості теплоізоляційного шару у фасадних системах з повітряним шаром, а також як верхній (зовнішній) шар при двошаровому виконанні теплоізоляції в фасадних системах з повітряним шаром.

Характеристики:

- відрізняється високою стабільністю об'єму та форми при зміні температур;
- негорючість – підвищують пасивну безпеку будинку;
- біологічна стабільність;
- хімічна нейтральність;
- гідрофобізація у повному перерізі;
- стійкість до впливу мікроорганізмів та гризунів;
- дифузійні властивості – повітропроникність, паропроникність;
- акустичні властивості – поглинання звукової та шумової енергії;
- під час транспортування, складування та монтажу плита потребує захисту від атмосферних впливів.

Технічні характеристики наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики теплоізоляційного матеріалу NOBASIL

Характеристика	NOBASIL FKD	NOBASIL FKL	NOBASIL LF
Ширина, мм	500, 600	180, 200	500, 600
Довжина, мм	1 000	1 000, 1 200	1 000
Товщина, мм	20 - 160	40 - 250	40 – 180
Теплопровідність, при 10 °С, λ_{10} , Вт / м · К	0,0355	0,039	0,034
Теплопровідність А, λ_A , Вт / м К	-	0,040	0,041
Теплопровідність Б, λ_B , Вт / м К	-	0,043	0,044
Міцність на відрив шарів (перпендикулярно поверхні), кПа	15	100	3
Міцність на стискання при 10% деформації, кПа	40	60	4
Горючість	негорюче	негорюче	негорюче
Повітряпроникність, м ² / с Па	-	40 · 10 ⁻⁶	45 · 10 ⁻⁶
Об'ємна вага, кг / м ³	150, 140	85	75
Вартість за 1 м ² товщиною 160мм, \$.	27,03	21,37	6,53

2.1.4 Теплоізоляційні матеріали ISOVER

Теплоізоляційні матеріали Saint-Gobain Isover виконують роль відмінної ізоляції, яка зберігає тепло у зимовий час та захищає від спеки улітку; протипожежну безпеку; ефекти „дихаючих стін”, так як завдяки високому паропроникненню теплоізоляційних матеріалів ISOVER, надлишкова вологість не затримується у приміщені; хорошого акустичного ізоляційного матеріалу. Ці матеріали екологічно чисті, в наслідок чого створюють необхідний мікроклімат у приміщеннях[23,24,35]..

На всю продукцію ISOVER, яка поставляється на Україну, є санітарно-гігієнічні висновки Міністерства охорони здоров'я України.

Властивості теплоізоляційних матеріалів ISOVER:

– хімічна стійкість – завдяки антигнільним властивостям і відсутності запаху, ізоляція ISOVER перешкоджає виникненню паразитів. Як неорганічний і хімічно нейтральний матеріал, він не вміщує кородуючих речовин;

– при намоканні швидко висихає, навіть в умовах відносної вологості 90% її якості не змінюються;

– негорючий будівний матеріал.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики теплоізоляційного матеріалу ISOVER для систем утеплення з повітряним шаром

Характеристика	KT 40-TWIN	KT 37	KL 37	KL 35	KL 34	SKL-M	OL-E	OL-P	RKL	VKL
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ширина, мм	1220	565	610	610	610	1200	600	600	1200	1200
Довжина, м	14/7	1,11/ 4,2	1,17	0,87/ 1,17	1,17	1,6	1,2 / 1,5	1,2	1,8	2,7
Товщина, мм	50 75 100	50 75 100 125 150	50 100	50 100	50 100	50 80 100 120 150	50 70 100 120 140 150 160 180	30 50 70 80 100 120 140 150	30 45	13

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Теплопровідність, при 10 °С, λ_{10} , Вт / м · К	0,040	0,037	0,037	0,035	0,034	0,033	0,033	0,033	0,029	0,032
Теплопровідність А, λ_A , Вт / м · К	0,045	0,042	0,042	0,040	0,039	0,036	0,036	0,037	0,035	0,036
Теплопровідність Б, λ_B , Вт / м · К	0,047	0,044	0,044	0,042	0,041	0,040	0,040	0,041	0,040	0,040
Міцність на стискання при 10% деформації, кПа						5	10	40	-	
Горючість	НГ	НГ	НГ	НГ	НГ	НГ	НГ	НГ	НГ	НГ
Об'ємна вага, кг / м ³						0	6-50	5- 90	0- 70	30
Вартість за 1 м ² товщиною 50мм, грн.	6,64		5,2		0,0	8,0	5,50	0,0		

Для того, щоб ефект від застосування теплоізоляційних матеріалів був максимальним, необхідно грамотно підбирати матеріали для утеплення тих чи інших конструкцій, а також слідувати рекомендаціям з монтажу, які пропонують виробники теплоізоляції.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики теплоізоляційного матеріалу ISOVER для систем штукатурного утеплення

Характеристика	OL-E	OL-A	OL-P
Ширина, мм	600	600	600
Довжина, м	1,2 / 1,5	1,2	1,2
Товщина, мм	50 70 100 120 140 150 160 180	20 30 50	30 50 70 80 100 120 140 150
Теплопровідність, при 10 °С, λ_{10} , Вт / м · К	0,033	0,033	0,033
Теплопровідність А, λ_A , Вт / м · К	0,036	0,037	0,037
Теплопровідність Б, λ_B , Вт / м · К	0,040	0,041	0,041
Міцність на стискання при 10% деформації, кПа	10	10 / 15	40
Горючість	НГ	Г1	НГ
Об'ємна вага, кг / м ³	46 - 50	-	75 - 90
Вартість за 1 м ² товщиною 50мм, грн.	46,0	-	53,27

2.1.5 Теплоізоляційний матеріал STYROFOAM

Система зовнішнього утеплення фасадів дозволяє виконати суцільний теплоізоляційний шар по всьому зовнішньому контуру будинку. Ефективний утеплювач STYROFOAM ІВ-А надійно ізолює «містки холоду», а висока міцність плит надає можливість використовувати у цокольній частині будинку

систему фасадного штукатурення без улаштування додаткового захисного шару від випадкових механічних ушкоджень[20,24]..

Спеціальна шорстка поверхня утеплювача STYROFOAM IB-A забезпечує максимально надійне з'єднання із фасадною штукатуркою.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики ізоляційних плит STYROFOAM IB-A

Властивості	Одиниці виміру	Показники
Ширина	мм	600
Довжина	мм	1 250 / 2 500
Товщина	мм	20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100, (120)
Максимальна робоча температура	°C	+ 75
Теплопровідність, $\lambda_{роз}$,	Вт / м °C	0,031
Теплопровідність А, λ_A ,	Вт / м °C	0,034
Теплопровідність Б, λ_B ,	Вт / м °C	0,037
Міцність на стискання при 10% деформації	кПа	250
Група горючості		Г1
Об'ємна вага,	кг / м ³	32
Вартість за 1 м ² товщиною 50мм,	грн.	17,28

STYROFOAM IB-A – ізоляційні плити на основі екструдованого пінополістиролу, які розроблені компанією DOW. Завдяки технології екструзії, плити мають однорідну структуру із герметичними комірками. Саме структура надає матеріалу унікальний ряд переваг:

- низька теплопровідність протягом довгого часу;
- механічна міцність;
- відсутність капілярності;

- практично нульове водопоглинання;
- стійкість до циклів заморожування – відтавання;
- підтверджена довговічність.

Властивості матеріалу:

- хімічна стійкість – можуть бути пошкоджені органічними розчинами;
- атмосферні умови та прямі дії сонячного світла негативно впливають на плити;
- плити містять добавки для гасіння вогню, які запобігають випадковому заpalенню під впливом невеликого полум'я. Однак плити виготовлені з горючого матеріалу, і при наявності поруч з ними великої пожежі вони можуть швидко зайнятися.

2.1.6 Теплоізоляційний матеріал із карбамідної смоли

В умовах постійного зростання цін на опалення приміщень, необхідно вдаватися до заходів, що дозволяють економити зменшувати тепловтрати за рахунок додаткового утеплення будинку.

В якості теплоізоляційних матеріалів можуть використовуватися пінопласт, скловата і піноізол. Найбільш універсальний і має низку переваг утеплювач піноізол або модифікований пінопласт, який може застосовуватися для теплоізоляції різних конструкцій будинку, споруд промислового і сільськогосподарського призначення[14,24]..

Зокрема, «ЮНИПОР» - це газонаповнений пластик, який характеризується малою густиною, а також високими теплоізоляційними, звукоізоляційними та електроізоляційними властивостями. Він є екологічно чистим матеріалом, стійким до впливу більшості агресивних середовищ, органічних розчинників, грибків, мікроорганізмів, гризунів. Не горить та не підтримує горіння, не утворює розплавів, характеризується малим димоутворенням, не виділяє токсичних речовин. Ізоляційні властивості

«Юніпора» такі, що плита товщиною 50 мм, виготовлена із цього матеріалу, за теплопровідністю відповідає 900 ... 1000 мм цегляної кладки. Діапазон температур для використання від -50°C до $+120^{\circ}\text{C}$.

Призначення та використання: використовують як ізоляційний матеріал при проведенні капітального ремонту житлових та громадських будинків.

Юніпор прекрасний теплоізоляційний матеріал, знайшов широке застосування і за кордоном, маючи різні торгові назви, різну щільність і фізико-механічні властивості. Так в Англії юніпор має назву флотофаум (фірма «Вармаль ЛТД»), у Японії - іпорка, Німеччині - амінотерм, Чехії - мофотерм, Швейцарії - ізошаум, Данії - інсульспрей, Франції - ізолеж, Канаді - інсулспрей.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики «ЮНИПОРА»

Властивості	Одиниці виміру	Показники
Ширина	мм	600
Довжина	мм	1200
Товщина	мм	50, 80, 100, 120
Максимальна робоча температура	$^{\circ}\text{C}$	+ 120
Теплопровідність, $\lambda_{\text{розр}}$	Вт / м*К	0,035 – 0,047
Міцність на стискання при 10% деформації	кПа	3 - 25
Група займання		не нижче В-2
Група горючості		не нижче Г-2
Об'ємна вага,	кг / м ³	8 - 35
Вартість	грн. за 1 м ³	до 100

2.2 Дослідження ефективних організаційно-технологічних рішень виконання теплоізоляційних робіт.

Ізоляцію можна змонтувати на зовнішній стіні різними способами в залежності від вибраного технічного рішення, вимог по конструкції стіни та зовнішнього виду оздоблення по замовленню власника будівлі. До основних методів кріплення ізоляції відносяться приклеювання, механічне кріплення або сумісне використання обох методів[4,15,24,35]..

2.2.1 Системи скріпленої теплоізоляції з оздобленням штукатуркою

Системи скріпленої теплоізоляції з наступним оздобленням штукатуркою вперше були застосовані в Західній Німеччині в 1957 р.

Для фасадів із штукатурним оздобленням характерна традиційна безшовна зовнішня поверхня. Фасади із штукатурним оздобленням також формують ефективний та постійно діючий кліматичний екран, коли фасад виконано на основі правильно вибраного рішення по теплоізоляції. Сучасна технологія передбачає сумісність різних дизайнерських рішень із новітніми технічними досягненнями[1,4,13,19]..

Системи утеплення з наступним оздобленням штукатуркою мають таку будову: стіна – теплоізоляція – армуюча скловолокна сітка – ґрунтовка – штукатурка (шпаклівка) – фарба.

Недоліки:

- залежність фасадних робіт від погоди. Крім того, що штукатурні роботи неможливі в холодну пору року, так само не радять їх використовувати в 30-градусну спеку, при сильному вітрі чи в зливу. Також оштукатурений фасад потрібно закривати від дощу й прямих сонячних променів спеціальними сітками чи тентами, поки він не просохне;

- сфера застосування – житлові будинки, особливо індивідуальні. Це зумовлене не тільки стилістичними відмінностями фасадів житлових будинків від фасадів громадських споруд, а й обмеженістю забудовників у коштах;

- необхідна фізична й хімічна сумісність між собою матеріалів утеплення та клейових чи фарбуючих сумішей.

Специфіка штукатурного методу утеплення фасадів полягає у тому, що для цього застосовуються різнорідні матеріали, які перебувають між собою в тісному фізико-хімічному контакті. З огляду на це фізична й хімічна сумісність між собою матеріалів, що застосовуються для утеплення фасаду штукатурним способом, набуває першочергового значення. Тому провідні фахівці в галузі будівельної хімії наголошують на необхідності системного підходу при виборі

матеріалів для утеплення й штукатурення фасаду. Відтак кожний серйозний виробник будівельної хімії розробив системи утеплення фасадів на базі своїх матеріалів.

Серед запропонованих будівельно-технологічних рішень важно вибрати найбільш доцільну систему утеплення будинків визначеного конструктивного рішення для визначених кліматичних умов. При цьому необхідно оцінити її показники: опору теплопередачі конструкцій з умов енергозбереження, економічну ефективність використання, протипожежну безпеку, архітектурну виразність, стійкість до погодних умов.

Контактні системи утеплення фасадів поділяють на два види – „легкі” та „важкі”. Перші передбачають жорстке закріплення теплоізоляційного шару на стіні спеціальним клеєм і тонкий шар штукатурки (10 – 15 мм). „Важкі” системи передбачають кріплення теплоізоляції рухомими (маятниковими) сталевими елементами і товстий шар штукатурки (20 – 30 мм).

Найбільшою популярністю у будівників користуються, так звані „легкі”, тонко-штукатурні системи утеплення. У цій системі теплоізоляційний шар системи є несучим, плита безпосередньо тримає на собі шар штукатурки та бере на себе усі навантаження та впливи, які діють на систему у процесі експлуатації. Устрій цієї системи полягає у приклеюванні плит до підготовленої поверхні підоснови клеєвої суміші, додатковому кріпленні цих плит закріплюючими елементами, нанесенні на поверхню плит утеплюючої суміші з утоплюванням в неї армуючої склосітки, нанесенні захисної оздоблювальної суміші з послідуочим викрашуванням паро-проникаючою фасадною фарбою у відповідності із кольоровим рішенням фасаду. Кількість закріплюючих елементів на 1 м² системи 4 – 8 шт., у залежності від вітрового навантаження.

Метод «легкий мокрий». Використовується «легкий мокрий» метод для утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій у термореконструюючих будинків. Метод є ефективним, сучасним та універсальним технічним рішенням. При виборі типу фасадних плит, слід звернути увагу на тип матеріалу, а також на якість виконання підоснови - зовнішньої огорожуючої

конструкції. Це дозволить правильно підібрати матеріал, уникнути помилок та надмірних фінансових затрат у майбутньому. Метод „легкий мокрий” використовується для утеплення стін з бетону, керамічної, силікатної чи глиняної цегли. У якості утеплювача рекомендовано застосовувати як мінераловатну (базальтову чи скловолкну), так і пінополістирольну теплоізоляцію чи теплоізоляцію з стільникового скла.

Метод «легкий сухий». Використовується «легкий сухий» метод для утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій у термореконструюючих будинків. На відміну від методу „легкий мокрий” потребує додаткового каркасу. Каркас може бути виконаний із дерев’яних або металевих елементів. У підготовчих роботах при технології методу „легкий сухий” перевірка підоснови не є суттєвою. Кріплення каркасу та плит відбувається безпосередньо до стіни за допомогою механічних з’єднувачів. У зв’язку із цим очищення підоснови від пилу та бруду не потрібне. Утеплюючи стіну „легким сухим” методом, слід звернути увагу на необхідне покриття каркасу (якщо використовується дерев’яний каркас) просочувальним розчином від комах та вологи. При використанні методу „легкий сухий” треба використовувати такі утеплювачі як Superrock, Panelrock та Wentirock торгової марки ROCKWOOL.

«Важка» штукатурна система, де теплоізоляційний шар системи не є несучим або бере на себе навантаження стискання, а всі інші навантаження та впливи, діючі на систему у процесі експлуатації, приймає армуюча сітка з оцинкованої сталі та анкерною системою. При устрої цієї системи немає потреби у детальній підготовці поверхні, дефекти стін вирівнюються за рахунок товщині штукатурки, яка складає 30 – 40 мм.

При проектуванні теплоізоляційної оболонки будинків та споруд штукатурною системою слід ґрунтуватися на наступних принципах:

- кожний послідуєчий від основи шар повинен мати більш високу паропроникність та більш низьку теплопровідність;
- усі компоненти системи повинні бути хімічно сумісними;

– кожний послідуєчий від основи шар повинен мати більш високу гідрофобність.

2.2.2 Навісні фасадні системи з повітряним шаром

Вже понад десяти років на ринку будівельних технологій використовуються навісні фасадні системи з повітряним шаром, так звані «вентильовані фасади» (НВФ), які складаються з теплоізоляційного покриття стіни і зовнішньої навісної конструкції. Такі фасади дозволяють реалізувати сміливі задуми архітекторів, вирішувати практично будь-які задачі реконструкції старих будівель та споруд в різних кліматичних зонах.

Переваги вентфасадів обумовлені їх конструкцією: на каркас, що кріпиться до несучих конструкцій будівлі, навішуються плити мінерального утеплювача, захищеного з зовнішнього боку вітроводозахисною мембраною, а зовні навішуються панелі облицьовуючого матеріалу так, щоб між ним і утеплювачем зберігалася вентиляційна щілина. Щілина сприяє видаленню вологи, яка накопичується в утеплювачі внаслідок температурної конденсації і проникнення з приміщення через стіни[11,20,23,35]..

До того ж вентильований фасад дає змогу «дихати» стінам і вирішує проблему вологообміну в „закупорених” металопластиковими вікнами приміщення, сприяючи виходу надлишкової вологи через стіни. Для того, щоб система „дихала”, в якості утеплювача використовуються тільки мінвата (базальтова або скловолокна), а в якості вібробар’єру – тільки мембрани, тобто матеріали з високими паропропускними властивостями.

Система вентильованих фасадів складається з трьох основних компонентів – системи кріплення (її також називають підконструкцією), теплоізоляційних панелей і елементів облицьовання.

В забезпеченні надійності навісних фасадних систем значну роль відіграє підконструкція, яку виготовляють з металевих профілів, які з’єднуються між собою механічними кріпленнями: гвинтами, заклепками чи болтами.

Підконструкція, за допомогою якої закріплюються елементи облицювання, виготовляється зазвичай з алюмінію, нержавіючої чи оцинкованої сталі, зрідка - дерева. Дерев'яний профіль може використовуватися при облицюванні малоповерхових індивідуальних будинків. Вибір матеріалу підконструкції залежить від матеріалу, використаного для облицювання. Наприклад, якщо фасад вирішено облицювати алюмінієвими матеріалами, то система кріплення обов'язково повинна бути теж алюмінієвою, бо зі сталлю алюміній утворює гальванічну пару, що стимулює прискорення корозії. «Якщо для кріплення алюмінієвої фасадної системи застосовували оцинкованого металу, то гарантію на такий фасад можна дати не більш ніж на 7 років», - говорить директор з маркетингу фірми «ІВТ» Дмитро Синюков [7] - «Фасадні системи». Тематичний рекламно-інформаційний додаток до журналу «БудМайстер», «Вентильовані фасади наступають».

Критерії вибору утеплювачів для навісних вентильованих фасадів.

1) Архітектурно-будівельні особливості:

- форма та висота будівлі;
- застосування (відсоток застосування та ширина простінків);
- форма утеплюючої поверхні (пласка чи криволінійна);
- якість утеплюючої поверхні (відхилення від плоскості, наявність випуклостей чи швів);
- ступень огнестійкості будинку чи споруди, клас відповідальності будівлі чи споруди;
- режим вологості приміщення (сухий, нормальний, вологий чи мокрий).

2) Кліматичний вплив:

- розрахункові температури;
- вітровий вплив.

3) Зовнішні навантаження – зведені до мінімуму. Зовнішні сили до утеплювача в умовах експлуатації не прикладені.

Стискування та пружність утеплювача визначають якість його спряження із поверхнею стіни. В цьому сенсі, критерії стискування та пружності представляються найбільш значущими. Особливо для несучих частин стін, виконаних з цегли та блоків, а також міст спряження із різними конструктивними елементами, наприклад з кронштейнами. При використанні жорстких утеплювачів з низькою пружністю (низьким поверненням геометричних розмірів) наявність швів, уступів, випуклостей може стати критичним.

Немаловажне значення, з точки зору збереження теплозахисних властивостей у часі - здатність не змінювати стабільних геометричних розмірів та форми.

Криволінійні в плані поверхні зовнішніх стін або їх ділянок, переходи поверхонь по утворюючій форми визначають механічні критерії – міцність на розтяг та стискання, гнучкість утеплювача.

- Розмаїття облицюваних елементів вентфасадів значно великий. Для облицювання використовуються:
- алюмінієві композитні матеріали;
- алюмінієві листові матеріали;
- скляні конструкції з алюмінієвим каркасом;
- дрібноштучні фасадні плити високомарочного бетону;
- фіброцементні плити;
- оцинкована сталь – фарбована чи з кам'яною посипкою;
- керамічна плитка;
- натуральний камінь;
- сталеві касети;
- сталеві панелі;
- сталевий сайдинг;
- вініловий сайдинг.

Найбільшого поширення в нашій країні набули дрібноштучні фасадні плити з високомарочного бетону. Виробник цієї продукції – компанія «Сканді» (ТМ «Сканрок»). Це обумовлено прийнятною ціною для житлового будівництва, високою якістю і звичним для мешканців зовнішнім виглядом фасаду. Широко розповсюджені й алюмінієві облицьовуючі матеріали – композитні та листові. Це обумовлено такими характеристиками алюмінію, як міцність і жорсткість, мала вага, стійкість до корозії, легкість в обробці, яскравий і сучасний зовнішній вигляд.

Переваги системи «Сканрок»:

- Система «Сканрок» прекрасно захищає зовнішні стіни від зовнішнього впливу природного середовища (дощу, снігу, туману та інші). Стіни не насичуються природною вологою, а залишаються сухими.

- Для стін, які одягнені в систему «Сканрок», не лякає побутова волога. Утворюючись у процесі життєдіяльності людини, побутова волога не затримується в стінах, а під впливом тепла потрапляє в більш паропроникаючий утеплювач, де знов-таки виводиться активним повітряним каналом.

- Система «Сканрок» дозволяє виключити негативний вплив «мостиків холоду», тобто частин будівельних конструкцій, котрі мають безпосередній контакт із навколишнім середовищем (міжповерхові перекриття, віконні перемички).

- При утеплювачі 100 мм система «Сканрок» зменшує вплив вуличного шуму приблизно на 25%.

Довговічність системи «Сканрок»:

- Конструкція системи «Сканрок» дозволяє зберегти лицьову частину фасаду від впливу природного осаджування будівлі та сейсмічних процесів, які розрушують фасад.

- Система «Сканрок» захищає від будь-яких впливів зовнішнього середовища, створює максимально можливий захист зовнішніх стін та значно продовжує строк служби будівлі в цілому.

- Основною складовою фасадного каменя «Сканрок» є гранітна крошка. А за рахунок спеціальних добавок камінь має 100% захист від проникнення вологи та впливу ультрафіолетових променів.

- Морозостійкість каменів «Сканрок» більше 50 циклів.

- Область застосування системи від котеджного до багатопверхового будівництва, сертифіковане використання системи на будівлях до 100 метрів.

- Життєвий цикл даної системи розраховано на 100 років експлуатації у самих жорстких кліматичних умовах.

Монтаж системи «Сканрок»:

- Монтаж системи не вміщує мокрих процесів, тому може відбуватися цілорічно.

- Не потребує підготовки стіни перед монтажними роботами: вирівнювання, висушування та чищення.

- Монтаж системи простий, потребує мінімум кваліфікації та підготовчих робіт.

- Нема потреби використовувати ліса при монтажі, він успішно виконується за допомогою люльок.

- Фасадний камінь «Сканрок» легко ріжеться, що дозволяє підганяти його до потрібного розміру під час монтажних робіт.

- Для зручності монтажу виробляються кутові фасадні камені різних видів та розмірів.

- Не потрібне виселення мешканців при термореновації будівлі.

- Пошкоджений камінь на фасаді будівлі спеціаліст може замінити на протязі декількох хвилин.

Архітектура системи «Сканрок»:

- Камінь «Сканрок» має декілька фактур поверхні (рівна та шорстка) та широку кольорову гаму.

- Зовнішній вид природного каменя, який імітує цегляну стіну. Камінь має монтажний шов завширшки 10 мм та поперечний монтажний шов із фаскою.

- Обрамлення віконних та дверних проїомів може мати різне виконання. У якості альтернативи каменям «Сканрок» використовуються пласкі або фасадні елементи обрамлення з оцинкованого металу з полімерним покриттям різних кольорів або спеціально виготовлені декоративні деталі обрамлення із різних матеріалів.

- Можливість виконання архітектурних деталей системою «Сканрок» та повна сумісність з іншими фасадними матеріалами.

Якість системи «Сканрок»:

- Висока якість забезпечується ретельним виробничим контролем, починаючи від сировини, яка використовується, та закінчуючи готовим виробом.

- Повний комплекс лабораторних на натуральних випробувань по теплоізоляційним показникам стінових огорожуючих конструкцій з системою утеплення «Сканрок». НДІБК лабораторія теплофізики та енергозбереження.

- Висновок по результатам визначення можливості використання системи «Сканрок» для будівництва у сейсмонебезпечних зонах.

Різниця в цінах квадратного метра вентильованого і оштукатуреного фасаду зумовлює закономірність: в бідніших країнах більш поширені оштукатурені фасади, в заможніших – вентильовані. Тому в Україні, де, за даними фірми «Техноарт», навіть серед тих індивідуальних будинків, що споруджуються зараз, половина не утеплюється через брак коштів у забудовника, більшість новобудов матимуть оштукатурені фасади ще довго. Навіть з урахуванням того, що будівництво багатоповерхових споруд активно переходить на вентильовані фасади, штукатурним способом проводиться, за оцінками компанії «Фомальгаут» (ТМ Полімід), не менше 40% обсягів утеплення фасадів [7].

2.2.3 Метод контролю стану огороджувальних конструкцій

В процесі експлуатації необхідно періодично виконувати вибірковий огляд системи: перші 2 рази з періодичністю 20 років, а потім через кожні 10 років. Ділянки огляду вибирають навмання із рахунку 5 м² на кожні 200 м² фасаду[10,12,20,33].

Для ефективного та швидкого обстеження і контролю теплозахисту огороджувальних конструкцій будинків та споруд використовується сучасна тепловізійна техніка [13].

Тепловізійне обстеження (тепловізійна діагностика) - це огляд об'єктів в інфрачервоному діапазоні хвильового спектру («теплова картинка»), вимірювання температури в будь-якій точці "тепловий картинка", спостереження динаміки теплових процесів, визначення якості та рівня теплоізоляції і вологісного режиму, а також створення банку даних теплового стану по кожному із спостережуваних об'єктів.

Тепловізійний контроль зарекомендував себе як один з основних способів контролю стану огороджувальних конструкцій будинків та споруд по закінченню будівництва та в період експлуатації, завдяки оперативності, інформативності та наочності методу, а також достовірності отриманих результатів.

Метод дозволяє виявити порушення теплозахисту огороджувальних конструкцій, а також виявити границі порушень, які виникли в результаті недотримання технології виготовлення будівельних матеріалів, правил зберігання, перевезення; помилок, які були допущені при виконанні теплоізоляційних робіт; неправильного режиму експлуатації. Все це призводить до передчасного зниження теплозахисних властивостей в окремих місцях огороджувальних конструкцій в результаті впливу погодних (атмосферні осадки, вітер) та природнокліматичних (цикли „тепло - холод - тепло”, вологість) умов, що, в свою чергу, призводить до погіршення мікроклімату у приміщеннях будівель та споруд та перевитрат палива через підвищення тепловтрат.

Однією з останніх моделей тепловізора є ТН - 9100 фірми NEC (Японія), який успішно використовується для вирішення широкого класу задач в області громадського будівництва. Тепловізор ТН - 9100 має широкий температурний діапазон від -40°C до $+2000^{\circ}\text{C}$. Такий тепловізор дає можливість отримувати композитні відео зображення та інфрачервоне зображення у різних сполученнях, що полегшує аналіз в тих випадках, коли об'єкт контролю має складну поверхню. Для кількісного та якісного теплового контролю виявленого дефекту в огорожуючих конструкціях програмне забезпечення тепловізора ТН – 9100 має додатковий пакет програм, який дозволяє проводити теплові розрахунки конвективного та радіаційного теплообміну.

Термографію будинків та споруд треба проводити під час опалювального сезону, коли перепад температур буває максимально можливим. Необхідна також відсутність осадів у вигляді дощу, снігу або інею. При термографії зовнішніх огорожуючих конструкцій будинків умови теплової інерції матеріалів конструкцій потребують, щоб об'єкт обстеження не знаходився на сонці на протязі 12 годин, які передують зйомці: краще проводити виміри вранці, у похмуру погоду. У повітряну погоду необхідно визначати швидкість вітру для корегування вимірювальних значень температури. По можливості треба вибирати безвітряні дні, оскільки сила та напрямок вітру має великий вплив тепловтрат повітряпроникненням та конвенцією з зовнішньої поверхні.

На поверхні, яку обстежують, вибирають геометричний репер, в якості котрого можна використовувати типові будівні елементи із відомими лінійними розмірами. Це необхідно для визначення масштабу при обробці результатів виміру).

Використання нових тепловізійних систем дозволяє у значному ступені розширити можливість контролю та аналізу теплових явищ у будинках та спорудах.

3 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ І МАТЕРІАЛІВ ФАСАДНИХ СИСТЕМ

3.1 Аналіз та вибір оптимального рішення на основі техніко-економічного обґрунтування

Для вибору оптимального рішення в галузі теплозбереження у будівництві проведемо порівняльні розрахунки з використанням різних видів утеплюючих матеріалів та різних фасадних систем. Розрахунки проводяться для існуючого п'ятиповерхового житлового будинку із дотриманням кліматичних параметрів для м. Запоріжжя.

Стіни з цегляної кладки без утеплення, товщиною 510 мм.

Термічний опір існуючої цегляної стіни $R_{к.с.} = 0,97 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Режим вологості приміщення – нормальний.

Розрахункова температура внутрішнього повітря $+18 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Температурна зона України [7]. - II.

У відповідності із ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 нормоване значення опору теплопередачі зовнішньої стіни становить $R_{тр.} = 2,49 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ [7].

1 Схема – Штукатурна фасадна система утеплення. Метод «легкий мокрий».

На рисунку 3.1 зображена конструктивна схема стіни. Утеплення з використанням мінераловатних плит FASROCK, FASROCK-L (ROCKWOOL) із розміщенням плит з зовнішньої сторони стіни.

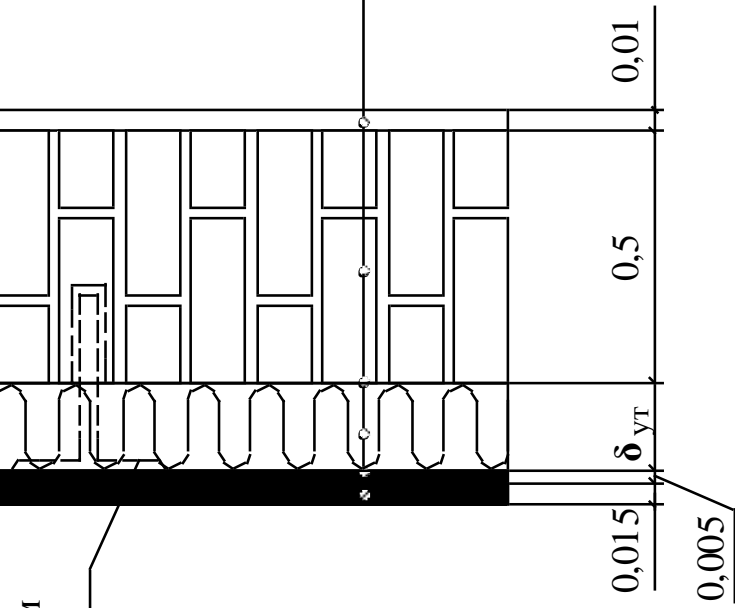
Варіант 1 – утеплення з використанням мінераловатних плит FASROCK.

$\delta_{ут} = 80 \text{ мм}$, приймається згідно таблиці 2.2.

Варіант 2 – з використанням мінераловатних плит FASROCK-L.

$\delta_{ут} = 80 \text{ мм}$, приймається згідно таблиці 2.2.

Мінеральна штукатурка ECOROCK
Грунтуючий розчин
Розчин ZZ-ECOROCK по склосітці
Утеплювач FASROCK або FASROCK-L товщиною $\delta_{ут}$
Клеючий розчин (клей ZK-ECOROCK)**
Цегляна кладка, керамзитобетонні панелі, блоки з пористого бетону
Вапняна штукатурка



Анкера з кроком 500 x 500 мм
Вище відм. +20,00**
(5 шт. на 1 м²)

- * Нижче відм. +20,00 м плити утеплювача **FASROCK-L** кріпляться до стіни самим лише клеєм **ZK-ECOROCK**.
- ** Для будівель вище 20 м, а також при слабкій підоснові (існуюча штукатурка чи газобетон) плити **FASROCK-L** додатково кріпляться анкерами з кроком 500 x 500 мм, а у кутовій частині стіни з кроком 300 x 300 мм.

Рисунок 3.1 - Конструкція стіни схема 1.

Розрахунок:

1. Опор теплопередачі цегляної стіни з утеплювачем:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{1}{\alpha_{н}} + R_{ym} + R_{к.с.} \quad \frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm} \quad (3.1)$$

де $\alpha_{в}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожуючих конструкцій;

$\alpha_{в} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, коефіцієнт вибрано з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010;

$\alpha_{н}$ – коефіцієнт тепловіддачі для зимових умов зовнішньої поверхні огорожуючих конструкцій;

$\alpha_{н} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, коефіцієнт вибрано з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010;

R_{yt} – термічний опір фасадної системи;

$R_{к.с.}$ – термічний опір конструкції стіни;

$R_{к.с.} = 0,97 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

$$R_{ym} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \quad \frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm} \quad (3.2)$$

де δ_1, δ_2 – товщина шарів, м;

λ_1, λ_2 – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

$\delta = 0,08 \text{ м}$ – товщина шару утеплення (рис. 3.1);

$\lambda = 0,039 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ - теплопровідність утеплювача (табл. 2.2);

$\delta = 0,005 \text{ м}$ – товщина шару нанесення розчину ZZ-ECOROCK (рис. 3.1);

$\lambda = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ - теплопровідність розчину ZZ-ECOROCK (дані ROCKWOOL);

$\delta = 0,015 \text{ м}$ – товщина шару мінеральної штукатурки ECOROCK (рис. 3.1);

$\lambda = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ - теплопровідність мінеральної штукатурки ECOROCK (дані ROCKWOOL).

а) згідно варіанту 1

$$R_{ym} = \frac{0,08}{0,039} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{0,015}{0,3} = 2,13 \quad \frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm}$$

$$R^1_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 2,13 + 0,97 = 3,263 \quad \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$$

б) згідно варіанту 2

$$R_{ym} = \frac{0,08}{0,039} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{0,015}{0,3} = 2,13 \quad \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$$

$$R^2_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 2,13 + 0,97 = 3,263 \quad \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$$

$$R^1_0 = R^2_0 = 3,263 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} > R_{тр.} = 2,49 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Розрахункове значення опору теплопередачі у варіантах 1 та 2 перевищує нормоване значення опору теплопередачі зовнішньої стіни, отже товщина утеплюючого матеріалу вибрана вірно.

2. Одноразові затрати C_d , грн./м², на будівництво фасадної системи:

Таблиця 3.1 – Приблизні витратні матеріали згідно варіанту 1

№	Матеріал	Одиниця виміру	Вартість за одиницю грн. з ПДВ	Кількість на 1 м ² фасаду	Вартість усього грн. з ПДВ
1	2	3	4	5	6
1	Утеплювач FASROCK товщиною 80мм	м ²	48,50	1	48,50
2	Клеючий розчин ZK-ECOROCK	кг	6,40	0,35	2,24
3	Розчин ZZ-ECOROCK	кг	14,85	0,5	7,43
4	Скловітка	м.п.	10,66	1	10,66
5	Ґрунтовка	л	7,80	0,15	1,17
6	Мінеральна штукатурка ECOROCK	кг	5,93	2	71,2
7	Монтажні роботи / шефмонтаж	м ²	45,30	1	45,30
Всього приблизна вартість за 1 м ² системи					186,50

Одноразові затрати на будівництво фасадної системи з використанням мінераловатних плит FASROCK складають $C^1_d = 186,50$ грн./м².

Таблиця 3.2 Приблизні витратні матеріали згідно варіанту 2

№	Матеріал	Одиниця виміру	Вартість за одиницю грн. з ПДВ	Кількість на 1 м ² фасаду	Вартість усього грн. з ПДВ
1	Утеплювач FASROCK-L товщиною 80мм	м ²	35,50	1	35,50
2	Клеючий розчин ZK-ECOROCK	кг	6,40	0,35	2,24
3	Розчин ZZ-ECOROCK	кг	14,85	0,5	7,43
4	Скловітка	м.п.	10,66	1	10,66
5	Ґрунтовка	л	7,80	0,15	1,17
6	Мінеральна штукатурка ECOROCK	кг	5,93	12	71,2
7	Монтажні роботи / шефмонтаж	м ²	45,30	1	45,30
Всього приблизна вартість за 1 м ² системи					173,50

Одноразові затрати на будівництво фасадної системи з використанням мінераловатних плит FASROCK-L складають $C^2_d = 173,50$ грн./м².

Більш економічним виявився варіант 2 – утеплення фасаду з використанням плит утеплення FASROCK-L.

2 Схема - Штукатурна фасадна система утеплення. Метод «легкий мокрий».

На рисунку 3.2 зображена конструктивна схема стіни. Утеплення плитами STYROFOAM IB-A з розміщенням утеплювача з зовнішньої сторони стіни.

Розрахунок:

1. Потрібна товщина теплоізоляційного шару (утеплювача):

$$\delta_{ym} \geq (R_{mp} - (\frac{1}{\alpha_6} + \frac{1}{\alpha_n} + R_{к.с.} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}})) * \lambda_{yt} \quad м \quad (3.3)$$

де $\delta_{шт}$ – товщина штукатурення, м;

$\delta_{шт} = 0,01$ м, згідно рис. 3.2;

$\lambda_{шт}$ – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу штукатурення, Вт/ м²·°С;

$\lambda_{шт} = 0,93$ Вт/ м²·°С [1];

λ_{yt} – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності теплоізоляційного шару, Вт/ м²·°С;

$\lambda_{yt} = 0,031$ Вт/ м²·°С (таблиця 2.7).

$$\delta_{ym} \geq (2,49 - (\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,97 + \frac{0,01}{0,93})) * 0,031 = 0,042 \quad м$$

Приймаємо товщину теплоізоляційних плит 50мм.

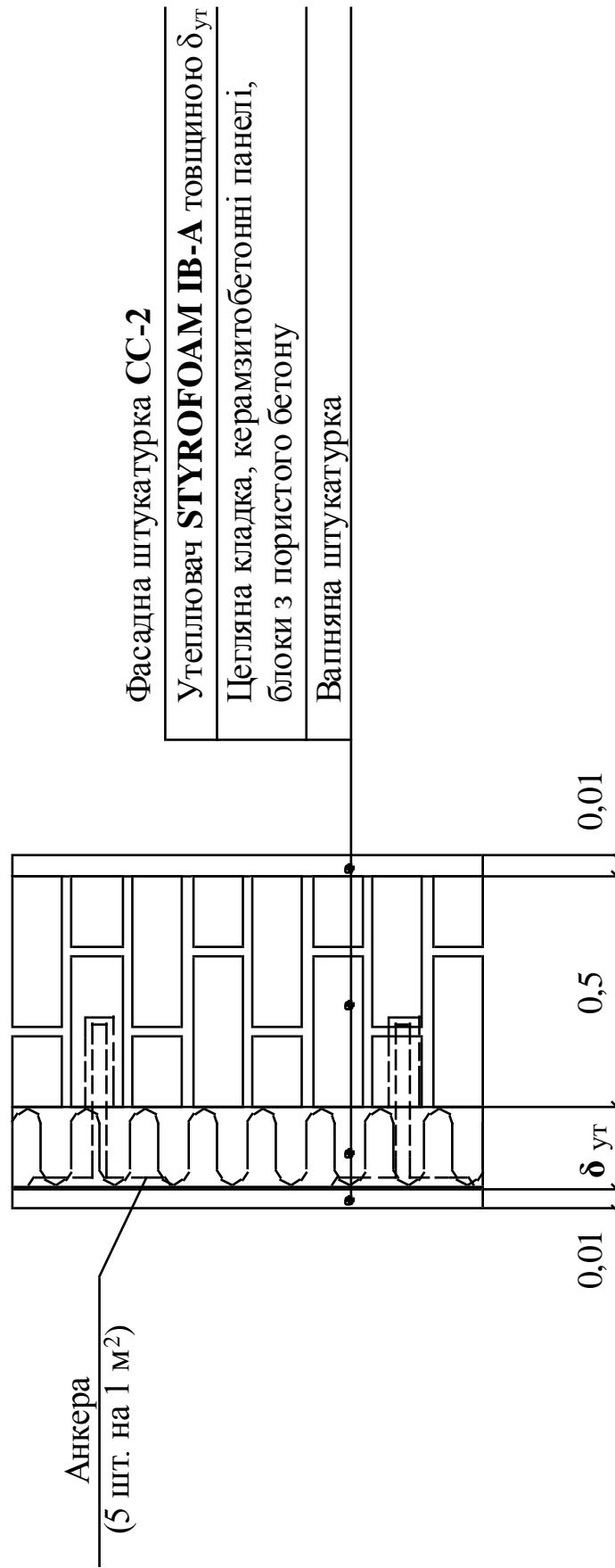


Рисунок 3.2 - Конструкція стіни схема 2.

3. Одноразові затрати C_d , грн./м², на будівництво фасадної системи:

Таблиця 3.3 – Приблизні витратні матеріали

№	Матеріал	Одиниця виміру	Вартість за одиницю грн. з ПДВ	Кількість на 1 м ² фасаду	Вартість усього грн. з ПДВ
1	Утеплювач STYROFOAM ІВ-А товщиною 50мм	м ²	43,20	1	43,20
2	Фасадна штукатурка СС-2	кг	4,68	12	56,16
3	Анкер	шт	0,32	5	1,60
4	Монтажні роботи / шефмонтаж	м ²	40,00	1	40,00
Всього приблизна вартість за 1 м ² системи					140,96

Одноразові затрати на будівництво фасадної системи з використанням плит STYROFOAM ІВ-А складають $C_d = 140,96$ грн./м².

3 Схема – Штукатурна фасадна система утеплення. Метод «легкий мокрий».

Утеплення з використанням теплоізоляційних плит NOBASIL із розміщенням плит з зовнішньої сторони стіни. На рисунку 3.3 зображена конструктивна схема стіни.

Варіант 1 – утеплення з використанням плит NOBASIL FKD.

Варіант 2 – утеплення з використанням плит NOBASIL FKL.

Розрахунок:

1. Потрібна товщина теплоізоляційного шару (утеплювача) за формулою (3.3):

$\delta = 0,02$ м – товщина нанесення шару фасадної штукатурки (рис. 3.3);

$\lambda = 0,093$ Вт/(м² °С) - теплопровідність фасадної штукатурки [1].

а) згідно варіанту 1

$\lambda_{\text{ут}}$ – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності теплоізоляційного шару;
 $\lambda_{\text{ут}} = 0,0355 \text{ Вт/ м}^2 \cdot \text{°C}$ (таблиця 2.4).

$$\delta_{\text{ум}} \geq (2,49 - (\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,97 + \frac{0,02}{0,93})) * 0,0355 = 0,048 \quad \text{м}$$

Згідно номенклатури вибираємо товщину утеплювача 50мм.

б) згідно варіанту 2

$$\lambda_{\text{ут}} = 0,039 \text{ Вт/ м}^2 \cdot \text{°C} \text{ (таблиця 2.4).}$$

$$\delta_{\text{ум}} \geq (2,49 - (\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,97 + \frac{0,02}{0,93})) * 0,039 = 0,052 \quad \text{м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляційних плит 60мм.

2. Опор теплопередачі цегляної стіни з утеплювачем за формулою (3.1) та (3.2):

а) згідно варіанту 1

$$R_{\text{ум}} = \frac{0,05}{0,0355} + \frac{0,02}{0,93} = 1,43 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 1,43 + 0,97 = 2,56 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

$$R_0 = 2,56 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} > R_{\text{тр.}} = 2,49 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

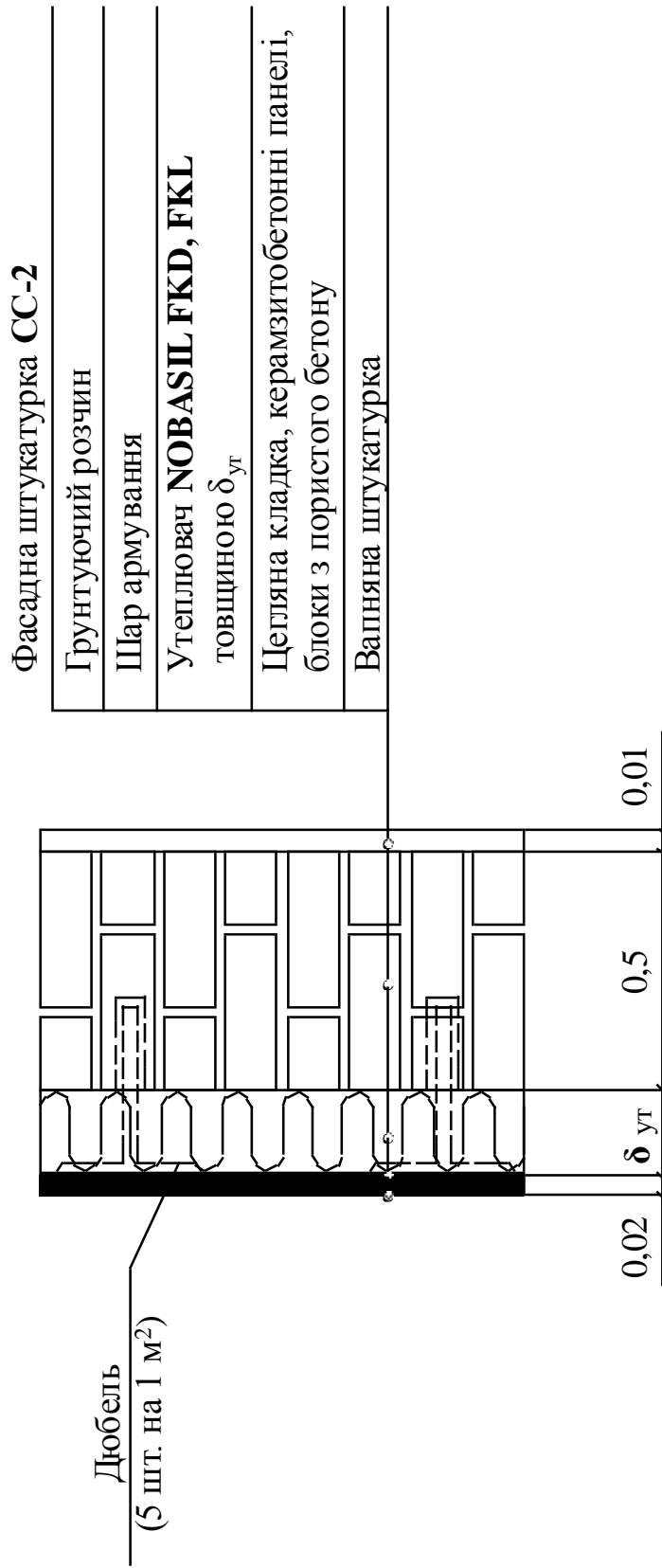


Рисунок 3.3 - Конструкція стіни схема 3.

б) згідно варіанту 2

$$R_{yt} = \frac{0,06}{0,039} + \frac{0,02}{0,93} = 1,56 \quad \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 1,56 + 0,97 = 2,69 \quad \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$$

$$R_0 = 2,69 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} > R_{тр.} = 2,49 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Розрахункове значення опору теплопередачі по варіантах 1 та 2 перевищує нормоване значення опору теплопередачі зовнішньої стіни, отже товщина утеплюючого матеріалу вибрана вірно.

3. Одноразові затрати C_d , грн./м², на будівництво фасадної системи:

Таблиця 3.4 – Приблизні витратні матеріали згідно варіанту 1

№	Матеріал	Одиниця виміру	Вартість за одиницю грн. з ПДВ	Кількість на 1 м ² фасаду	Вартість усього грн. з ПДВ
1	Утеплювач NOBASIL FKD товщиною 50мм	м ²	43,10	4	43,10
2	Армуюча сітка	м.п.	9,40	1	9,40
3	Ґрунтовка	л	7,80	0,15	1,17
4	Фасадна штукатурка СС-2	кг	4,68	12	56,16
5	Дюбель	шт	0,45	5	2,25
6	Монтажні роботи / шефмонтаж	м ²	51,00	1	51,00
Всього приблизна вартість за 1 м ² системи					163,08

Одноразові затрати на будівництво фасадної системи з використанням плит утеплення NOBASIL FKD складають $C_d^1 = 163,08$ грн./м².

Таблиця 3.5 – Приблизні витратні матеріали згідно варіанту 2

№	Матеріал	Одиниця виміру	Вартість за одиницю грн. з ПДВ	Кількість на 1 м ² фасаду	Вартість усього грн. з ПДВ
1	Утеплювач NOBASIL FKL товщиною 60мм	м ²	40,90	4	163,60
2	Армуюча сітка	м.п.	9,40	1	9,40
3	Ґрунтовка	л	7,80	0,15	1,17
4	Фасадна штукатурка СС-2	кг	4,68	12	56,16
5	Дюбель	шт	0,45	5	2,25
6	Монтажні роботи / шефмонтаж	м ²	51,00	1	51,00
Всього приблизна вартість за 1 м ² системи					283,58

Одноразові затрати на будівництво фасадної системи з використанням плит утеплення NOBASIL FKL складають $C_d^2 = 283,58$ грн./м².

Більш економічним виявився варіант 1 – утеплення фасаду з використанням плит утеплення NOBASIL FKL.

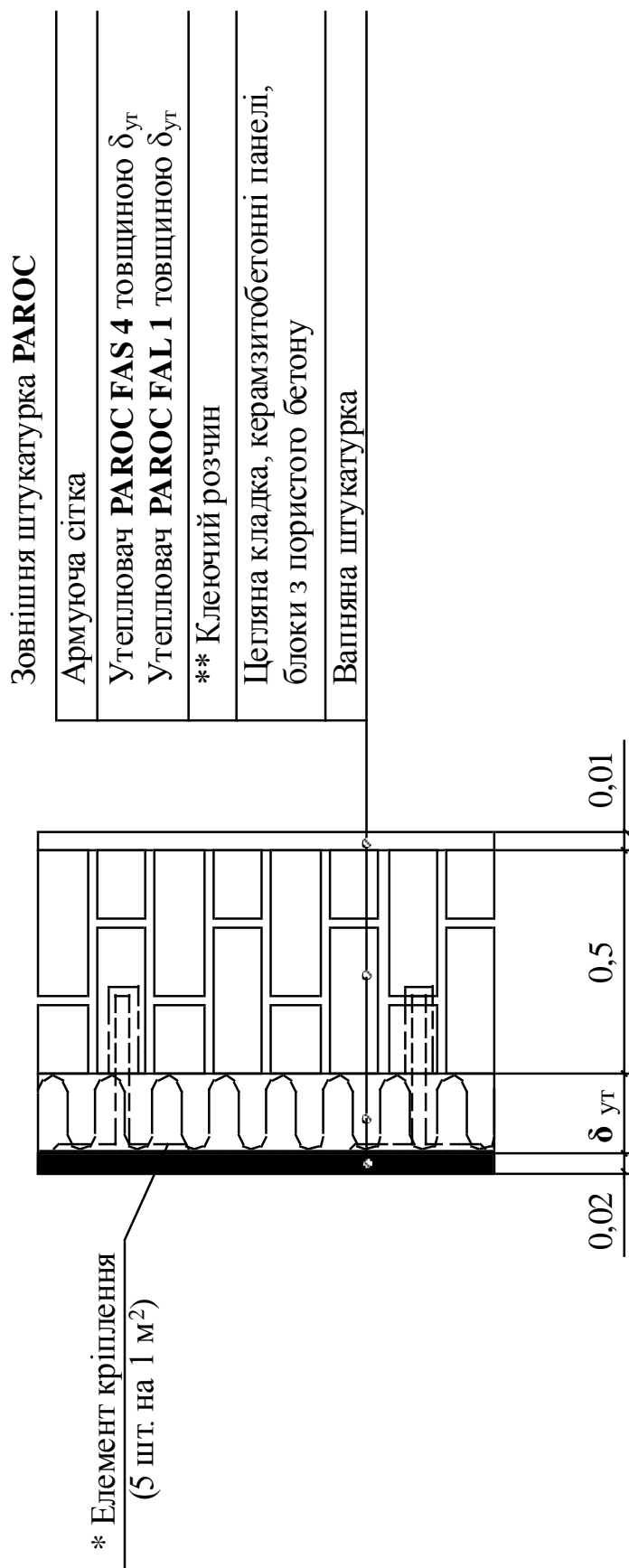
4 Схема – Штукатурна фасадна система утеплення. Метод «легкий мокрий».

Утеплення з використанням теплоізоляційних матеріалів PAROC із розміщенням утеплювачів з зовнішньої сторони стіни.

Варіант 1 – утеплення з використанням жорстких плит PAROC FAS 4.

Варіант 2 – утеплення з використанням жорстких негорючих ламелей PAROC FAL 1.

На рисунку 3.4 зображена конструктивна схема стіни.



* Використовується для кріплення жорстких панелей **PAROC FAS 4**.

** Використовується для кріплення жорстких ламелей **PAROC FAL 1**.

Рисунок 3.4 - Конструкція стіни схема 4.

Розрахунок:

1. Потрібна товщина теплоізоляційного шару (утеплювача) за формулою (3.3):

$\delta = 0,02$ м – товщина нанесення шару штукатурки PAROC (рис. 3.4);

$\lambda = 0,093$ Вт/(м² · °С) - теплопровідність штукатурки (дані PAROC).

а) згідно варіанту 1

$\lambda_{\text{ут}}$ – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності теплоізоляційного шару; $\lambda_{\text{ут}} = 0,036$ Вт/ м² · °С (таблиця 2.3).

$$\delta_{\text{ум}} \geq (2,49 - (\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,97 + \frac{0,02}{0,93})) * 0,036 = 0,048 \quad \text{м}$$

Згідно номенклатури вибираємо товщину утеплювача 50мм.

б) згідно варіанту 2

$\lambda_{\text{ут}} = 0,039$ Вт/ м² · °С (таблиця 2.3).

$$\delta_{\text{ум}} \geq (2,49 - (\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,97 + \frac{0,02}{0,93})) * 0,039 = 0,052 \quad \text{м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляційних плит 60мм.

2. Опор теплопередачі цегляної стіни з утеплювачем за формулою (3.1) та (3.2):

а) згідно варіанту 1

$$R_{\text{ум}} = \frac{0,05}{0,036} + \frac{0,02}{0,93} = 1,41 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 1,41 + 0,97 = 2,54 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$$

$$R_0 = 2,54 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт} > R_{\text{тр.}} = 2,49 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

б) згідно варіанту 2

$$R_{\text{ум}} = \frac{0,06}{0,039} + \frac{0,02}{0,93} = 1,56 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 1,56 + 0,97 = 2,69 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$$

$$R_0 = 2,69 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт} > R_{\text{тр.}} = 2,49 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

Розрахункове значення опору теплопередачі по варіантах 1 та 2 перевищує нормоване значення опору теплопередачі зовнішньої стіни, отже товщина утеплюючого матеріалу вибрана вірно.

3. Одноразові затрати C_d , грн./м², на будівництво фасадної системи:

Таблиця 3.6 – Приблизні витратні матеріали згідно варіанту 1

№	Матеріал	Одиниця виміру	Вартість за одиницю грн. з ПДВ	Кількість на 1 м ² фасаду	Вартість усього грн. з ПДВ
1	Утеплювач PAROC FAS 4 товщиною 50мм	м ²	40,50	1	40,50
2	Армуюча сітка	м.п	9,40	1	9,40
3	Фасадна штукатурка PAROC	кг	4,68	24	112,32
4	Дюбель	шт	1,60	5	8,00
5	Монтажні роботи / шефмонтаж	м ²	43,50	1	43,50
Всього приблизна вартість за 1 м ² системи					213,72

Одноразові затрати на будівництво фасадної системи з використанням жорстких плит утеплення PAROC FAS 4 складають $C_d^1 = 213,72$ грн./м².

Таблиця 3.7 – Приблизні витратні матеріали згідно варіанту 2

№	Матеріал	Од. вим.	Вартість за одиницю грн. з ПДВ	Кількість на 1 м ² фасаду	Вартість усього грн. з ПДВ
1	Утеплювач PAROC FAL 1 товщиною 60мм	м ²	41,40	4	41,40
2	Армуюча сітка	м.п.	9,4	1	9,40
3	Фасадна штукатурка PAROC	кг	4,68	24	112,32
4	Клеючий розчин	кг	6,4	0,25	1,6
5	Монтажні роботи / шефмонтаж	м ²	46,50	1	46,50
Всього приблизна вартість за 1 м ² системи					211,22

Одноразові затрати на будівництво фасадної системи з використанням жорстких ламелей PAROC FAL 1 складають $C^2_d = 211,22$ грн./м².

Більш економічним виявився варіант 2 – утеплення фасаду з використанням жорстких ламелей PAROC FAL 1.

5 Схема – Штукатурна фасадна система утеплення. Метод „мокрый” з важким штукатуренням.

Утеплення з використанням теплоізоляційних жорстких плит PAROC FAS 1 із розміщенням утеплювача з зовнішньої сторони стіни.

На рисунку 3.5 зображена конструктивна схема стіни.

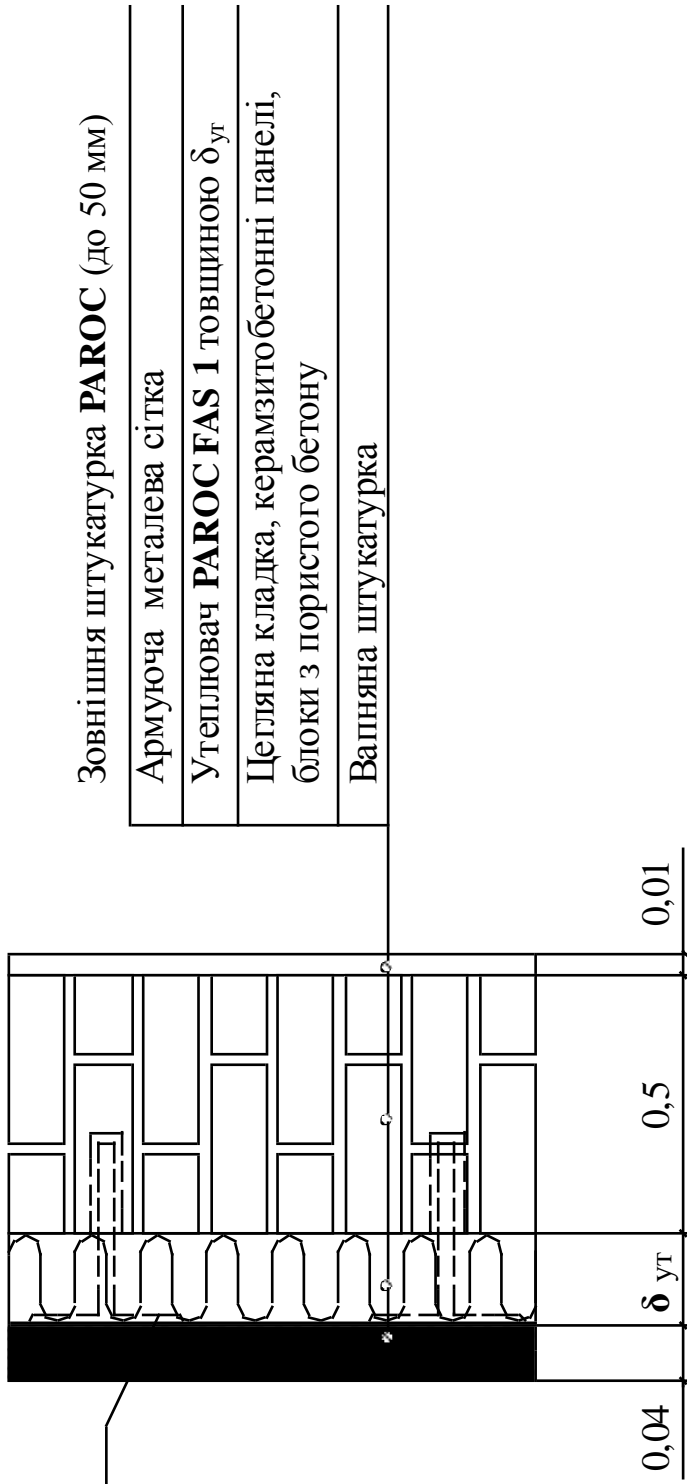
Розрахунок:

1. Потрібна товщина теплоізоляційного шару (утеплювача) за формулою (3.3):

$\delta = 0,04$ м – товщина нанесення шару штукатурки PAROC (рис. 3.5);

$\lambda = 0,093$ Вт/(м² · °С) - теплопровідність штукатурки PAROC (дані PAROC).

* Анкер
(5 шт. на 1 м²)



λ_{yt} – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності теплоізоляційного шару, Вт/м²·°С;

$$\lambda_{yt} = 0,034 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С (таблиця 2.3).}$$

$$\delta_{ym} \geq (2,49 - (\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,97 + \frac{0,04}{0,93})) * 0,034 = 0,0448 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляційних плит 50мм.

2. Опор теплопередачі цегляної стіни з утеплювачем за формулою (3.1) та (3.2):

$$R_{ym} = \frac{0,05}{0,034} + \frac{0,04}{0,93} = 1,514 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 1,514 + 0,97 = 2,64 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$$

$$R_0 = 2,64 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт} > R_{тр.} = 2,49 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

Розрахункове значення опору теплопередачі перевищує нормоване значення опору теплопередачі зовнішньої стіни, отже товщина утеплюючого матеріалу вибрана вірно.

3. Одноразові затрати C_d , грн./м², на будівництво фасадної системи:

Таблиця 3.8 – Приблизні витратні матеріали

№	Матеріал	Одиниця виміру	Вартість за одиницю грн. з ПДВ	Кількість на 1 м ² фасаду	Вартість усього грн. з ПДВ
1	Утеплювач PAROC FAS 1 товщиною 50мм	м ²	32,58	1	32,58
2	Армуюча сітка	м.п.	9,40	1	9,40
3	Фасадна штукатурка PAROC	кг	4,68	48	224,64
4	Анкер	шт	2,30	5	11,50
5	Монтажні роботи / шефмонтаж	м ²	48,50	1	48,50
Всього приблизна вартість за 1 м ² системи					326,62

Одноразові затрати на будівництво фасадної системи з використанням жорстких плит **PAROC FAS 1** складають $C_d = 326,62$ грн./м².

6. Схема – Штукатурна фасадна система утеплення. Метод теплоізоляції з штукатуренням плит по сталій сітці, прикріпленої до стіни.

Утеплення з використанням теплоізоляційних матеріалів ISOVER із розміщенням утеплювачів з зовнішньої сторони стіни.

Варіант 1 – утеплення з використанням плит **OL-E**.

Варіант 2 – утеплення з використанням плит **OL-A**.

Варіант 3 – утеплення з використанням плит **OL-P**.

На рисунку 3.6 зображена конструктивна схема стіни.

Розрахунок:

1. Потрібна товщина теплоізоляційного шару (утеплювача) за формулою 3.3:

$\delta = 0,025$ м – товщина нанесення шару штукатурки (рис. 3.6);

$\lambda = 0,093$ Вт/(м² · °С) - теплопровідність штукатурки [7].

Теплопровідність плит утеплення OL-E, OL-A, OL-P однакова та дорівнює $\lambda_{yt} = 0,033$ Вт/ м² · °С (таблиця 2.6), тому

$$\delta^{OL-E}_{ym} = \delta^{OL-A}_{ym} = \delta^{OL-P}_{ym} \geq (2,49 - (\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,97 + \frac{0,025}{0,93})) * 0,033 = 0,044 \quad м$$

Згідно номенклатури вибираємо товщину утеплювача:

а) $\delta^{OL-E}_{yt} = 50$ мм;

б) $\delta^{OL-A}_{yt} = 50$ мм;

в) $\delta^{OL-P}_{yt} = 50$ мм;

2. Опор теплопередачі цегляної стіни з утеплювачем за формулою (3.1) та (3.2):

$$R^{OL-E}_{ym} = R^{OL-A}_{ym} = R^{OL-P}_{ym} = \frac{0,05}{0,033} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,005}{0,93} = 1,54 \quad \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$$

$$R^{OL-E}_0 = R^{OL-A}_0 = R^{OL-P}_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 1,54 + 0,97 = 2,67 \quad \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$$

$$R_0 = 2,67 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} > R_{тр.} = 2,49 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

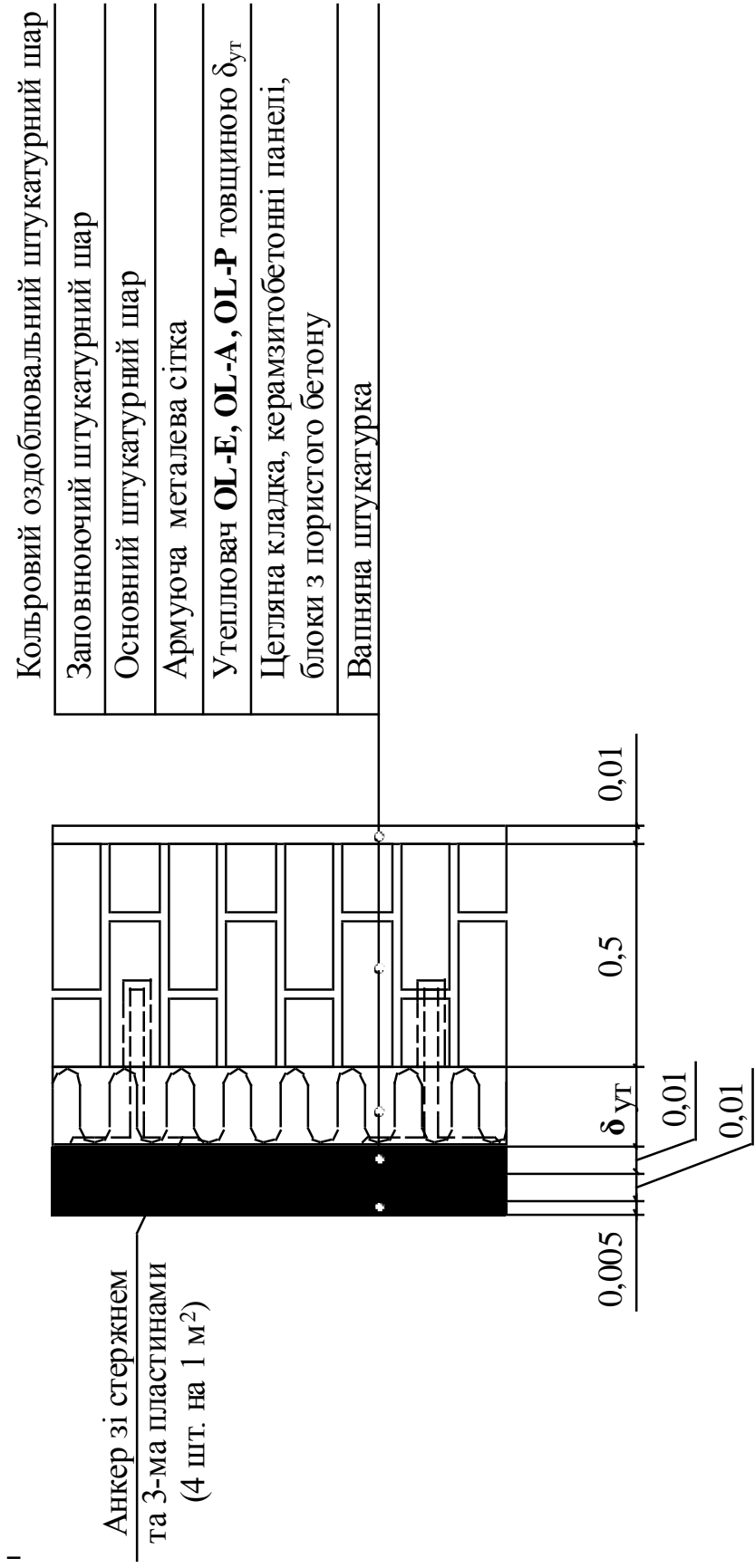


Рисунок 3.6 - Конструкція стіни схема б.

Розрахункове значення опору теплопередачі по варіантах 1, 2 та 3 перевищує нормоване значення опору теплопередачі зовнішньої стіни, отже товщина утеплюючого матеріалу вибрана вірно.

3. Одноразові затрати C_d , грн./м², на будівництво фасадної системи:

Таблиця 3.9 – Приблизні витратні матеріали

№	Матеріал	Одиниця виміру	Вартість за одиницю грн. з ПДВ	Кількість на 1 м ² фасаду	Вартість усього грн. з ПДВ
1	Утеплювач OL-E товщиною 50мм	м ²	46,00	1	46,00
	OL-A товщиною 50мм	м ²	52,00	1	52,00
	OL-P товщиною 50мм	м ²	53,27	1	53,27
2	Армуюча сітка	м.п.	9,4	1	9,40
3	Штукатурка	кг	5,20	4	20,8
4	Штукатурка	кг	3,80	4	15,2
5	Штукатурка	кг	4,68	2,5	11,7
6	Анкер зі стержнем та 3-ма пластинами	шт	4,20	4	16,80
7	Монтажні роботи / шефмонтаж	м ²	61,20	1	61,20

а) одноразові затрати на будівництво фасадної системи з використанням панелей **ISOVER OL-E** складають $C_d^1 = 181,10$ грн./м²;

б) одноразові затрати на будівництво фасадної системи з використанням панелей **ISOVER OL-A** складають $C_d^2 = 187,10$ грн./м²;

в) одноразові затрати на будівництво фасадної системи з використанням панелей **ISOVER OL-P** складають $C_d^3 = 188,37$ грн./м²;

Більш економічним виявився варіант 1 – утеплення фасаду з використанням панелей **ISOVER OL-E**.

7 Схема – Фасадна система утеплення з повітряним шаром (вентильований фасад). Метод „легкий сухой”.

Утеплення з використанням теплоізоляційних матеріалів PANELROCK, WENTIROCK (ROCKWOOL) із розміщенням утеплювачів з зовнішньої сторони стіни.

Варіант 1 – утеплення з використанням плит PANELROCK.

Варіант 2 – утеплення з використанням плит WENTIROCK.

На рисунку 3.7 зображена конструктивна схема стіни.

Розрахунок:

Висота існуючого будинку 15,0 м, тому для утеплення використовуємо плити WENTIROCK.

1. Потрібна товщина теплоізоляційного шару вибирається по таблиці 2.2:

$$\delta_{\text{ут}} = 80 \text{ мм.}$$

2. Опор теплопередачі цегляної стіни з утеплювачем за формулою (3.1) та (3.2):

$\lambda = 0,037 \text{ Вт/(м}^2 \text{ }^\circ\text{C)}$ - теплопровідність утеплюючого матеріалу (табл. 2.1).

$\delta = 0,02 \text{ м}$ – товщина повітряного шару (рис. 3.7);

$\lambda = 0,14 \text{ Вт/(м}^2 \text{ }^\circ\text{C)}$ - теплопровідність замкнутого повітряного шару [7];

$\delta = 0,04 \text{ м}$ – товщина оздоблювального каменя (рис. 3.7);

$\lambda = 0,13 \text{ Вт/(м}^2 \text{ }^\circ\text{C)}$ - теплопровідність оздоблювального каменя (дані ТОВ «Співдружність БУД»).

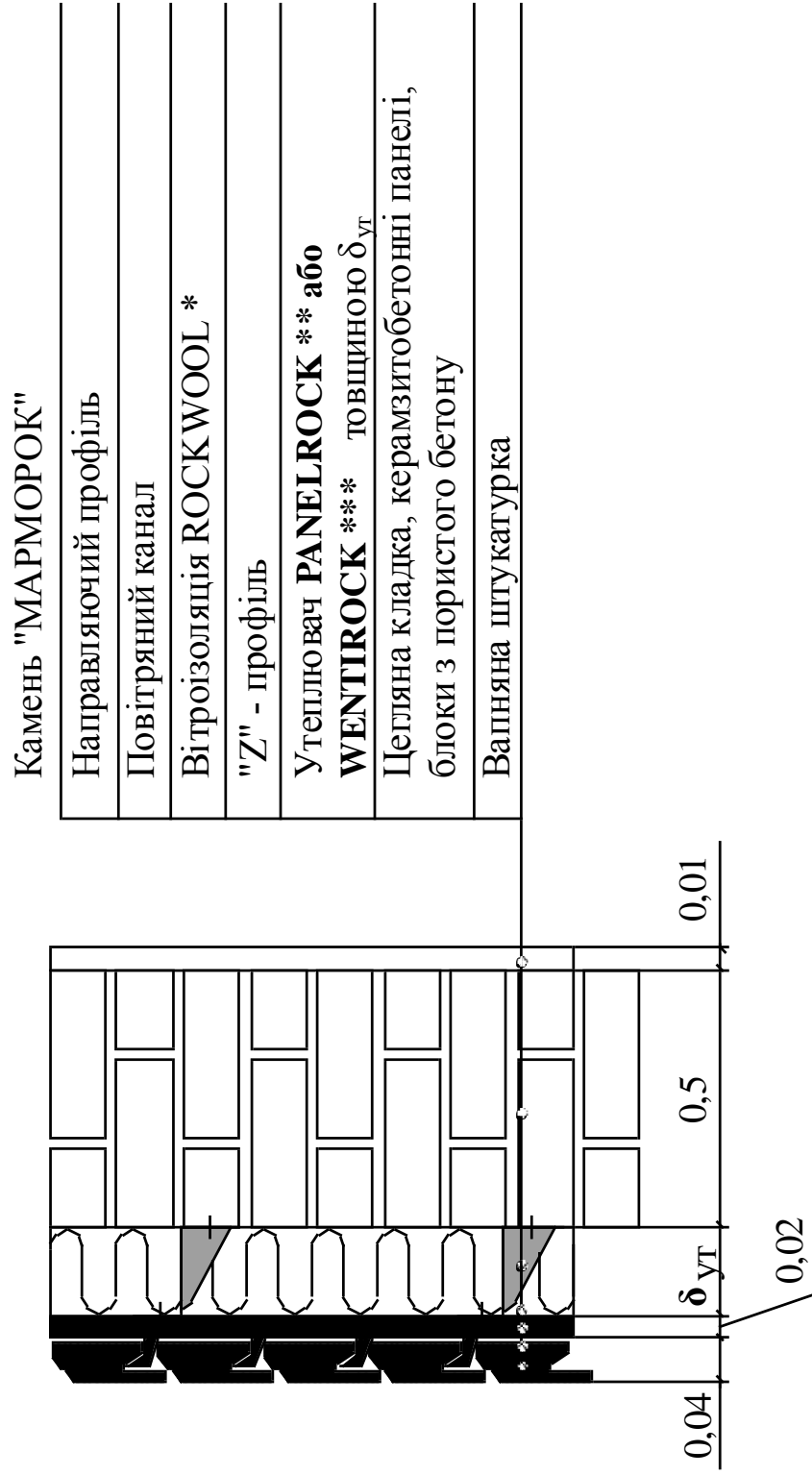
$$R_{\text{ум}} = \frac{0,08}{0,037} + \frac{0,02}{0,14} + \frac{0,04}{0,13} = 2,61 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 2,61 + 0,97 = 3,74 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$R_0 = 3,74 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт} > R_{\text{тр.}} = 2,49 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$$

Розрахункове значення опору теплопередачі перевищує нормоване значення.

3. Одноразові затрати $C_{\text{д}}$, грн./м², на будівництво фасадної системи (табл. 3.10):



* Встановлюється для будинків висотою більше 6м.

** Використовується для будинків до 12 м. з облицюванням типу сайдинг.

*** Використовується для будинків висотою більше 12 м. з облицюванням плиткою кам'яною, скляною, металевим профілем.

Рисунок 3.7 - Конструкція стіни схема 7.

Таблиця 3.10 – Приблизні витратні матеріали

№	Матеріал	Одиниця виміру.	Вартість за одиницю грн. з ПДВ	Кількість на 1 м ² фасаду	Вартість усього грн. з ПДВ
1	Камінь «СКАНРОК», стандартні кольори 600x100x40 мм	м ²	101,92	10	101,92
2	Направляючий профіль	м.п.	12,71	3,8	48,30
3	Z - профіль новий	м.п.	17,82	2,2	39,20
4	Дюбеля (10/100) із шайбою	шт	1,91	5	9,55
5	Саморізи (4,8/13)	шт	0,11	10	1,1
6	Консоль	шт	5,70	5	28,5
7	Саморізи (6,3/19)	шт	0,39	5	1,95
	Додаткові матеріали				
8	Утеплювач Wentirock 80мм	шт	27,30	1	27,30
9	Кут спеціальний „стартовий”	м.п.	19,62	1,15	22,56
10	Кут спеціальний „вентильований”	м.п.	14,17	2,4	34,01
11	Віконні обрамлення, розгортка	м ²	76,30	0,15	11,45
12	Монтажні роботи / шефмонтаж	м ²	72,80	1	72,80
Всього приблизна вартість додаткових матеріалів на 1 м ² системи					165,22

Одноразові затрати на будівництво фасадної системи з використанням панелей Wentirock складають $C_d = 398,64$ грн./м².

8 Схема – Фасадна система утеплення з повітряним шаром (вентильований фасад). Метод „легкий сухой”.

Утеплення з використанням теплоізоляційних матеріалів NOBASIL LF, із розміщенням утеплювачів з зовнішньої сторони стіни.

На рисунку 3.8 зображена конструктивна схема стіни.

Розрахунок:

1. Потрібна товщина теплоізоляційного шару (утеплювача) за формулою (3.3):

$\delta = 0,04$ м – товщина оздоблювального каменя (рис. 3.7);

$\lambda = 0,13$ Вт/(м² · °С) - теплопровідність оздоблювального каменя λ_{yt} – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності теплоізоляційного шару, Вт/ м² · °С;

$\lambda_{yt} = 0,034$ Вт/ м² · °С (таблиця 2.3).

$$\delta_{ym} \geq (2,49 - (\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,97 + \frac{0,04}{0,13})) * 0,034 = 0,036 \quad \text{м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляційних плит 40мм.

2. Опор теплопередачі цегляної стіни з утеплювачем за формулою (3.1) та (3.2):

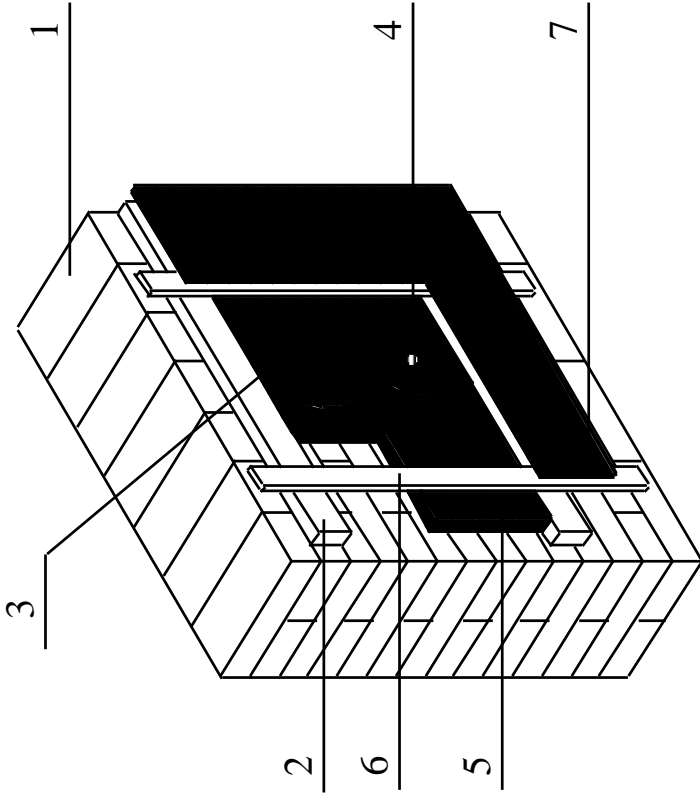
$$R_{ym} = \frac{0,04}{0,034} + \frac{0,04}{0,13} = 1,484 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 1,484 + 0,97 = 2,61 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$$

$$R_0 = 2,61 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт} > R_{тр.} = 2,49 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

Розрахункове значення опору теплопередачі перевищує нормоване значення опору теплопередачі зовнішньої стіни, отже товщина утеплюючого матеріалу вибрана вірно.

3. Одноразові затрати C_d , грн./м², на будівництво фасадної системи:



1. Цегляна кладка, керамзитобетонні панелі, блоки з пористого бетону
2. Горизонтальна обрешітка (дерев'яні або металеві профілі)
3. Вітрозахисна мембрана
4. Анкерівка тарілочними дюбелями
5. Утеплювач **NOBASIL LF**
6. Несуча конструкція під облицювання фасаду
7. Зовнішнє облицювання (дерев'яне, метал, сайдинг, скло, камінь)

Рисунок 3.8 - Конструкція стіни схема 8.

Таблиця 3.11 – Приблизні витратні матеріали

№	Матеріал	Одиниця виміру	Вартість за одиницю грн. з ПДВ	Кількість на 1 м ² фасаду	Вартість усього грн. з ПДВ
1	Камінь для облицювання 600x100x40 мм	м ²	101,92	10	101,92
2	Направляючий профіль	м.п.	12,71	3,8	48,30
3	Дерев'яний профіль	м.п.	6,00	2	12,00
4	Вітрозахисна мембрана	м ²	11,30	1	11,30
5	Тарілковий дюбель	шт	0,52	5	2,60
6	Утеплювач NOBASIL LF товщиною 40мм	шт	10,25	1	10,25
7	Кут спеціальний «вентильований»	м.п.	14,17	2,4	34,01
8	Віконні обрамлення, розгортка	м ²	84,20	0,15	12,63
9	Монтажні роботи / шефмонтаж	м ²	68,80	1	68,80
Всього приблизна вартість за 1 м ² системи					301,81

Одноразові затрати на будівництво фасадної системи з використанням панелей NOBASIL LF складають $C_d = 301,81$ грн./м².

ВИСНОВКИ

Визначено, що одним з ефективних шляхів вирішення проблеми організації енергозберігаючих режимів експлуатації існуючих споруд, які б забезпечували належні санітарно-гігієнічні умови в приміщеннях при мінімальних обсягах теплопостачання є термореновація (або термомодернізація) огорожувальних конструкцій будинків.

На основі проведених досліджень виконана техніко-економічна оцінка сучасних теплоізоляційних матеріалів та запропоновано використання ефективного теплоізоляційного матеріалу, що дозволяє зробити наступні висновки:

1. Збереження будинків та споруд, які є пам'ятниками архітектури чи входять у заповідний архітектурний ансамбль.
2. Зберігаються існуючі будівельні конструкції, які не потребують заміни.
3. Фасадні системи утеплення будинків та споруд є одним з найбільш ефективних конструктивних прийомів покращення теплоізоляційних характеристик огорожуючих конструкцій. При використанні фасадних систем утеплення забезпечується не тільки високий показник опору теплопередачі, але й нормальний режим вологості конструкцій при експлуатації, та комфортні умови для проживання.
4. Скорочуються витрати на опалення будинків та споруд у зимовий період до 40%.
5. Зниження викидів шкідливих речовин у атмосферу при опаленні будинків.
6. Утеплення огорожуючих конструкцій зовні призводить до розташування зони від'ємних температур ближче до зовнішнього контуру стіни, усунення виникнення конденсату водяної пари на внутрішній поверхні огорожуючих конструкцій, (запобігання виникнення плесні).

7. При панельному будівництві – усунення проблем з протіканням крізь щілини між панелями.
8. Найбільш ефективний температурно-вологовий режим спостерігається в конструкції з вентиляваним фасадом.
9. Для виконання термореноваційних робіт методом штукатурення найбільш економічно доцільним матеріалом є утеплювач FASROCK-L торгової марки ROCKWOOL.
10. Для виконання фасадної системи утеплення з повітряним шаром («вентильований фасад»
11. Найбільш економічно доцільним матеріалом є утеплювач PANELROCK торгової марки ROCKWOOL.

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. Басок Б.І., Давиденко Б.В., Гончарук С.М. Різноваріантна термореновація огорожувальних конструкцій частини поверху існуючої адміністративної будівлі та моніторинг тепловтрат при її тривалій експлуатації. *Наука та інновації*. 2013. Т. 9, № 2. С. 18-21.
3. Бородин А.И. Определение температуры на внутренней поверхности в углу наружной стены. *Изв. Вузов. Строительство*. 2007. №2.- с. 76-79.
4. Бобров Ю.Л., Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М., Петухова Е.Ю. Теплоизоляционные материалы и конструкции. Москва: ИНФРА-М, 2003г. 268с.
5. 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).
6. 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).
7. 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).
8. 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).

9. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожеж. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011–10–01]. Київ. 2011. 127 с. (Національні стандарти України).
10. ДСТУ ISO 9001: 2015 Система управління якістю. Вимоги: - [Чинний від 2015–12–31]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2016. 31 с. (Національні стандарти України).
11. 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).
12. 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).
13. 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).
14. Зарубина Л.П. Теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы, технологи. БХВ-Петербург, 2008 р. 240 с.
15. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей: Навчальний посібник. иїв: Основа, 2001.336с.
16. Кирнос В. М., Залунин В. Ф., Дадиверина Л. Н. Организация строительства: учеб. пособие. Днепропетровск.: Пороги, 2005. 309 с.
17. Кривенко П.В., Пушкарьова Е.К., Барановський В.Б. Будівельне матеріалознавство. підручник. Київ: Либідь, 2012 245 с.
18. Курбатов В. Л. Повышение эффективности энергосбережения совершенствованием теплозащиты наружных стен зданий // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2004. № 3. С.46 – 47.

19. Наукові основи розвитку будівельної галузі України монографія /за ред. І. А. Арутюнян. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. 460 с.
20. Опоряджувальні роботи: Матеріали, технологія і організація робіт, засоби механізації. Монографія /за ред. О.М Лівінського. Київ: «МП Леся», 2005. 486 с.
21. Павлов І.Д., Терех М.Д., Полтавець М.О. Оптимізація управлінських рішень в будівництві: навч.-метод. посібник. ЗДІА. Запоріжжя: ЗДІА, 2016. 73 с.
22. Пушкарьова К.К. Сучасні українські будівельні матеріали, виробництва та конструкції. Київ: Асоціація «ВСВБМВ», 2012. 664 с.
23. Улаштування навісних вентилятованих фасадів: патент N2146323 України. опубл. 10.03.2000 р.
24. Современные технологии в строительстве: учебник для студ.высш.учеб.заведен./под ред. А.И. Менейлюка. Киев : Освіта України, 2010. 549 с.
25. Саджениця В. Енергозбереження в житлово-комунальному господарстві України. *Ринок інсталяцій*. 2005. № 4. С. 22–23.
26. Технологія будівельного виробництва: підручник / за ред. В.К. Чернетка, М.Г. Ярмолена. Київ: Вища шк., 2002. 430 с.
27. Технологія будівельного виробництва практикум. навч. посібник для внз / за ред. М. Г. Ярмоленко. Київ : Вища школа, 2007. 207 с.
28. Технология строительного производства: учебник для вузов/ за ред. С.С. Атаев, Н.Н. Данилов, Б.В. Прыкин и др. Москва: Стройиздат, 1984. 59 с
29. Технология строительного производства /под общ. ред. О.О. Литвинова и Ю.А. Белякова. Киев: Вища шк.,1984. 479с.
30. Технология строительного производства справочник / под. ред. С.Я. Луцкий, С. С. Атаев. Москва : Высшая школа, 1991 384 с.
31. Теличено В.И., Терентьев О.М., Лapidус А.А. Технология строительных процессов: Учебник для строительных вузов. Москва: Высшая школа, 2005. 392 с.

32. Термомодернізація житлового фонду: організаційний, юридичний, соціальний, фінансовий і технічний аспекти: Практичний посібник. Видання 3-тє, актуалізоване. / за ред.. Бригілевича В. Львів, 2016. 186 с.
33. Чернявський В.В. Кліматичні фактори впливу на теплоізоляційні фасадні системи з тонким штукатурним шаром. *Містобудування та територіальне планування*. 2010. №37. с. 559-564.
34. 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.
35. Сучасні теплоізоляційні матеріали [Електронний ресурс] - Режим доступу: «Термолайф»<http://www.termolife.com.ua/pages/89/>
36. УкрТеплоізоляція [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ukrteploizolyatsiya.com.ua>
37. Теплоизоляционные материалы ИзOVER [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.isover.ua>
38. Теплоаудит [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ua.polifasadkiiev.com/teploaudit.html>
39. Тепловизор: маленький прибор избавит от больших проблем [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.teploby.com/sovety/252/Тепловизор_маленкий_прибор_избавит_от_bolshih_problem.html
40. Якісна Теплоізоляція. Принципи інтегрованого термічного захисту [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://passivehouse-igua.com/passivehouse/passive-house-integrated-thermal-protection/>
41. Сучасні конструктивно-технологічні рішення фасадних систем. Загальні положення/ О.П. Конончук// [Електронний ресурс] –2013. - Режим доступу: <http://dl.tntu.edu.ua/content.php?cid=137214>

42. Конструктивно-технологічні рішення вентиляованих фасадних / О.П. Конончук // [Електронний ресурс] –2013.- Режим доступу: <http://dl.tntu.edu.ua/content.php?cid=137213>

43. Елементарні заходи щодо збереження енергії в період опалення будинків[Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.kaniv.net/news.php?p=11583>

44. Women in Europe for a Common Future [Електронний ресурс] – Режим доступу: wecf.eu