

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО- НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
Кафедра Промислове та цивільне будівництво  
(повна назва)

## Кваліфікаційна робота

рівень вищої освіти Магістр  
(рівень вищої освіти)

на тему: **Аналіз іноземного досвіду вибору технологій та матеріалів утеплювання фасадів будівель**

Виконав: студент 2 курсу, групи  
8.1929- пцб з  
Малашок Олексій Вікторович  
(прізвище та ініціали)

спеціальність  
192 Будівництво та цивільна інженерія  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

освітньо-професійна програма  
промислове і цивільне будівництво  
(шифр і назва)

Керівник проф., к.т.н. Бичевий П.П.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц. З.Т.И. Зрешко  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2020 року

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

Кафедра Промислового та цивільного будівництва  
Рівень вищої освіти магістерський  
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
(код та назва)  
Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»  
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«12» 05 2020 року

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Малашок Олександр Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Аналіз іноземного досвіду вибору технологій та матеріалів утеплювання фасадів будівель

керівник роботи Бичевий Петро Павлович, к.т.н., проф.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «15» 05 2020 року  
№ 599с

2 Строк подання студентом роботи 04.12.2020

3 Вихідні дані до роботи нормативно-технічна документація, вихідні дані стосовно іноземного досвіду вибору технологій та матеріалів утеплювання

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз теоретично-методологічних аспектів сучасної ефективного утеплення фасадів. 2. Аналіз технологій ефективного утеплення фасадів сучасними матеріалами. 3. Вибір матеріалів для улаштування фасадних утеплюючих систем 4. Основні контролю якості та охорони праці

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) вісім листів

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання видав
Розділ 1	Бичевий П.П.	<i>Бичевий</i>
Розділ 2	Бичевий П.П.	<i>Бичевий</i>
Розділ 3	Бичевий П.П.	<i>Бичевий</i>
Розділ 4	Бичевий П.П.	<i>Бичевий</i>

7 Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Аналіз теоретично-методологічних аспектів сучасного ефективного утеплення фасадів	з 01.10 по 24.10.2020
2	Аналіз технології ефективного утеплення фасадів сучасними матеріалами	з 25.10 по 15.11.2020
3	Вибір матеріалів для улаштування фасадних утеплюючих систем	з 16.11 по 06.12.2020
4	Основни контролю якості та охорони праці	з 18.11 по 06.12.2020

Студент *[підпис]* О.В. Малашок  
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) *[підпис]* П.П. Бичевий  
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено  
Нормоконтролер *[підпис]* Данкевич Н.О.  
(підпис) (ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Малашок О.В. Аналіз іноземного досвіду вибору технологій та матеріалів утеплювання фасадів будівель.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник П.П. Бичевий, Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету, 2020.

В роботі проведено аналіз різновидів систем утеплювання фасадів та технологій виконання, на підґрунті дослідження теоретично-методологічних підходів стосовно технології утеплення фасадів житлових будівель ефективними будівельними матеріалами.

Обґрунтовано удосконалення методів технології ефективного утеплення фасадів сучасними матеріалами, проведено порівняльний аналіз, відокремлені переваги та недоліки утеплюючих систем.

**Ключові слова:** фасад, утеплення, енергозбереження, навісний вентиляований фасад, «мокрый фасад», пінополістирол, мінеральна вата, утеплююча фарба, сучасні будівельні матеріали, аналіз.

Бичевий П.П., Малашок О.В. Аналіз іноземного досвіду вибору технологій та матеріалів утеплювання фасадів будівель. *Збірник наукових праць студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів кафедри ПЦБ*. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020.

## АННОТАЦИЯ

Малашок А.В. Анализ зарубежного опыта выбора технологий и материалов утепление фасадов зданий.

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 192 - Строительство и гражданская инженерия, научный руководитель П.П. Бичевой, Инженерный учебно-научный институт Запорожского национального университета, 2020.

В работе проведен анализ разновидностей систем утепления фасадов и технологий выполнения, на основе исследования теоретико-методологических подходов к технологии утепления фасадов жилых зданий эффективными строительными материалами.

Обоснованно усовершенствования методов технологии эффективного утепления фасадов современными материалами, проведен сравнительный анализ, отделенные преимущества и недостатки утепляющих систем.

Ключевые слова: фасад, утепление, энергосбережения, навесной вентилируемый фасад, «мокрый фасад», пенополистирол, минеральная вата, утепляющая краска, современные строительные материалы, анализ.

Бичевой П.П., Малашок О.В. Аналіз іноземного досвіду Вибори технологій та матеріалів утеплювання фасадів будівель. Збірник наукових праць студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів кафедри ПГС. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020.

## ANNOTATION

Malashok OV Analysis of foreign experience in the choice of technologies and materials for insulation of building facades.

Qualification final work for obtaining a master's degree in the specialty 192 - Construction and Civil Engineering, supervisor PP Bychev, Engineering Educational and Scientific Institute of Zaporizhia National University, 2020.

The analysis of types of systems of warming of facades and technologies of performance is carried out in the work, on the basis of research of theoretical and methodological approaches concerning technology of warming of facades of inhabited buildings by effective building materials.

The improvement of methods of technology of effective warming of facades by modern materials is substantiated, the comparative analysis is carried out, advantages and lacks of warming systems are allocated.

Key words: facade, warming, energy saving, hinged ventilated facade, "wet facade", expanded polystyrene, mineral wool, insulating paint, modern building materials, analysis.

Bicheviy P.P., Malashok O.V. An analysis of the earth's susceptibility to the selection of technologies and materials for insulating the façades of the building. Zbirnik naukovikh prats of students, masters, graduate students, young graduates of the Department of PCB. Zaporizhzhia: INNI ZNU, 2020.

## ЗМІСТ

<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНО-МЕТОДОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ СУЧАСНОГО ВИРІШЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ .....</b>	<b>12</b>
1.1 Аналіз стану зовнішнього та внутрішнього утеплення стінового огородження різноманітними матеріалами.....	12
1.2 Світовий ринок ізоляційних матеріалів .....	31
1.3 Аналіз статистики використання теплоізоляційних продуктів .....	34
1.4 Технології теплоізоляції стін .....	36
1.5 Аналіз різновидів систем утеплювання фасадів та технологій їх виконання ..	44
1.6 Аналіз контактних або «мокрих фасадних систем» .....	52
1.7 Аналіз улаштування теплоізолюючого покриття рідкими сумішами-утеплюючими фарбами. ....	54
<b>РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ЕФЕКТИВНОГО УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ СУЧАСНИМИ МАТЕРІАЛАМИ .....</b>	<b>59</b>
2.1 Аналіз технологій монтажу систем утеплення.....	59
2.2. Аналіз ефективності використання розглянутих систем утеплення .....	70
<b>РОЗДІЛ 3. ВИБІР МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ УЛАШТУВАННЯ ФАСАДНИХ УТЕПЛЮЮЧИХ СИСТЕМ.....</b>	<b>73</b>
3.1 Вибір матеріалів для улаштування утеплюючого шару фасадних систем .....	73
3.2 Вибір матеріалів і технологій кріплення утеплювача до поверхні стіни.....	78
3.3 Вибір матеріалів для формування каркасів кріплення опоряджувального шару .....	83
3.4 Вибір матеріалів для формування опоряджувального шару вентиляованих систем .....	84
3.5 Визначення безпечних методів виконання робіт з улаштування фасадних систем .....	86
<b>РОЗДІЛ 4. ОСНОВИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ.....</b>	<b>90</b>
4.1 Загальні вимоги до будівельних майданчиків. ....	90
4.2 Вимоги безпеки до облаштування і утримання будівельних майданчиків, виробничих ділянок і робочих місць. ....	91
4.3 Вимоги безпеки під час складування будівельних матеріалів і конструкцій.....	96
4.4 Вимоги електробезпеки на будівельних майданчиках .....	99
<b>ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ .....</b>	<b>108</b>
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>111</b>

## ВСТУП

За останні роки в Україні все більш гострішим стає питання енергозбереження. Враховуючи постійну тенденцію до зростання цін на енергоносії, все більш виникає необхідність в їхній економії.

Найважливішу роль в цьому напрямку відіграє економія паливно-енергетичних ресурсів. Заходи, що забезпечують інтенсифікацію енергозбереження, мають значно вищу рентабельність порівняно з нарощуванням енергоресурсів. Економія енергії сьогодні розглядається багатьма розвиненими країнами як найважливіша національна економічна проблема.

Економічна тому, що енергетичні витрати сьогодні складають левову частку собівартості будь-якого виду продукції, товарів або послуг. На вирішення цієї проблеми в багатьох країнах спрямована уся міць законів і норм.

Якщо врахувати, що половину від загальної площі усіх експлуатованих будівель в Україні складає житловий фонд і на їхнє опалення витрачається величезна кількість енергоресурсів, то стає ясно, що для народного господарства першорядне значення має підвищення експлуатаційних характеристик будівель, оскільки саме тут закладені перспективи реальної економії енергоресурсів і можливості виконання енергозбереження.

Таким чином, житлово-комунальне господарство є значним споживачем паливно-енергетичних ресурсів, а тому і перспективи економії енергоресурсів так само знаходяться в цьому комплексі.

Американський вчений Девід Орт сформулював принципи проектування і будівництва енергоефективних будівель, в т.ч. за рахунок використання матеріалів з максимальним опором теплопередачі для скорочення непродуктивних витрат тепла.

Аналіз показує, що зовнішні огорожувальні конструкції, вікна та інші по енергоемності значно поступаються зарубіжним аналогам.

Витрати енергії на експлуатацію існуючого фонду житлових і



громадських будівель в три рази перевищують аналогічні показники розвинених європейських країн.

Теплоізоляція житла у сучасних умовах є дуже актуальним питанням для багатьох жителів України, та причина цьому не тільки в кліматі, але й у значному дорожчанні енергоносіїв та якості багатоквартирних будівель, значна кількість яких відрізняється дуже незадовільною теплоізоляцією.

Вирішення проблеми енергозбереження будівлями та спорудами досить ефективно шляхом теплоізоляції їхніх фасадів, для чого використовують дві різновидності систем - контактну та навісну вентилявану. В будівельній практиці

названі системи між собою відрізняються принципами конструктивно-технологічного вирішення опоряджувальних шарів. В контактних вирішеннях опоряджувальний шар має безпосередній контакт з теплоізолюючим матеріалом і виконується нанесенням штукатурних або шпаклівочних, сумішей (у рідкому, мокрому стані, що надає таким системам іншої назви - «мокрих»). Вентильовані системи між теплоізолюючим матеріалом та опоряджувальним включають повітряний прошарок вентиляційного призначення. Кожна названа система має декілька десятків варіантів видів, зумовлених прийнятими матеріалами для кріплення теплоізолюючого, улаштування опоряджувальних шарів, металевого каркасу вентиляваних систем. Конструктивні схеми залишаються практично, незмінними.

Усі відомі декілька десятків способів улаштування теплоізолюючого шару зводяться до механічного кріплення мінераловатних або пінополіетирольних плит за допомогою полімерних дюбелів та клейового полімерними сумішами. Плити відносяться до дефіцитних та висококоштовних виробів, а полімерні матеріали мають обмежений термін експлуатації, пов'язаний з їхньою схильністю до старіння.

Наведені недоліки можуть бути усунені використанням так званих теплоізолюючих фарб у складі полімерного в'язучого та вакуумних кульок, які загалом утворюють шар високого опору теплопередачі. Раціональним

напрямок вдосконалення може бути заміна полімерних в'язучих на рідинне скло композиційного складу з модифікуючими добавками.

В порівнянні з мінераловатними та пінополістирольними плитами можуть знайти використання теплоізолюючі панелі типу сендвіч, які мають огорожуючі поверхні з міцного шару, з розчину на основі рідинного скла, а заповнення - з мінеральної вати (шлаковати), яка являється продукцією вітчизняних виробників.

Достатньо складне та ресурсоємне вирішення кріплення оздоблювального шару вентиляованих систем за допомогою каркасу з оцинкованого металевих сортamentу з обмеженою довговічністю в порівнянні з нормативними термінами експлуатації будівель і споруд має альтернативу - так звана «Українська стіна». До «Української стіни» входять системи утеплення «Дюбель», «Консоль», «Кронштейн». Варіант «Консоль» передбачає улаштування опоряджувального шару з цегли, якій може бути надано певна декоративна виразність.

**Актуальність теми роботи.** Сумнівів в актуальності теплоізоляції стін будинку в умовах постійного збільшення вартості енергоносіїв ні у кого виникнути не може. Теплоізоляційні заходи допоможуть зберегти в приміщенні комфортну температуру і, відповідно, істотно знизити витрати на опалення. Будь-який будинок виконує функцію зберігання тепла, і будівельні роботи обов'язково передбачають утеплення стін. Архітектори, дизайнери, виробники розробили велику кількість різних утеплювачів, матеріали, різні за ціною і за якістю. У кожного свій рівень технологічності, екологічності та горючості. Залежно від того, як наноситься той чи інший матеріал, буде зрозуміла здатність пропускати і зберігати тепло в приміщенні.

Сучасні зарубіжні технології утеплення будівель дозволяють якісно захищати фасади від дії температур і атмосферних опадів та забезпечувати їхній естетичний вигляд. Існує кілька найбільш часто застосовуваних способів зовнішньої теплоізоляції. Вибрати оптимальний варіант для використання в Україні є актуальним завданням на сьогоднішній день.

**Метою роботи** є дослідження теоретично-методологічних підходів

стосовно технології утеплення фасадів житлових будівель та вибір ефективних сучасних будівельних матеріалів для утеплення.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення в роботі таких **основних задач:**

- дослідити основні теоретико-методологічні аспекти перспектив сучасних рішень по ефективному утепленню фасадів;
- з'ясувати суть кожного з видів системи утеплення та розглянути технологію виконання;
- проаналізувати існуючі матеріали, які використовуються в системах енергозбереження будівель;
- обґрунтувати переваги та недоліки найбільш використовуваної в теперішній час системи енергозбереження.

**Об'єктом дослідження** є технології утеплення фасадів житлових будівель сучасними будівельними матеріалами.

**Предметом дослідження** є визначення найбільш ефективної системи утеплювача фасадів будівель на сьогоднішній день.

**Методологія дослідження:** аналіз та оцінка літературних джерел, фізичних та економічних показників та їхній системний аналіз.

**Наукова новизна** роботи полягає у дослідженні методологічних підходів стосовно технології утеплення фасадів житлових будівель сучасними будівельними матеріалами.

У роботі висвітлені загальні проблеми та проведений аналіз сучасного стану технологій (рішень) утеплення фасадів житлових будівель сучасними будівельними матеріалами.

**Практичне значення.** Аналіз результатів різних систем утеплення може бути виокремлений для подальшої розробки рекомендацій при виборі утеплення огорожувальних конструкцій та розробки систем підбору оптимізаційних рішень при виборі ефективних варіантів теплоізоляції для конкретних випадків.

# **РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНО-МЕТОДОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ СУЧАСНОГО ВИРІШЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ**

## **1.1 Аналіз стану зовнішнього та внутрішнього утеплення стінового огородження різноманітними матеріалами**

Кожен будівельний матеріал має певні екологічні витрати, що витікають з його виробництва, експлуатації та подальшої утилізації. Для пом'якшення цих витрат, можна використовувати низку принципів для надання допомоги та вказівок щодо вибору стійких матеріалів та будівельних систем. Ретельний аналіз та обґрунтований підбір матеріалів, включаючи розгляд того, яким чином матеріали поєднуються, можуть суттєво покращити комфорт та економічну ефективність будинків, значно зменшивши їх вплив на довкілля та на навколишнє середовище. При проектуванні та будівництві також важливо враховувати підходи, які полегшать пристосування, повторне використання та врешті-решт демонтаж будівлі.

Вибираючи міцні матеріали з низьким рівнем обслуговування, потреба в нових матеріалах може бути мінімізована протягом усього терміну експлуатації будівлі.

Так, до вибору будівельних матеріалів та інших аспектів проектування, у країнах з високою сейсмічною активністю та холодним кліматом, таких як Киргизстан, Казахстан, Монголія, особлива увага приділена стійкому до землетрусів проектуванню та утепленню, якщо будинки мають бути довговічними та енергоефективними. У наш час на ринку доступна велика кількість варіантів утеплення із синтетичних та природних матеріалів.

Здебільшого домобудівна промисловість вибирає легкодоступні та економічно ефективні ізоляційні матеріали. Однак існує потреба у виявленні, розповсюдженні та використанні екологічно чистих та економічно вигідних

ізоляційних виробів, виготовлених із матеріалів, що постачаються на місцевому рівні. Ці матеріали, виготовлені з натуральних волокон, спочатку можуть здаватися дорожчими, але їх використання також може принести користь суспільству через створення робочих місць.

Прикладом впровадження такого типу матеріалів є проект UNIDO (Організація промислового розвитку об'єднаних націй) де у низці країн була впроваджена ізоляція на основі овечої вовни. Овеча шерсть - це природний, стійкий матеріал, що піддається вторинній переробці, який біологічно розкладається. Це не загрожує здоров'ю людей чи навколишньому середовищу, і, на відміну від скловати, не вимагає при монтажі та установці використання індивідуальних засобів захисту.

Шерсть - це високоефективний ізолюючий матеріал, який може працювати краще, оскільки він здатний поглинати і виділяти вологу.

Незалежно від того, чи планується в проекті будівництва будівлі інвестувати в сонячні батареї, сонячне опалення води, теплові насоси чи будь-яке інше джерело зеленої енергії для нашого будинку, першим кроком, який ми повинні зробити, є поліпшення теплоізоляції нашого будинку. Це забезпечить використання природних ресурсів, при цьому оптимізацію екномії енергії на експлуатацію можна максимізувати, не витрачаючи достатньо більших витрат на модернізацію інших систем. Якщо ми проігноруємо цей крок, ми можемо в підсумку витратити багато грошей на придбання дуже потужної системи для задоволення енергетичних потреб погано утепленого будинку. Теплоізоляція - один із найефективніших способів заощадити енергію: За оцінками, типовий трикімнатний будинок-будинок може зменшити витрати на енергію до 400 доларів США на рік в результаті встановлення утеплювача стін лофта та теплоізоляції. Утеплювач допомагає підтримувати будинок при бажаній температурі круглий рік, захищаючи його від холоду взимку та надлишкового тепла влітку. Ізоляція також має переваги зменшення шуму. Добре утеплений будинок може бути енергоефективним, потребуючи зовсім небагато додаткового опалення та

охолодження [1-10]. Скільки грошей можна заощадити утепленням будинку, залежить від ряду різних факторів, таких як тип утеплювача та розміри будинку. Більше того, залежно від віку будівлі, для утеплення ізоляції може знадобитися дозвіл на проектування, проте більшість будинків такого дозволу не вимагають. У довгостроковій перспективі утеплення окупить усі початкові витрати, і незмінно вважається розумною інвестицією. Сучасні будинки зазвичай будуються за дуже добрими та ефективними стандартами теплоізоляції, але старі будинки часто вимагають багато роботи в цьому відношенні. На щастя, існує безліч варіантів підвищення енергоефективності старих будинків.

У холодну погоду тепло може втрачатися від будинку в усіх напрямках, і власники повинні розглянути вбудовану ізоляцію, щоб забезпечити належне утримання тепла. Розумний вибір - утеплення дахів, підлоги, стін, вікон та дверей.

Найголовнішим із них є стіни, оскільки в типовому будинку на них припадає від 30 до 40% втрат тепла. Далі йдуть дахи, на які припадає приблизно 25% втрат тепла; потім вікна та двері, через які втрачається 10-20%; і, нарешті, підлоги.

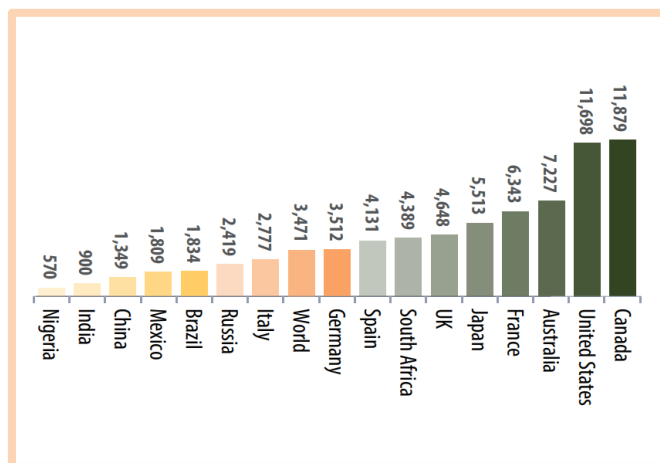


Рисунок 1.1 - Світовий сценарій використання електроенергії в домашніх умовах (кВт-год / рік)

Потреби в утепленні будинку задовольняються різноманітними природними або синтетичними матеріалами. Процес виробництва та

застосування різняться залежно від конкретного дизайну будинків та конкретної задіяної конструкції. Потреби в енергії матеріалів також різняться з точки зору енергії, споживаної на виробництво, транспортування та застосування. Теплоізоляція будівлі - це широкий термін, який означає будь-який об'єкт у будівлі, який використовується для утеплення будь-яких цілей. Хоча більшість утеплювачів у будівлях призначені для теплових цілей, цей термін також застосовується до звукоізоляції, пожежної ізоляції та удароізоляції (наприклад, коли вібрація повинна гаситися в промислових цілях).

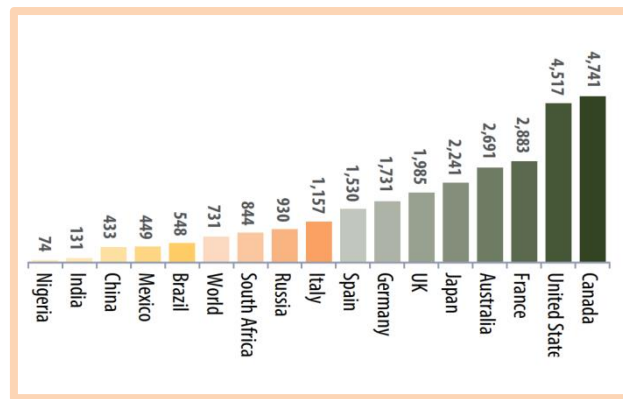


Рисунок 1.2 - Споживання електроенергії на душу населення (кВт-год / рік)

Часто ізоляційний матеріал вибирають за здатність виконувати відразу декілька з цих функцій. Ізоляція вимагає розумного планування. Це не тільки робить будинки теплішими взимку, але і допомагає підтримувати їх прохолоду влітку. Принцип роботи такий самий, як колба, яка може підтримувати напої гарячими або холодними, забезпечуючи ізолюючий шар між рідиною та зовнішнім повітрям. Повітря є поганим провідником тепла, і саме крихітні осередки повітря, що потрапили в ізоляційний матеріал, мінімізують кількість тепла, яке може проходити між внутрішньою і зовнішньою частиною будинку. Це означає, що взимку тепло залишається всередині будинку, а влітку - зовні. Різні типи ізоляційних матеріалів мають різні властивості, і, як результат, вони підходять для різних районів будівель.

Щоб зрозуміти, як працює ізоляція, корисно мати деякі знання про

тепловий потік, який включає три основні механізми: провідність, конвекцію та випромінювання. Провідність - це механізм, який спостерігається при проходженні тепла через матеріали, наприклад, коли ложка, поміщена в гарячу чашку кави, проводить тепло через свою ручку до нашої руки. Конвекція є свідченням того, коли тепло циркулює через рідини та газів, і тому в наших будинках опускається легше, тепліше повітря і прохолодніше, щільніше повітря. Променеве тепло рухається по прямій лінії і нагріває все тверде на своєму шляху, що поглинає його енергію.

Більшість поширених ізоляційних матеріалів працюють завдяки уповільненню провідного теплового потоку і, меншою мірою, конвективного теплового потоку. Променеві бар'єри, які не класифікуються як ізоляційні вироби, та відбивні системи ізоляції працюють за рахунок зменшення випромінювання тепла. Щоб бути ефективною, відбивна поверхня повинна бути звернена до повітряного простору. Незалежно від механізму, тепло тече з теплих у прохолодніші райони, поки не буде більше різниці температур.

У наших будинках це означає, що взимку тепло надходить безпосередньо з усіх опалювальних житлових приміщень на сусідні, неопалювані горища, гаражі та підвали, а також на вулицю. Теплові потоки також можуть відбуватися опосередковано через внутрішні стелі, стіни та підлоги, скрізь, де є різниця в температурі. Протягом сезонів, коли потрібно охолодження, тепло надходить ззовні до будинку. Для підтримки комфорту тепло, втрачене взимку, повинно бути замінено системою опалення, а тепло, отримане влітку, повинно бути видалено системою охолодження. Правильно утеплене житло зменшить ці втрати та прибутки, забезпечуючи ефективну стійкість до теплових потоків.

Теплоізоляція передбачає зменшення тепловіддачі (передачі теплової енергії між об'єктами при різній температурі), між об'єктами, що перебувають у тепловому контакті, або між об'єктами, що знаходяться в зоні дії радіаційного впливу. Теплоізоляція може бути досягнута за допомогою спеціально розроблених методів або процесів, а також шляхом вибору



відповідних форм та матеріалів об'єкта. Тепловий потік є неминучим наслідком, коли предмети з різною температурою контактують між собою. Теплоізоляція забезпечує ізоляційну область, в якій зменшується теплопровідність або відображається теплове випромінювання, а не поглинається тілом з нижчою температурою. Ізоляційна здатність матеріалу визначається його теплопровідністю, низька теплопровідність еквівалентна високій теплоізоляційній здатності (значення  $R$ ). У теплотехніці іншими важливими властивостями ізоляційних матеріалів є: щільність виробу ( $\rho$ ) та питома теплоємність ( $c$ ).

Стійкість ізоляційного матеріалу до провідного теплового потоку вимірюється або оцінюється за термічним опором або значенням  $R$ ; чим вище значення  $R$ , тим більша його ефективність як ізолятора. Значення  $R$  залежить від типу утеплювача, його товщини та щільності. Під час обчислення значення  $R$  багатошарової установки, значення  $R$  окремих шарів повинні складатися. Встановлення більшої кількості утеплювача в будинку збільшує значення  $R$ , а отже, і опір тепловому потоку. Фахівці з теплоізоляції можуть визначити ступінь ізоляції, який підходить для будь-якого клімату. Ефективність опору ізоляційного матеріалу тепловому потоку також залежить від того, як і де встановлена ізоляція. Наприклад, стиснута ізоляція не забезпечить її повне, номінальне значення  $R$ . Загальне значення  $R$  для стіни або стелі буде дещо відрізняться від значення  $R$  для самої ізоляції, оскільки тепло легше протікає крізь шпильки, балки та інші будівельні матеріали, у явищі, відомому як теплові перемички. Крім того, ізоляція, яка заповнює будівельні порожнини досить щільно, щоб зменшити потік повітря, також може зменшити конвективні втрати тепла. Необхідна кількість ізоляції, або значення  $R$ , залежить від клімату, типу системи опалення та охолодження та частини будинку, яку слід утеплити. Повітряне ущільнення та контроль вологості важливі для енергоефективності, здоров'я та комфорту будинку.

Теплопровідність вимірює легкість проходження тепла через матеріал

шляхом провідності, що є основним способом передачі тепла через ізоляцію. Теплопровідність часто називають величиною  $\lambda$  (лямбда) або величиною  $k$ ; і чим нижче показник, тим кращі показники. Простіше кажучи, ця величина є мірою здатності матеріалу проводити тепло через свою масу. Різні ізолятори та інші типи матеріалів мають специфічні значення теплопровідності, які можна використовувати для вимірювання їх ефективності як ізоляторів. Теплопровідність можна визначити як кількість тепла / енергії (виражене в ккал, Вт $\cdot$ м або J), яке може проводитися в одиниці часу через матеріал одиниці площі та одиниці товщини, коли є одинична різниця температур. Теплопровідність може бути виражена у ватах (Вт) м $\cdot$ 1 °C $\cdot$ 1.

Паропроникність - це ступінь, в якій матеріал дозволяє проходити через нього воду. Він вимірюється швидкістю пропускання пари через одиницю плоскої площини матеріалу одиничної товщини, викликаної одиницею різниці тиску пари між двома конкретними поверхнями, за певних температурних та вологових умов. Теплоізоляцію зазвичай характеризують як паропроникну або непроникну. Помилково називаючи їх "конструкцією, що дихає", так названі стіни та дахи характеризуються здатністю передавати водяну пару зсередини на зовнішню частину будівлі, що зменшує ризик конденсації.

Питома теплоємність матеріалу - це кількість тепла, необхідна для підвищення температури 1 кг матеріалу на 1 K (або на 1 °C). Хороший ізолятор має більш високу питому теплоємність, це означає, що потрібен час, щоб поглинути більше тепла, перш ніж фактично нагрітися (показуючи підвищення температури) і передати поглинене тепло. Висока питома теплоємність - це особливість матеріалів, що забезпечують теплову масу або теплову буферизацію.

Щільність відноситься до маси на одиницю об'єму матеріалу і вимірюється в кг/м $\cdot$ 3. Матеріал з високою щільністю максимізує загальну вагу і є ознакою "високої" теплової дифузійності та "високої" теплової маси.

Вуглець є ключовим поняттям, коли йдеться про збалансування

викидів парникових газів, що утворюються при виробництві матеріалу, та викидів, збережених ізоляцією протягом усього його життя. Вуглець зазвичай розглядається як кількість вуглецю, що виділяється у вигляді газу з викопного палива, що використовується для виробництва енергії, необхідної для видобутку сировини та її виготовлення в готовий продукт, до того моменту, коли він виходить із заводських воріт. Насправді, звичайно, ступінь втіленого вуглецю сягає набагато більших значень. Це включає транспортування до місця, де буде використовуватися виріб, а також енергію, що використовується при установці, до енергії, необхідної для знесення та утилізації. Наука, пов'язана з вуглецем, все ще розвивається; отже, важко отримати надійні дані.

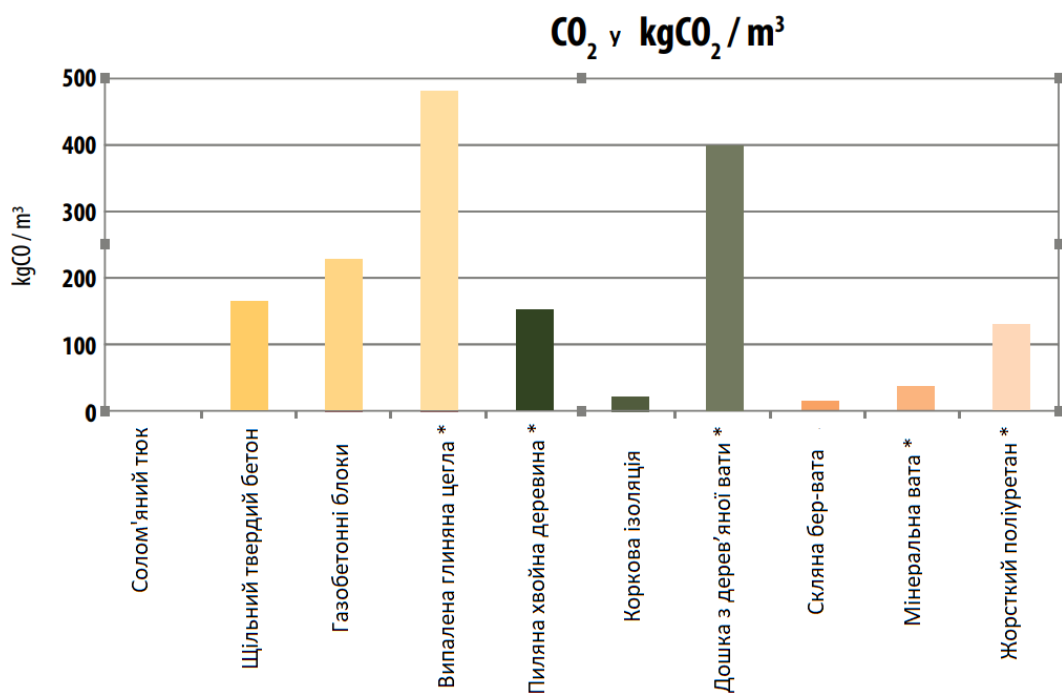


Рисунок 1.3 – Питимі витрати CO<sub>2</sub> для виробництва та використання матеріалів

Теплова дифузійність вимірює здатність матеріалу проводити теплову енергію відносно здатності її зберігати. Ізолятори мають низьку теплопроникність. Наприклад, метали швидко передають теплову енергію (саме тому вони холодні на дотик), тоді як деревина є повільним

передавачем. Мідь має теплову дифузійність  $98,8 \text{ мм}^2 / \text{с}$ , тоді як для дерева  $0,082 \text{ мм}^2 / \text{с}$ . Описані вище змінні пов'язані наступним рівнянням: теплопроникність ( $\text{мм}^2 / \text{с}$ ) = теплопровідність / щільність x питома теплоємність.

### 1.1.1 Основні світові види ізоляційних матеріалів

Склопластик є найбільш часто використовуваним ізоляційним матеріалом останніх часів. В результаті способу його виготовлення та виробництва, дрібні нитки скла утворюють ізоляційний матеріал, склопластик, здатний мінімізувати тепловіддачу. Зазвичай він використовується для виготовлення двох різних типів ізоляції: матів і рулонів та сипучих наповнювачів, а також його можна знайти у вигляді жорстких дощок. Зараз виробники у всьому світі виробляють ізоляційні вироби із склопластикової середньої та високої щільності, які мають дещо вищі значення R, ніж стандартні. Більш щільні вироби призначені для ізоляції приміщень з обмеженим простором. Склопластик - це негорючий ізоляційний матеріал. Більше того, це дешева форма утеплювача і тому є рекомендованим варіантом. Однак установка вимагає техніки безпеки. При роботі зі скловолокном важливо використовувати захисні окуляри, маски та рукавички.



Рисунок 1.4 – Теплоізоляційний матеріал, скловолокно

Термін "мінеральна вата" у світовому кругозорі теплоізоляційних матеріалів, означає кілька різних типів утеплювачів. По-перше, це може стосуватися скловати, яка є скловолокном, виготовленим із переробленого скла. По-друге, це може означати кам'яну вату, яка є різновидом утеплювача, виготовленого з базальту. Нарешті, це може також стосуватися шлакової вовни, яка виробляється із шлаку, що виробляється на сталеливарних заводах. Мінеральну вату можна придбати у вигляді матів або як сипучий матеріал. У більшості видів мінеральної вати немає добавок, які роблять їх вогнестійкими, а це означає, що вони є поганим вибором для застосування в місцях, де може бути присутнім сильний жар. Однак мінеральна вата не горюча. Тому, використовуючи разом з іншими, більш вогнестійкими формами утеплювача, мінеральна вата може бути ефективним вибором матеріалу для утеплення великих площ.



Рисунок 1.5 – Теплоізоляційний матеріал мінеральна вата

Целюлозна ізоляція - це, мабуть, одна з найбільш екологічних форм утеплення. Виробляється з переробленого картону, паперу та інших подібних матеріалів і постачається у вільному вигляді. Деякі недавні дослідження на целюлозі показали, що вона може бути чудовим продуктом для запобігання пошкодженню вогнем [33]. В результаті своєї щільної природи целюлоза практично не містить кисню. Ця відсутність кисню стримує горіння, а отже, допомагає мінімізувати кількість збитків, які може спричинити пожежа.

Виробники, як правило, додають мінеральної складової, іноді суміш з менш дорогим сульфатом амонію, до целюлозної ізоляції для забезпечення вогнестійкості та стійкості до комах. Целюлозна ізоляція, як правило, не вимагає вологозахисту та, при встановленні з відповідною щільністю, не осідає в порожнинах будівель.



Рисунок 1.6 – Теплоізоляційний матеріал целюлозна ізоляція

Ізоляція з пластикових волокон в основному виготовляється з перероблених пластикових пляшок (поліетилентерефталат або ПЕТ). Волокна формуються в ізоляційні стрічки, схожі на ті, що виготовляються із склопластику високої щільності. Ізоляцію обробляють вогнезахисною речовиною, щоб забезпечити її легку горючість, але вона плавиться під впливом вогню. Ізоляція з пластикового волокна не має властивості подразнювати поверхні шкіри при роботі з нею, але при використанні стандартних інструментів цей матеріал важко обробляти та різати.



Рисунок 1.6 – Теплоізоляційний матеріал з пластикових волокон

Деякі природні волокна, включаючи бавовни, овечу шерсть, соломку з коноплі, використовуються в якості ізоляційних матеріалів. Бавовняна ізоляція складається з 85% переробленої бавовни та 15% пластикового волокна, обробленого боратом: тим самим антипіреном та відлякувачем комах / гризунів, що використовується в целюлозній ізоляції. Наприклад, одним із видів продукції є утилізація обрізки відходів від виробництва синіх джинсів. В результаті вмісту, що переробляється, бавовняна ізоляція вимагає мінімальних витрат енергії для виготовлення. Бавовняна ізоляція також нетоксична і може бути встановлена без використання засобів захисту органів дихання або впливу шкіри. Однак бавовняна ізоляція коштує приблизно на 15-20% більше, ніж склопластикова вата.



Рисунок 1.7 – Теплоізоляційний матеріал з бавовняної вати

Коли використовується вівчана шерсть як ізолюючий матеріал, вона також обробляється боратом для захисту від шкідників, вогню та цвілі. Він вміщує велику кількість води, що може бути перевагою на деяких стінах, але багаторазове змочування та сушіння може призвести до вимивання бората з матеріалу. Овеча шерсть є перевіреним матеріалом, що стосується поглинання та нейтралізації шкідливих речовин. Це природний білок, що складається з 18 різних типів амінокислотного ланцюга, 60% якого мають

реактивний бічний ланцюг. Ці реакційно-здатні ділянки дозволяють шерсті поглинати шкідливі та неприємні запахи речовини, включаючи діоксид азоту, діоксид сірки та формальдегіди, які потім нейтралізуються за допомогою процесу, відомого як хемосорбція. Тому використання овечої вовни в якості утеплювача може забезпечити переваги з точки зору добробуту та сприяти створенню здорового клімату в приміщенні.



Рисунок 1.8 – Теплоізоляційний матеріал з вівчаної шерсті (овеча вовна)

Будівництво солом'яних тюків, яке було популярне близько 150 років тому, останнім часом викликає новий інтерес. Процес сплавлення соломи на дошки без клеїв був розроблений у 1930-х роках. Панелі зазвичай мають товщину від 5 до 102 мм від 2 до 4 дюймів і облицьовані важким крафт-папером з кожного боку.



Рисунок 1.9 – Теплоізоляційний матеріал з солом'яних тюків

Конопля є однією з найдавніших культурних рослин на землі і є



чудовим ізоляційним матеріалом, а також широко використовується для одягу, паперу, олії, палива, їжі та інших будівельних матеріалів. Конопля може вирости до висоти майже чотирьох метрів за 100-120 днів. Для вирощування конопель не потрібні хімічні речовини або потенційно токсичні сполуки. Окрім того, при виробництві, конопляна ізоляція потребує менше енергії, яка втілюється під час виробництва, вуглецева ізоляція є негативною, оскільки рослина поглинає вуглець з атмосфери, „замикаючи його” у міру зростання. Ізоляція з конопель - маловідомий матеріал, який зазвичай не використовується.



Рисунок 1.10 – Теплоізоляційний матеріал з конопляних рослин

Полістирол, безбарвний, прозорий термопластик, зазвичай використовується для виготовлення пінопластової ізоляції, ізоляції з бетонних блоків та різновидів ізоляції із сипучих матеріалів, що складається з невеликих гранул полістиролу.

Формований пінополістирол, який зазвичай використовується для утеплення пінопластової плити. Також пінополістирол можна використовувати як заливальну ізоляцію для бетонних блоків або інших порожнистих порожнин, але, оскільки вони надзвичайно легкі і дуже легко утримують статичний електричний заряд, їх, як відомо, важко контролювати. Іншими полістирольними ізоляційними матеріалами, є пінополістирол та екструдований полістирол. Значення  $R$  пінополістирольної плити залежить від її щільності. Полістирольна сипуча заливна шарова ізоляція, як правило, має нижчий коефіцієнт  $R$ , порівняно з еквівалентною пінопластовою

дошкою.

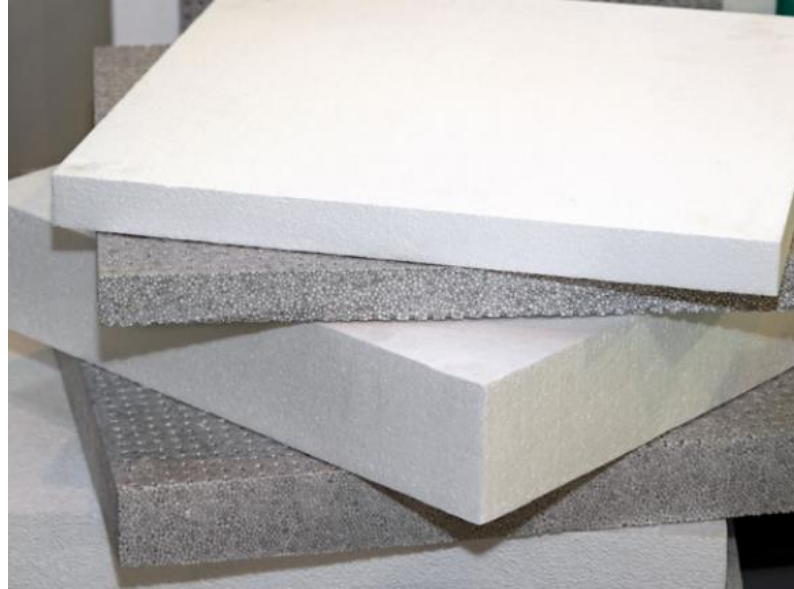


Рисунок 1.11 – Теплоізоляційний матеріал з полістиролу

Поліізоціанурат, також відомий зараз у світовій промисловості будівельних матеріалів як просто поліізо, є термореактивним видом пластикової піни із закритими клітинами, яка містить у своїх клітинах газ, що не містить гідрохлорфторвуглецю, з низькою провідністю. Високий тепловий опір газу надає поліізоціануратним ізоляційним матеріалам високі показники теплового опору. Він також може бути виготовлений у вигляді ламінованих ізоляційних панелей з різними облицюваннями. З часом значення  $R$  ізоляції з поліізоціанурату може впасти, оскільки газ із низькою провідністю у порожнечках виходить і замінюється повітрям, явище, відоме як тепловий дрейф. Фольга та пластикові облицювання на твердих пінопластових панелях з поліізоціанурату можуть допомогти стабілізувати значення  $R$ . Панелі з фольговою обшивкою мають стабілізовані значення  $R$ . Деякі виробники використовують поліізоціанурат як ізолюючий матеріал в конструкційних теплоізоляційних панелях (СПП), які можуть бути виготовлені як з пінопластової плити, так і з рідкої піни.



Рисунок 1.12 – Теплоізоляційний матеріал з поліізоціанурату

Поліуретан - це пінопластовий ізоляційний матеріал, який містить у своїх клітинах газ з низькою провідністю. Високий тепловий опір газу дає поліуретановим ізоляційним матеріалам високі значення теплового опору. Ізоляція з пінополіуретану доступна у закритих та відкритих камерах. У закритій камері піни клітини високої щільності закриваються і заповнюються газом, який допомагає піні розширюватися, заповнюючи простори навколо неї. Відкриті комірки з пінопласту не такі щільні і наповнені повітрям, надаючи цій формі ізоляції губчасту текстуру і нижчий показник  $R$ . Фольга та пластикові облицювання на твердих пінополіуретанових панелях можуть допомогти стабілізувати значення  $R$ , уповільнюючи тепловий дрейф. Світловідбиваюча фольга, якщо вона встановлена правильно і виходить на відкритий простір, може також служити перешкодою для випромінювання теплопередачі. Панелі з фольгованим облицюванням мають стабілізовані значення  $R$ . Поліуретанова ізоляція доступна у формі пінопласту та твердих пінопластових плит.



Рисунок 1.13 – Теплоізоляційний матеріал з поліуретану

Вермікулітові та перлітові теплоізоляційні матеріали зазвичай зустрічаються як утеплювачі горищ у будинках, побудованих до 1950 року. В світі вермікулітові ізоляційні матеріали сьогодні широко не використовуються через ризик вмісту азбесту. Вермикуліт і перліт складаються з дуже маленьких, легких гранул, які виготовляються шляхом нагрівання кам'яних гранул таким чином, що вони розширюються і спливають. Гранули можна заливати на місце або змішувати з цементом, щоб створити легку форму бетону, що має нижчу теплопровідність, ніж звичайний бетон.



Рисунок 1.13 – Теплоізоляційний матеріал з вермікуліту

Пінокарбамидно-формальдегідний пінопласт використовувався в будинках західної Європи та північної Америки протягом 1970-х - початку

1980-х. Однак у результаті численних судових справ, пов'язаних із охороною здоров'я, спричинених неправильним встановленням, піна більше не доступна для житлових приміщень і була дискредитована через її тенденцію до виділення формальдегіду та усадки. Зараз він використовується в основному для утеплення стін у комерційних та промислових будівлях. Піноізоляція використовує стиснене повітря як піноутворювач. Піна на основі азоту твердіє кілька тижнів, і, на відміну від поліуретанової ізоляції, пінокарбамидно-формальдегідний пінопласт не розширюється в міру затвердіння. Водяна пара може легко проходити крізь неї, і вона руйнується при тривалому впливі температур вище 190 ° F (88 ° C). Більш того, пінокарбамидно-формальдегідний пінопласт не містить антипіренів.



Рисунок 1.14 – Теплоізоляційний матеріал з пінокарбамидно-формальдегідного пінопласту

Цементний ізоляційний матеріал - це піна на цементній основі, яка використовується як пінопласт або пінопласт на основі піни. Один з видів цементної пінопластової ізоляції містить силікат магнію. З початковою консистенцією, подібною до крему, він закачується в закриті порожнини. Вартість цементуючої піни подібна до вартості пінополіуретану, вона нетоксична, не горюча і виготовлена з мінералів, видобутих з морської води, таких як оксид магнію.



Рисунок 1.15 – Теплоізоляційний матеріал з цементної ізоляції

Фенольна (фенолформальдегідна) піна була досить популярною у минулому у вигляді жорсткої пінопластової ізоляції, але в наші дні вона доступна лише як спінений на місці утеплювач. Фенольна пінопластова ізоляція використовує повітря як піноутворювач. Одним з основних недоліків фенольної піни є те, що вона може зменшитися до 2% після затвердіння, властивість, яка сприяє її недостатній популярності сьогодні.



Рисунок 1.16 – Теплоізоляційний матеріал з фенолформальдегідної піни

Ізоляція зазвичай працює завдяки поєднанню двох характеристик:

- Природна здатність ізоляційного матеріалу стримувати передачу тепла; та
- Використання комірок затриманого газу, які виконують роль природних ізоляторів.

Гази мають погані теплопровідні властивості порівняно з рідинами та твердими речовинами; тому, якщо вони можуть потрапити в пастку, вони

перетворюють матеріал в хороший ізоляційний матеріал. Диспергування газу в дрібних комірках, які не можуть ефективно передавати тепло завдяки природній конвекції, ще більше посилюють його ізоляційну ефективність. Конвекція включає більші об'ємні потоки газу, зумовлені плавучістю та різницею температур: вона не відбувається ефективно в малих камерах, де для її руху мало різниці щільності.

У пінопластових матеріалах у структурі присутні дрібні газові клітини або бульбашки; у тканинних утеплювачах, таких як шерсть, невеликі мінливі кишені повітря трапляються природним шляхом.

Ізоляція виступає бар'єром для теплового потоку і є важливою для збереження тепла взимку та прохолоди влітку. Добре утеплений та добре спроектований будинок може забезпечити цілорічний комфорт, потенційно зменшивши рахунки за охолодження та опалення вдвічі. Це, в свою чергу, зменшує викиди парникових газів. Кліматичні умови впливають на відповідний рівень та тип утеплювача.

Наприклад, потрібно встановити, чи потрібна ізоляція переважно для утримання тепла, або всередині, або і те, і інше. Ізоляція повинна бути розроблена для того, щоб справлятися з сезонними, а також щоденними коливаннями температури. Використання комбінації відповідних ізоляційних матеріалів та пасивної сонячної архітектури - це завжди хороша практика для ізоляції та енергозбереження.

## **1.2 Світовий ринок ізоляційних матеріалів**

У 2019 році міжнародна компанія з вивчення ринку опублікувала новий звіт під назвою «Ізоляція (пінопласт, мінеральна вата, склопластик та інші)». Ринок житлових будинків, нежитлового будівництва, аналіз, розмір, частка, ріст, сегмент, тенденції та прогноз, 2019 –2024. Згідно з цим звітом, до 2020 року світовий ринок утеплювачів очікується на рівні близько 65,0 млрд.

Доларів США, зростаючи із річними темпами зростання близько 6-8,0% у період з 2019 по 2024 роки. Ринок ізоляції сегментований на основі ключових продуктів, включаючи пластик, пінопласт, мінеральну вату, склопластик та інші. Склопластик - це найбільший сегмент продукції, на який у 2019 році припадало понад 40% загальної частки ринку. Склопластик зазвичай використовується в різних сферах застосування завдяки своїм чудовим властивостям і низькій вартості. Пластикові піни - ще один ключовий сегмент продукції в утепленні, і найближчим часом очікується її значне зростання.

Ізоляційні матеріали широко застосовуються в житлових будинках, нежитловому будівництві, промисловому, опалювальному, вентиляційному та кондиціонерному господарстві, виробнику оригінального обладнання та інших секторах. На ринку теплоізоляції домінує сегмент житлових будинків, на частку якого припадало понад 50% від загальної суми доходів, отриманих у 2019 році. Зростання цього сегменту в основному можна пояснити збільшенням урбанізації в поєднанні з високим наявним доходом. Азіатсько-тихоокеанський ринок - найбільший регіональний ринок теплоізоляції, в 2019 році він складає понад 40% від загального доходу, що генерується в цьому секторі. Очікується, що ринок теплоізоляції в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні буде швидко зростати внаслідок зростання державної підтримки та швидкого розвитку інфраструктури. За рівнем доходу Північна Америка була другим за величиною ринком для утеплення.

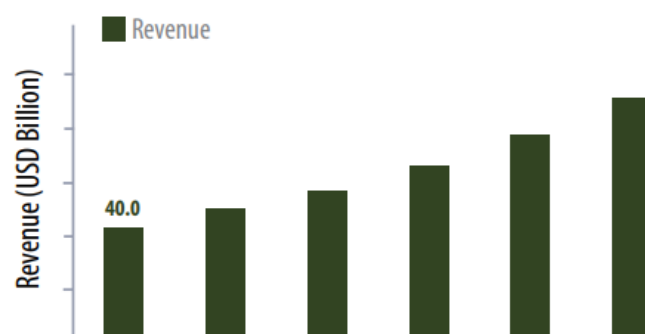


Рисунок 1.17 - Світовий дохід на ринку ізоляції за останні 5-ть років (у млрд. дол.)



Виробництво в будівельному секторі, обробна промисловість, витрати в будівельній галузі та тенденція до урбанізації є одними з макроекономічних факторів на ринку ізоляції. Розвинені економіки, такі як Північна Америка та Європа, запровадили правила, що стосуються енергоефективних будівель, а відповідно до Програми узгоджених дій щодо енергетичних показників будівель (спільна ініціатива між державами-членами Європейського Союзу та Європейською комісією), усі нові будівлі побудовані в державах-членах до як до 2020 року так і до 2025 року, повинні відповідати нормам нульової енергії. Навіть уряди країн, що розвиваються, активно сприяють використанню теплоізоляційних матеріалів.

Наприклад, ще в 2014 році Андхра-Прадеш (штат на південному сході Індії) прийняв Кодекс будівель енергозбереження, згідно з яким комерційні та громадські будівлі штату повинні скоротити витрати та різко зменшити споживання енергії на 40% до 60%, завдяки використанню зелених будівельних матеріалів. Такі нормативні акти та ініціативи визначені основними рушійними чинниками на ринку.

Однак існують проблеми, що стоять перед сектором теплоізоляції, такі як низька обізнаність з його матеріалами в країнах, що розвиваються, та високі капітальні витрати на встановлення теплоізоляції в будівлях. Очікується, що сприятливе регуляторне середовище, яке можна знайти в більшості частин світу, наприклад, будівельні норми в Європейському Союзі, які вимагають більшого використання ізоляції для зменшення споживання енергії, матиме позитивний вплив на зростання попиту. Крім того, очікується, що збільшення витрат на інфраструктуру на ринках Азії / Тихого океану, що розвиваються, таких як Індія, Китай, Індонезія та Таїланд, також сприятиме зростанню в період до 2024 року.

Очікується, що нестабільні ціни на ключову сировину залишаться значний виклик для гравців галузі. Сировина, така як стирол, який використовується для виробництва пінопластів, стикається з нестабільністю через різну ціну на сиру нафту. Очікується, що такі проблеми

представлятимуть виклики для гравців галузі з точки зору виробничих витрат та прибутковості.

Однак, як очікується, поточний період зниження цін на сиру нафту піде на користь попиту на пластикові піни. Високий рівень інтеграції існує на ринку пінопласту, оскільки постачальники сировини вперед інтегровані, а також виробляють ізоляційні вироби. Основні гравці у цій галузі, ймовірно, матимуть першочергову перевагу, щоб досягти значної частки ринку та товарного портфеля. Збільшення витрат на дослідження ключових гравців також, ймовірно, позитивно вплине на ринок. Більше того, провідні гравці зосереджуються на злиттях та поглинаннях, щоб розширити свою присутність у регіонах, що розвиваються.

### **1.3 Аналіз статистики використання теплоізоляційних продуктів**

Пінопласт був найбільшим споживаним продуктом у 2019 році, на який припадало понад 45% загального доходу сектору. Пінопласт широко використовується для теплової, а також акустичної ізоляції, як в житлових, так і в нежитлових приміщеннях, через його високу теплоізоляційну цінність. Ізоляційний склопластиковий матеріал, швидше за все, спричинить сплеск попиту у відновлюваному будівельному секторі в Сполучених Штатах Америки та Канаді. Цей виріб широко використовується в Північній Америці і є кращим вибором ізоляційного матеріалу в країні внаслідок його властивостей, низької вартості та простоти монтажу. Очікується, що зростаючий попит, особливо на теплоізоляцію в енергоефективних сферах, сприятиме загальному зростанню цього товарного сегменту.

Очікується, що сегмент житлового будівництва буде домінувати на ринку ізоляції, і до 2024 року обсяги продажів становитимуть понад 36,3 млрд. доларів США. Програма сприяння переорієнтації Міністерства

енергетики США, метою якої є підвищення енергоефективності домогосподарств з низьким рівнем доходу за рахунок федерального фінансування, очікується, що матиме позитивний вплив на попит на ізоляцію в житловому будівництві. Урбанізація в економіках країн Азії / Тихого океану, що формуються, збільшила потребу в кращій комерційній та державній інфраструктурі. Очікується, що ця тенденція в поєднанні із сприятливими нормами щодо енергоефективності задіяних будівель сприятиме зростанню попиту на ізоляцію в нежитлових будівництвах протягом прогнозованого періоду.

Азіатсько-тихоокеанський ринок утеплювачів очолив світову промисловість і склав понад 40% світового доходу в 2019 році. Ринок у цьому регіоні характеризується високим попитом на ізоляцію житлових та комерційних будівель. Високі темпи індустріалізації та збільшення витрат на будівництво в економіках Китаю, Індії, Індонезії, Таїланду, Малайзії та Філіппін зумовили потребу в покращенні інфраструктури. Очікується, що зростаючий попит на теплоізоляцію в житлових та комерційних будівлях стане основним фактором попиту в Північній Америці. Очікується, що висока обізнаність споживачів щодо енергозбереження та регуляторної політики щодо зменшення викидів парникових газів матиме позитивний вплив на регіональне зростання в цій галузі. На ріст північноамериканського ринку утеплювачів впливатимуть урядові ініціативи, такі як Програма допомоги погодним умовам, яка сприяє теплоізоляції, особливо у домогосподарствах з низьким рівнем доходу. Зростання регіонального попиту також можна пояснити попитом на ізоляційні матеріали, що виникає в результаті реконструкції будівель.

Світовий ринок утеплювачів характеризується наявністю багатонаціональних конгломератів. Виробництво ізоляційних матеріалів є капіталомістким, і, як результат, високі бар'єри для входу. Досягнення економії на масштабі залишається головним напрямком діяльності гравців в галузі, що стосується конкурентоспроможності. У галузі переважає невелика

кількість великих компаній, що мають дуже незначні відмінності у своїх товарних пропозиціях. Серед ключових гравців - SaintGobain, Rockwool, Johns Manville, Knauf та Huntsman Corporation. В результаті швидкого розвитку інфраструктури в регіонах, що розвиваються, основні гравці зараз зосереджуються на досягненні першочергової переваги на прибуткових ринках, які це створило. На конкуренцію в галузі сильно впливають екологічні норми.




Провідні гравці на світовому ринку ізоляційних матеріалів прийняли різні стратегії для отримання додаткової частки ринку. Основні використані стратегії були зібрані на основі аналізу прес-релізів, щорічних звітів гравців, що працюють на ринку, та прямих дискусій з експертами галузі. Учасники ринку, представлені в цьому посібнику, - це виробники та дистриб'ютори ізоляційних матеріалів, що обслуговують такі галузі, як будівництво, нафтогазова галузь, автомобільна промисловість, дроти та кабелі. Ключові стратегії, прийняті цими гравцями, включають випуск нових продуктів, спільні підприємства, придбання, партнерство, розширення та інвестиції.

З січня 2011 року по січень 2019 року в порівнянні з іншими регіонами світу в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні зареєстровано найбільшу кількість патентів на ізоляційні матеріали, тоді як Північна Америка була другою, а Європа - третьою.

#### **1.4 Технології теплоізоляції стін**

Теплоізоляційні стіни, що використовуються у різних країнах світу будуються з різних матеріалів [35-63], до прикладу, при будівництві традиційних будинків у Японії використовують, дерево або скловату, які мають нижчу теплопровідність порівняно зі склом та металом, що використовуються у відкритих деталях, їх показники теплоізоляції високі.

Таблиця 1.1 - Типологія житла існуючих звичайних окремих будинків у Японії з деревини та їх теплопровідність конструкцій

	Типовий відібраний будинок	Головна специфікація		Коефіцієнт теплопередачі (Вт/м <sup>2</sup> * К)
Період 1: 1946~1981	<p>Середній рік завершення: 1977</p>  <p>Звичайне розташування із тривалими кімнатами уздовж південної внутрішньої веранди</p>	Дах	- Японська покрівельна черепиця	1.11
		Поток (Верхнього)	- Перфорована акустична дошка - Термоізоляція: Скловата 10К 25 мм	
		Зовнішня стіна	-, Що Розпоршується лизин, на повному налагодженні міномета	0.84
		Внутрішня стіна	- Покрита дошка фанери - Термоізоляція: Скління wool10К 50 мм	
		Підлога (Нижній поверх)	- Настил дошки - Тепло insulation : none	2.44
		Відкриття	- Алюмінієве віконне плетіння, з єдиним глазуrowанием	6.51
Період 2: 1982~1991	<p>Середній рік завершення: 1987</p>  <p>Сучасне розташування LDK + Окремі спальні, зберігаючи аспекти стандартної конструкції першого покоління</p>	Дах	- Японська покрівельна черепиця	0.78
		Поток (Верхнього)	- Вінілова тканина на повному налагодженні гіпсової плити	
		Зовнішня стіна	-, Що Розпоршується лизин, на повному налагодженні міномета	0.77
		Внутрішня стіна	- Вінілова тканина на повному налагодженні гіпсової плити - Термоізоляція: Скловата 10К 50 мм	
		Підлога (Нижній поверх)	- Настил дошки - Термоізоляція: Пінополістирол 20 мм	1.02
		Відкриття	- Алюмінієве віконне плетіння, з єдиним глазуrowанием	6.51
Період 3: 1992~2004	<p>Середній рік завершення: 1999</p>  <p>Сильні впливи від індустріального дизайну корпусу</p>	Дах	- Промислова цементна покрівельна черепиця	0.44
		Поток (Верхнього поверху)	- Вінілова тканина на повному налагодженні гіпсової плити - Термоізоляція: Скловата 10К 100 мм	
		Зовнішня стіна	- Промисловий цементний запасний шлях	0.45
		Внутрішня стіна	- Вінілова тканина на повному налагодженні гіпсової плити - Термоізоляція: Скловата 10К 100 мм	
		Підлога (Нижній поверх)	- Настил дошки - Нагрійте insulation : Пінополістирол 50 мм	0.58
		Відкриття	- Алюмінієве віконне плетіння, з єдиним глазуrowанием	6.51
Період 4: 2005~2015	<p>Середній рік завершення: 2012</p>  <p>Сильні впливи від індустріалізованого дизайну корпусу</p>	Дах	- Покрівельна черепиця	0.35
		Поток (Верхнього поверху)	- Вінілова тканина на повному налагодженні гіпсової плити - Термоізоляція: Скловата 24К 100 мм	
		Зовнішня стіна	- Промисловий цементний запасний шлях	0.45
		Внутрішня стіна	- Вінілова тканина на повному налагодженні гіпсової плити - Термоізоляція: Скловата 10К 100 мм	
		Підлога (Нижній поверх)	- Настил дошки - Нагрійте insulation : Пінополістирол 45 мм	0.48
		Відкриття	- Алюмінієве віконне плетіння, з подвійним - глазуrowание	4.65

Однак, оскільки стіни складають великий відсоток площі на всю поверхню, теплоізоляційна структура стін широко впливає на загальні втрати тепла. Будинкові конструкції, для загального кола будинків, які зазвичай використовуються в Японії, мають різні типи, такі як дерев'яні, збірні, сталеві каркасні моменти, залізобетон тощо. При аналізі теплоізоляційних конструкцій з дерев'яного корпусу, який має відмінні показники теплоізоляції, представлені наступні методи теплоізоляції, нещодавно застосовані в Японії для будівництва в дерев'яній рамі, як конструкція два на чотири.

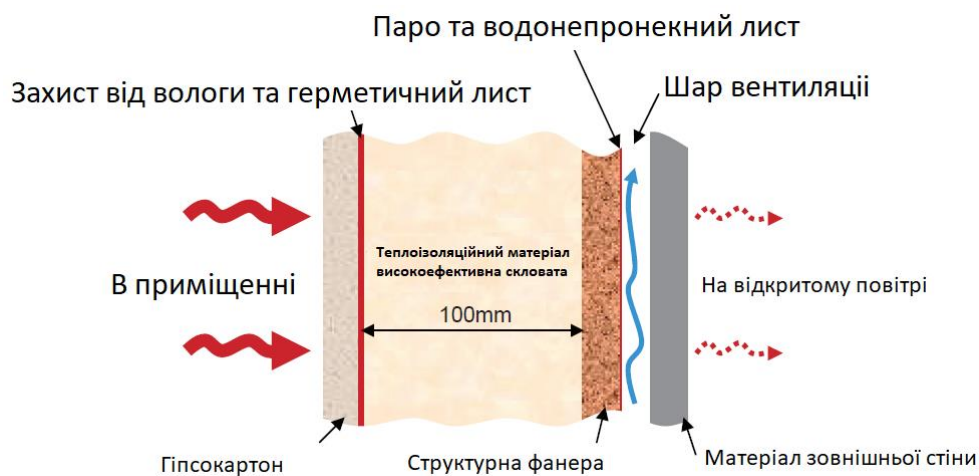


Рисунок 1.18 – Приклад методу виконання конструкції з високою теплоізоляцією для стін типового виконання

На рисунку 1.18 наведено приклад з високою теплоізоляцією конструкції для стін на основі загальної конструкції з дерев'яних каркасів. На внутрішній стороні зовнішнього матеріалу стіни розміщений вентиляційний шар, а на тильній стороні внутрішнього гіпсокартону - лист, що захищає від вологи та повітря. Шар вентиляції дозволяє запобігти проникненню тепловтрат через зовнішню стіну з приміщення, циркулюючи повітря, яке ближче до кімнатної температури, а не на вулиці. На додаток до цього, вентиляційний шар грає для скидання вологого повітря, що накопичується всередині стінової конструкції. В якості шкідливого ефекту через підвищення теплоізоляційних характеристик слід розглядати конденсацію роси. У

випадку, коли теплообмін розрізається шляхом вставки або розміщення з високими теплоізоляційними матеріалами, різкий градієнт температури, ймовірно, може спричинити на граничній поверхні, що контактує з теплоізоляційними матеріалами.

Як результат, конденсація відбудеться, якщо атмосферна вологість висока.

Конденсація не тільки погіршує довговічність корпусу, спричиняючи корозію компонентів, але також впливає на здоров'я, спричиняючи появу цвілі. Для запобігання цих шкідливих наслідків технологія контролю вологості всередині стінової конструкції відповідає високій теплоізоляції, яка стає досить важливою. В якості протидії для цього розміщений вологозахисний та повітряно-герметичний лист на тильній стороні внутрішньої стіни гіпсокартону. Цей лист запобігає проникненню вологого повітря, що потрапляє всередині приміщення, через гіпсокартон і проникає всередину теплоізоляційного матеріалу. На додаток до цього, завдяки ущільненню невидимого зазору при з'єднанні частини стінових матеріалів, втрати тепла зменшуються. Завдяки такій структурі стін показники теплоізоляції набули високого рівня при коефіцієнті тепловіддачі  $0,4 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$ . Теплоізоляційні характеристики цілого корпусу на основі цієї стінової конструкції досягаються вдвічі при коефіцієнті теплових втрат  $1,3 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}$ , порівняно із загальним досягнутим методом дерев'яного каркасу. Ці значення на рівні відповідають стандартам енергозбереження в північній Європі. На рисунку 1.19 наведено приклад методу з високою теплоізоляцією конструкції із застосуванням внутрішньої стіни та утеплення зовнішньої стіни на основі загальної дерев'яної каркасної конструкції.

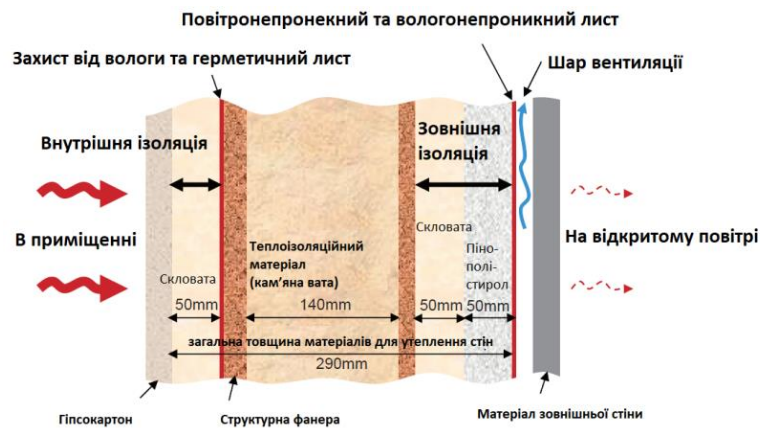


Рисунок 1.19 - Приклад методу виконання конструкції з високою теплоізоляцією для внутрішньої та зовнішньої ізоляції стін типового виконання

По суті, ключові відділи «утеплення внутрішніх стін» та «утеплення зовнішніх стін» використовуються у багатьох працях зарубіжних науковців [25-35] як технічний термін, що означає, як покриваття бетонної стіни ізоляційними матеріалами, але останнім часом цей термін стає загальним. На внутрішню сторону зовнішньої стіни наноситься ізоляційний матеріал товщиною 100 мм (полістирол: 50 мм, скловата: 50 мм). Для внутрішньої ізоляції стін на тильну сторону гіпсокартону наноситься ізоляційний матеріал товщиною 50 мм (скловата: 50 мм). Оскільки захисний та вологозахисний лист розміщений на зовнішній стороні внутрішньої стінової ізоляції, лист дозволяє запобігти проникненню вологого повітря всередину теплоізоляційного матеріалу (кам'яної вати), як попередній приклад, показаний на Рисунок 1.20. Завдяки такій конструкції стіни показники теплоізоляції набули дуже високого рівня при коефіцієнті теплопередачі  $0,13$  ( $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ).





Рисунок 1.20 - Приклад методу виконання конструкції фундаменту з високою теплоізоляцією

На рисунку 1.20 наведено приклад методу будівництва фундаментів з високою теплоізоляцією. Що стосується утеплення зовнішньої стіни для фундаментів, то ізоляційний матеріал товщиною 120 мм покритий зовнішньою стороною бетонної стіни фундаменту. На додаток до цього, між поверхнею землі та бетонною плитою укладається ізоляційний матеріал товщиною 200 мм. Теплопровідність бетону, що використовується в фундаменті, приблизно в 10 разів більша, ніж у дерева, і бетон легше пропускає тепло (рисунок 1.21).

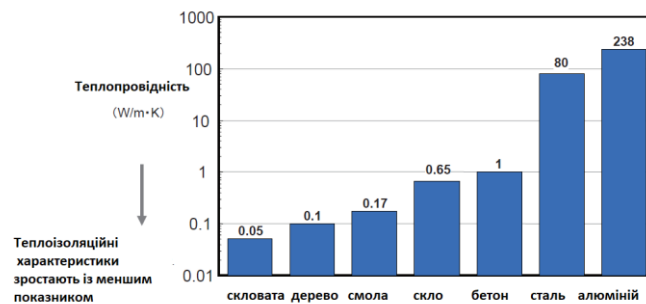


Рисунок 1.21 - Теплові властивості репрезентативних матеріалів, що використовуються в житлі

Ця теплоізоляційна конструкція дозволяє запобігти тому, щоб температура фундаменту стала такою, як зовнішня атмосферна температура. Завдяки цьому ефекту зменшається втрати тепла, викликані потоком тепла від дерев'яної конструкції до бетонного фундаменту.

При розгляді прикладів огорожуючих конструкцій у Великобританії [42-55] та прийнятих засобів зменшення енергопотребності будівель (Рисунки 1.22, 1.23, 1.24, 1.25), та збільшення опору теплопередачі будівель, були розглянуті типові загальноприйняті засоби модернізації огорожуючих будівель для декількох стандартних будівель.



Рисунко 1.22 – Типові житлові будівлі у Великобританії 1,2,3.



Рисунко 1.23 - Ілюстрований поперечний переріз зовнішньої стіни будівлі №1, до модернізації та після модернізації.

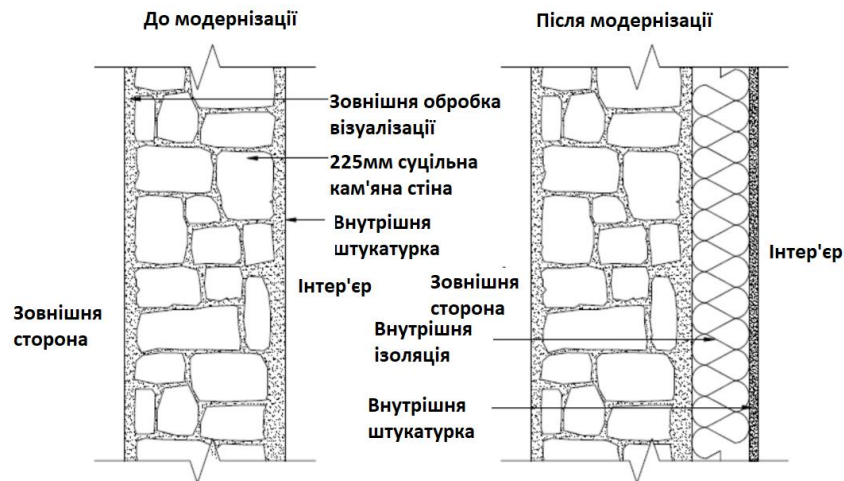


Рисунок 1.24 - Ілюстрований переріз зовнішньої стіни будівлі №2 випадку, до модернізації та після модернізації.

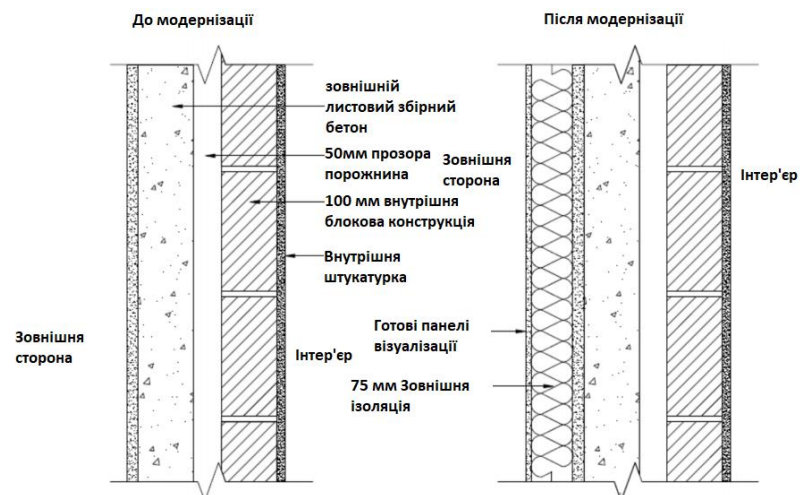


Рисунок 1.25 - Ілюстрований переріз зовнішньої стіни будівлі №3 випадку, до модернізації та після модернізації.

Стає зрозумілим, що не існує єдиного рішення для підвищення енергоефективності огорожувального приміщення існуючого житлового приміщення. Різноманітність методів будівництва ілюструє вимогу застосовувати один із варіантів модернізації відповідно до конкретного типу конструкції та будинку, замість того, щоб намагатися створити один з варіантів та застосовувати його до кожного будинку. Варіант модернізації стін виявляється значно дешевшим за капітальні витрати без нього, а також забезпечує дуже короткий термін окупності для інвесторів.

Підходи до проектування огорожувальних конструкцій виходять з:

- кліматичних параметрів кожного конкретного випадку;
- підходу до проектування будівель з застосуванням традиційних для регіону матеріалів;
- загальної економічної ситуації.

Утеплення стін зсередини має ряд недоліків. По-перше, порушуються вимоги щодо паропроникності шарів при влаштуванні багатошарової стінової конструкції збільшується зсередини назовні. Для запобігання зволоження теплоізоляції з середини потрібен пароізоляційний шар. Якщо не облаштувати належним чином вентиляцію, на пароізоляційному шарі буде утворюватися конденсат. Також, при розташуванні утеплювача з внутрішньої сторони стін він скоротить значну частину житлової площі, тому більшою популярністю користується зовнішнє утеплення стін.

### **1.5 Аналіз різновидів систем утеплювання фасадів та технологій їх виконання**

У відповідності до нормативів до конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією з вентильованим прошарком та опорядженням індустріальними елементами являє собою наступне конструкційне рішення.

Шар теплової ізоляції кріпиться до несучої стіни, до якої теж кріпиться каркас, що включає кронштейни та вертикальні і горизонтальні направляючі для навішування опоряджувального і шару зі штучних виробів. Головною ознакою вентильованих систем являється наявність повітряного прошарку між поверхнями теплоізолюючого та опоряджувальних шарів. В іншому варіанті опоряджувальний шар виконують з стінових штучних виробів (цегли) без використання металевого каркасу.

Теплоізоляційний шар кріпиться до стінової поверхні з використанням клейових та механічних способів, які призначені для зниження напруження

від власної ваги матеріалу та передачі навантаження на стінове огородження.

Опоряджувальний шар крім надання фасаду потрібної архітектурно-декоративної виразності служить для захисту теплоізолюючого шару від дії атмосферних факторів та виконує функцію утворення повітряного прошарку, тобто вентиляційного каналу.

Для облаштування опоряджувального шару використовують кріпильний каркас, який закріплюється до несучої стіни та який включає систему кронштейнів, вертикальних і горизонтальних направляючих.

Вентильований повітряний прошарок між поверхнями теплоізоляції та опорядження призначений для усунення накопичення та видалення вологи зі складових.

Фасадні теплоізолюючі вентильовані системи характеризуються наявністю наступних конструктивних складових:

- тепло ізолюючого шару, який кріпиться до поверхні стінового і огородження;
- каркасу, який кріпиться до стіни та до якого, в свою чергу кріпиться опоряджувальний шар;
- опоряджувальний шар зі штучних виробів. Між теплоізолюючим та опоряджувальним шарами розташований повітряний прошарок.

Усі відомі конструктивно-технологічні рішення відрізняються між собою наступними ознаками:

- тепло ізолюючий шар найчастіше представлений мінераловатними або пінополістирольними плитами, поверхні яких повинні бути покриті плівками з функціями захисту від механічних пошкоджень та гідро ізолюючого бар'єру з паро газопроникністю;
- способом клеєвого кріплення теплоізолюючої плити;
- конструкцією каркасу для кріплення опоряджувального шару;
- штучними виробами для улаштування опоряджувального шару;

Як видно, для вентильованої фасадної системи використовують міцні матеріали з характерними відмінностями.

Навісна тепло ізолююча вентилярована система має наступні особливості.

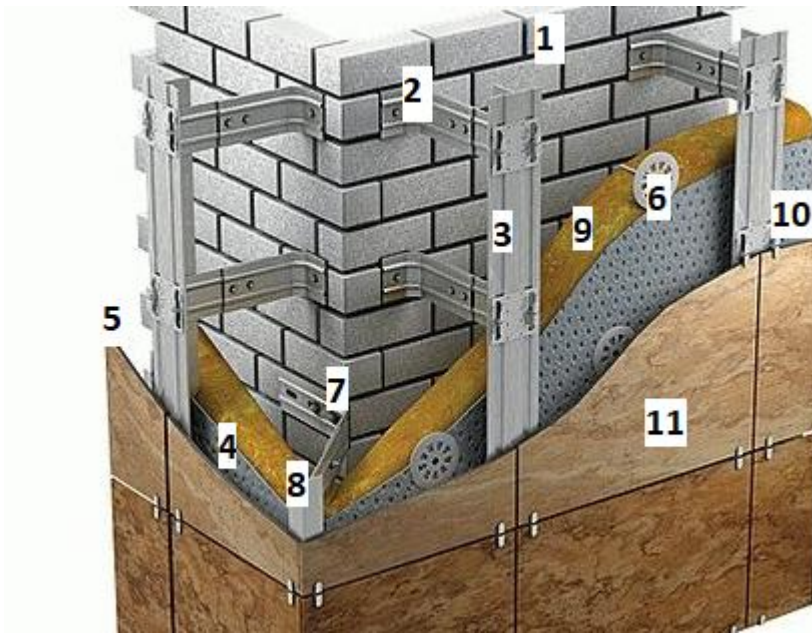
### **1.5.1 Аналіз навісних систем вентиляованих фасадів**

Навісний вентиляований фасад - система, що складається з облицювальних матеріалів, які кріпляться на сталевий оцинкований, сталевий нержавіючий або алюмінієвий каркас, який завчасно закріплюють до несучого шару стіни або до монолітного перекриття. В зазорах між облицюванням і утепленням вільно циркулює повітря, яке прибирає конденсат і вологу з конструкцій (рисунок 1.26) [64].

Батьківщиною навісних вентиляованих фасадних систем в їх сучасному вигляді прийнято вважати Німеччину (проте системи улаштування фасадів, схожі на сучасні вентиляовані фасади раніше згадуються в Скандинавських і країнах Західної Європи) [64]. Починаючи з 1950-х років, там проводилися наукові дослідження, були розроблені конструктивні елементи і технологія монтажу вентиляованого фасаду.

На сьогоднішній день в Німеччині веде свою діяльність Асоціація матеріалів і комплектуючих для вентиляованих фасадів, кожні два роки проводиться Німецька фасадна премія для вентиляованих фасадів. З середини 90-х років вентиляовані фасадні системи приходять в Україну, і з тих пір активно впроваджуються в українську будівельну практику.

Першими будівлями, на яких встановлювалися навісні вентиляовані фасадні системи, були великі комори, сараї і стайні, тому спочатку такий метод облицювання називався «метод облицювання комор з відкритими швами». При цьому методі дерев'яне облицювання стіни виготовляють з лісоматеріалів, які підганялися впритул один до одного, з закритими швами, але нагорі і внизу такого фасаду залишаються отвори для відводу води і випаровування зайвої вологи, якщо раптом дощ або інші атмосферні опади проникнуть всередину цього облицювання.



- 1 - існуюча зовнішня несуча стіна;
- 2 - опорний кронштейн з прокладкою;
- 3 - вертикальний Т-подіюний профіль;
- 4 - повітряний прошарок;
- 5 - кляммер;
- 6 - дюбель;
- 7 - кронштейн кутового профілю;
- 8 - кутовий профіль;
- 9 - утеплювач (не входить до стандартного комплекту системи)
- 10 - вітрозахисна мембрана;
- 11 - фасадний керамограніт.

Рисунок 1.26- Конструктивні елементи вентиляованих систем утеплення фасадів.

Незважаючи на те, що такий метод виготовлення фасадів успішно застосовувався в будівництві протягом декількох століть, наукові дослідження принципів, закладених в його основу, почалися тільки в 1940-х роках. Дуже скоро з'ясувалося, що принципи функціонування вентиляованих фасадів, виготовлених по цій середньовічній технології перевершують всі інші технології облицювання будівель, відомі раніше і які використовувались

в той час. Найцікавіше, що і сьогодні, при усіх досягненнях науки і техніки, технологія облицювання будівель навісними вентиляльованими фасадними системами є найдосконалішою і неперевершеною за всіма параметрами.

Більш ранні дослідження показали [65], що для стін будівель, виготовлених з цегли або цементу, слід усувати тривалий вплив дощів і інших атмосферних опадів, захищати пористу структуру будівельних матеріалів, з яких виготовлені стіни, від проникнення в них води. Незахищені цегляні або цементні стіни вбирають вологу, як промокальний папір, що призводить до їхнього передчасного руйнування та необхідності частого ремонту.

Так виникла ідея кріплення на пористу цегляну або бетонну стіну зовнішнього захисного екрану. У той же час стало ясно, що такий захисний екран дуже легко зробити не тільки функціональним, але в той же час і дуже естетичним, що прикрашає будівлю. Справді, якщо початкова мета зведення такого екрану чисто практична (захист від дощу), то чому б цьому екрану не бути ще і красивим?

Будівельні технології продовжували вдосконалюватися, і разом з ними ідея фасаду як захисного екрану для несучих стін будівлі теж продовжувала розвиватися.

### **1.5.2 Види навісних вентиляльованих фасадів**

В оздобленні будівель застосовуються різні види вентиляльованих фасадів, що виготовляються з матеріалів, які відрізняються характеристиками, формою, зовнішнім виглядом і цінами:

- Керамограніт являє собою штучний матеріал (рисунок 1.27), отриманий методом пресування спеціальної суміші і подальшого випалення. Цей матеріал довговічний, міцний і не реагує на перепади температур. Керамограніт найчастіше використовується в якості облицювання фасадів.

Основою навісного вентиляльованого фасаду з керамограніта є



конструкція, яка примикає до стіни будівлі з зовнішньої сторони. Вона являє собою екран, встановлений на деякій відстані від теплоізолюваної стіни. Між екраном і стіною залишають зазор, який виконує вентиляційні функції, видаляючи надлишки вологи зі стін і атмосфери будівлі.

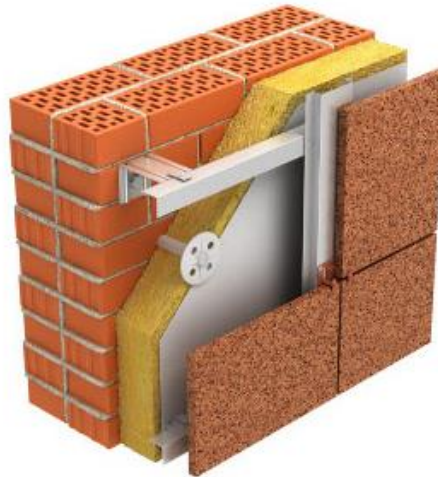


Рисунок 1.27 - Конструкція навісної вентиляційної системи з плитами керамограніту

Таким чином, у внутрішніх приміщеннях створюється оптимальний мікроклімат зі збалансованою вологістю. Крім виведення надлишків вологи, конструкція успішно виконує теплозберігаючі функції. У цьому випадку утеплювач встановлюється таким чином, що зазор залишається між теплоізоляцією і екраном [66].

- Агломератна плитка або штучний камінь: складається з суміші кам'яної крихти різного розміру і цементного розчину. Поєднує в собі усі переваги натурального каменю. Плити з цього матеріалу досить важкі, тому вони монтуються на каркас з нержавіючої сталі. Плити зі штучного каменю абсолютно інертні до всякого роду впливів, пожежобезпечні і довговічні;

- Фіброцементні плити (рисунок 1.28) - складаються з цементу, мінеральних наповнювачів та армуючих волокон. Екологічний матеріал, що має відмінні шумо- та теплоізоляційні властивості. Один з найбільш дешевих матеріалів для облицювання, що ні в якому разі не знижує його привабливість.

Фіброцементна плита - це високоякісний матеріал, виготовлений пресуванням цементу і мінеральних наповнювачів. Матеріал має гладку поверхню і характеризується хорошими теплоізоляційними властивостями, несприйнятливими до морозу, вологи і стійкий до механічного впливу і температурних перепадів.

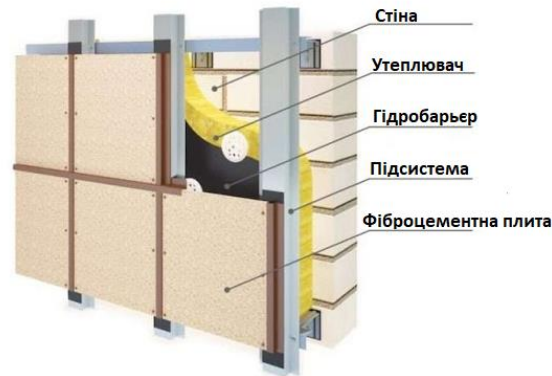


Рисунок 1.28 - Конструкція навісної вентиляованої системи з фіброцементними плитами

Фіброцемент негорючий і не містить екологічно шкідливих речовин. Застосовуючи плити з фіброцементу в опорядженні вентиляованих фасадів, отримують не тільки естетичний і привабливий зовнішній вигляд, але і міцне високоякісне покриття, яке прослужить не один десяток років.

Алюмінієві композитні панелі: виготовлені з двох забарвлених листів алюмінію з запресованим між ними листом з полімерного або мінерального матеріалу. Панелі мають товщину від 2 до 6 мм, досить легко гнуться. Ці панелі монтуються з відкритим міжпанельним стиком та ущільненим стиком або з водозахисним екраном та відкритим стиком. Різні модифікації композитних панелей мають різну ступінь вогнестійкості.

Алюмінієвий вентиляований фасад (рисунок 1.29) - є самим передовим рішенням щодо поліпшення зовнішнього вигляду будівель будь-яких форм і конструктивних рішень.



Рисунок 1.29 - Фасад будівлі з алюмінієвих композитних панелей

Однією з найбільших переваг фасадних систем з алюмінієвих композитних панелей є довговічність матеріалу використовуваного при монтажі. Алюміній не схильний до впливу зовнішнього навколишнього середовища. Алюміній дуже корозійностійкий матеріал, тому виготовлені з нього системи Навішування і самі касети дають можливість забути про фасадні роботи на термін більше 50-ти років. Лист з алюмінію на відміну від композитної панелі є абсолютно не горючим матеріалом (температура плавлення становить 660 С), що дозволяє застосувати листи з алюмінію в будівництві будь-якої висотності.

Алюмінієвим фасадним панелям можна надати будь-яку форму відповідно до геометрії будівлі або побажаннями замовника, колір листа може бути будь-яким з кольорової палітри, що дає можливість вибрати свій індивідуальний і неповторний стиль. Крім того, алюмінієвий вентиляований фасад виконує захисні функції по відбиванню електромагнітних хвиль. Відбивається набагато більша кількість хвиль, ніж цегляною стіною товщиною в 1 метр. У свою чергу, це сприятливо впливає на здоров'я людей, які працюють або проживають в будинку.

Зручність застосування листа полягає в тому, що на відміну від композитної панелі його не потрібно фрезерувати, алюміній дуже пластичний матеріал, легко піддається згинанню, не вимагає склепування кутів, має малу вагу, що в свою чергу знижує навантаження на фундамент і

несучу конструкцію.

Алюмінієві композитні панелі легко монтуються з мінімальною кількістю витраченого часу. Цей фасад легко обслуговується в процесі експлуатації, не вимагаючи великих тимчасових і матеріальних витрат. З поверхні легко видалити пил і сліди від атмосферних впливів звичайною водою.

### **1.6 Аналіз контактних або «мокрих фасадних систем»**

Один з найбільш доступних за ціною і оптимальних з точки зору способів улаштування теплоізоляції фасаду - так званий «мокрый фасад» [67]. В першу чергу, потрібно відзначити, що назва терміну пов'язана з технологією улаштування цього фасадного покриття з використанням штукатурки. Перед нанесенням на стіну, як того вимагають правила, розводиться водою. Природніше було б назвати цю технологію не «мокрою», а, наприклад, штукатурною, але в мові з деяких причин прижився саме такий варіант.

Цей спосіб дає також великий простір для декорування будинку, так як матеріали для фінішного покриття мають багату кольорову палітру, з'являються нові фарбувальні суміші, що дають можливість створення цікавої фактури, наприклад, мозаїчної, з імітацією каменю або цегельної кладки, структури «короїд». Технологія постійно вдосконалюється, з'явилися теплоізоляційні плити з екструдованого полістиролу, на поверхні якого заздалегідь нанесений оздоблювальний шар. Існує кілька видів «мокрого фасаду». Виділяють кілька основних систем [68]:

- Органічні - з використанням пінополістиролу як утеплювач [69]. Армуючим покриттям служить армовані шари з органіки, а, в якості фінішного, використовують силіконові або органічні штукатурки.

- Мінеральні - в даній системі в якості утеплювача беруть мінераловатну плиту [70]. Армуючий шар виконується з склосітки, а вже фінішне покриття складається з мінеральної і силіконової штукатурки.

- Комбіновані - з використанням пінополістиролу і мінеральних матеріалів (рисунок 1.30) складається з декількох шарів, що мають певну функцію.

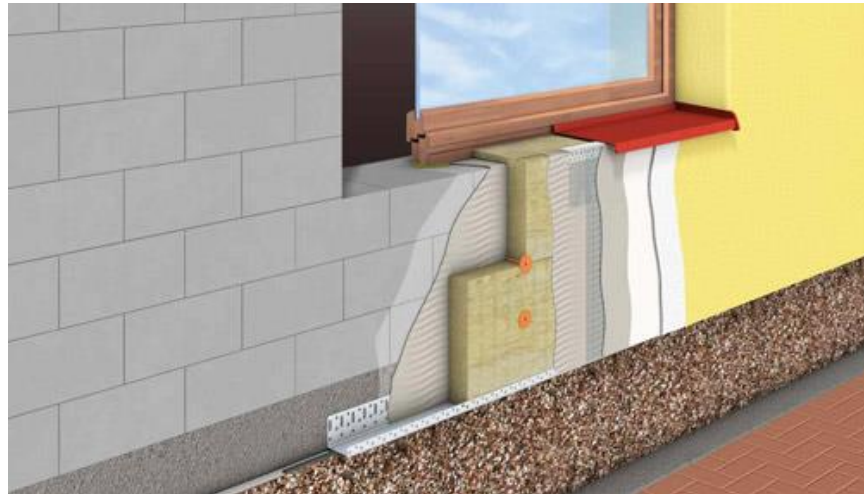


Рисунок 1.30 - Схема «мокрої» фасадної системи Мокрий фасад

Для створення теплоізоляційного шару застосовується пінополістирол фасадних марок, середня густина матеріалу 16-17 кг/м<sup>3</sup>, альтернативою є мінераловатна плита середньої густини 120-170 кг/м<sup>3</sup>. Щоб визначити товщину теплоізоляційного шару слід зробити точний теплотехнічний розрахунок.

Для вирівнювання поверхні фасаду та надійної фіксації теплоізоляційних плит влаштовується армований шар. Він служить основою для\* зовнішніх шарів і складається з клейової суміші і армуючої склосітки, стійкої до впливу лугів.

Для захисту усіх верств і створення декоративних ефектів служить фінішний - шар, для його створення застосовуються штукатурні склади різного типу - силікатні, силіконові, мінеральні. Мінеральну штукатурку на завершальному етапі монтажу «мокрого» фасаду забарвлюють спеціальними фарбами, часто застосовуються силіконові штукатурки, які забарвлюються

по нсій товщі.

«Мокрий» фасад передбачає монтаж теплоізоляції з зовнішнього боку будинку, отже, корисна площа приміщення не зменшується. У той же час комфортабельність житла підвищується - в холодну пору року стіни не продуваються і не промерзають, температура всередині приміщення розподіляється рівномірно. У спекотні місяці фасадна система дозволяє уникнути зайвого нагріву конструкцій будівлі, мікроклімат всередині будинку залишається комфортним. Важливо й те, що поліпшується звукоізоляція будинку.

Таким чином, можна сказати, що застосування такої фасадної технології дозволяє створити індивідуальний вигляд будинку, істотно збільшити термін його експлуатації і створити комфортні умови для жителів будинку.

### **1.7 Аналіз улаштування теплоізолюючого покриття рідкими сумішами-утеплюючими фарбами**

Досягнення сучасних технологій дали можливість отримувати наноматеріали з дуже високими теплоізоляційними якостями. Ця перевага нових матеріалів дозволяє відчутно економити на опаленні. Одним з подібних теплоізоляційних матеріалів є так звана утеплююча фарба.

Слід відзначити, що «правильна» назва даного гіродукту - рідке теплоізоляційне покриття на керамічній основі. А фарбою його називають по ідентичності методу нанесення речовини - малярським валиком, пензликом або пульверизатором.

В основі фарби лежать керамічні і силіконові кульки мікроскопічних розмірів, заповнені вакуумом: керамічні мають діаметр 0,01 мм; силіконові - 0,02 мм. В'язучою речовиною є суміш на основі латексу і акрилу. Саме

вакуум, утворений в середині кульок грає провідну роль в теплоізоляції, утворюючи на поверхні, що утеплюється, щось на зразок термоса (адже саме вакуум усередині колби термоса зберігає воду гарячою довгий час) [71].

Звичайний утеплювач необхідний, щоб запобігти «витіку» тепла з приміщень за рахунок своєї низької теплопровідності. Розробники теплоізолюючої фарби пішли трохи далі, прийнявши за основу той факт, що тепло є інфрачервоним випромінюванням, нездатним проходити через вакуумне середовище. Природно, що створити навколо стіни штучний вакуум неможливо. Але цей самий вакуум Можливо створити мікроскопічним. Для цього має бути підібраний оптимальний склад, який би пов'язував би між собою найменшого розміру вакуумні кульки, не даючи теплу виходити назовні.

Народження рідкої теплоізоляції почалося з досліджень і пошуків шляхів для зниження енерговитрат і ефективного використання палива. Беручи уроки у природи, людина давно зрозуміла, що найкращі механізми збереження тепла потрібно запозичувати саме в неї. Адже всім відомий зі шкільного курсу фізики той факт, що вакуум є ідеальним теплоізолятором. Він не проводить тепло, тому що не має можливостей для подібної передачі - містків холоду.

Однією з причин високого інтересу до рідкої теплоізоляції послужив трудомісткий монтаж вентиляованих фасадів, а також і проблема утеплення ; Фасадів старих будинків. Адже якщо використовувати звичні утеплювачі, то на такі варіанти потрібні значні фінансові витрати, що за даних обставин мало імовірно. А в разі застосування теплоізоляційної фарби уся задача зводиться до того, що необхідно тільки пофарбувати.

Принцип «роботи» теплоізолюючої фарби приблизно такий. Тепло, будучи випромінюванням інфрачервоного спектру, не може пройти крізь вакуум, тому, щоб утримати тепло, потрібно на поверхні стіни помістити шар вакууму; саме таким шаром і є нова фарба.

Керамічні та силіконові кульки, маючи різні функції, в цілому забезпечують потрібний ефект - зберігають тепло. Керамічні сфери акумулюють тепло і утримують його, а силіконові відбивають інфрачервоне випромінювання і повертають тепло назад до його випромінюючої поверхні (близько 80%). Деякі, з виготовлених на сьогоднішній день теплофарб, мають також властивість не тільки повертати тепло, але і видаляти надлишки вологи з поверхні, захищаючи її від корозії.

Принцип роботи цього наноматеріалу ґрунтується на тому, що будь-який об'єкт, який виділяє інфрачервоне випромінювання (тепло) [71], безповоротно його втрачає. Усі відомі до цього матеріали для утеплення діяли за принципом г затримування тепла, прибираючи містки холоду.

Теплоізолююча фарба, маючи яскраво виражений тепловідбиваючий ефект, і не тільки не пропускає тепло, але і повертає назад до 70% інфрачервоного випромінювання. Подібний ефект тепловідбивання теплоізоляційна фарба отримує за рахунок вакууму, який присутній всередині наповнювача. У вакуумі швидкість руху хвиль інфрачервоних діапазонів збільшується тисячократно. Тому тільки 30% випарується, а 70% відіб'ється і повернеться назад.

Ці та інші переваги таких фарб дозволяють швидко, ефективно і екологічно безпечно провести утеплення фасадів, стін, дахів і безлічі інших поверхонь і об'єктів.

Утеплююча фарба - це унікальний надтонкий ізоляційний матеріал. Крім того, покриття забезпечує довговічну стійкість поверхні до вологи й антикорозійні властивості. Багато в чому такі якості матеріалу є наслідком його багатокомпонентного складу, в який входять не тільки керамічні кульки Малого діаметру, заповнені вакуумом, але і різні добавки, каталізатори і фіксатори. Основу матеріалу (в основному) становить акрил, тому нанесення покриття мало чим відрізняється від фарбування за допомогою розпилювача або малярної щітки. Нанесений тонким шаром до 2 мм, у декілька шарів, матеріал забезпечує довговічність і теплоізоляційні властивості, що



перевищують показники популярних ізоляційних матеріалів. Причиною низької теплопровідності є не тільки розряджене повітря в керамічних кульках, а й самі керамічні кульки (їхня теплопровідність в 30 разів менше теплопровідності повітря за даними довідника фізичних величин).

Принципи роботи утвореного покриття враховують три шляхи, по яких відбуваються втрати тепла.

Цими шляхами є теплопровідність, конвекція і променеве випромінювання. У першому випадку перехід відбувається від більш теплої до менш теплої поверхні і: шляхом передачі кінетичної енергії (не відбувається перенесення речовини). У другому випадку, як в рідинах або газах, відбувається перенесення речовини. А в третьому випадку втрати тепла відбуваються за рахунок випромінювання тілом електромагнітних хвиль, при якому витрачається внутрішня енергія речовини, що | призводить до зниження температури.

Так як термодинамічні системи прагнуть до стану рівноваги, то ізоляційний матеріал буде тим кращим, чим ефективніше блокуються шляхи тепловіддачі, які неминуче відбуваються внаслідок необхідності теплового балансу між нагрітим тілом і навколишнім середовищем. Основним коефіцієнтом, який вказує на здатність речовини віддавати тепло, є коефіцієнт тепловіддачі. Чим вище цей коефіцієнт, тим легше відбувається обмін теплом між тілом (речовиною) і навколишнім середовищем.

Покриття теплозахисною фарбою, завдяки своїй багатокомпонентній структурі, практично нівелює усі три згадані шляхи втрати тепла. Основу матеріалу на основі акрилової складають унікальні керамічні сфери, заповнені розрідженим повітрям.

Широко відомо, що повітря і кераміка, самі по собі є порівняно непоганими теплоізоляторами. Проте, одночасне використання цих речовин у вигляді порожніх кульок з розрідженим повітрям, утворюють на порядок кращий результат. Близько  $\frac{4}{5}$  матеріалу фарби складається з цих гранул,

що практично нівелює втрати тепла, адже на в'язучі компоненти з високою теплопровідністю припадає лише 1/5 від всього покриття.

У свою чергу повітря, яке знаходиться в порожніх сферах, в значній мірі скорочує конвективну складову втрат тепла. При цьому в застиглому вигляді матеріал внаслідок полімеризації отримує структуру з мінімальним випромінюванням променевої енергії з поверхні.

Дані властивості дозволяють називати цей матеріал не утеплювачем, а саме тепло ізолятором [71].

Іншими словами, його ефективність не пропорційна товщині утеплювача, так як блокуються не тільки теплопровідність, але також конвекція і променисте та випромінювання. В результаті покриття теплопроводів матеріалом товщиною всього 1-6 мм дає не менший ефект, ніж покриття 50 мм і більше стандартним утеплювачем у вигляді Мінеральних плит або вати.

## **РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ЕФЕКТИВНОГО УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ СУЧАСНИМИ МАТЕРІАЛАМИ**

### **2.1 Аналіз технологій монтажу систем утеплення**

#### **2.1.1 Технологія монтажу навісних вентилязованих фасадів**

Влаштування систем вентилязованих фасадів виконується після розмітки поверхні стіни будівлі. В необхідних місцях монтується кронштейни. При монтажі навісних вентилязованих фасадів кронштейни встановлюються через паронітовий терморозривний елемент до стіни з використанням анкерів. Положення кронштейнів фіксується за допомогою алюмінієвої шайби, яка сприяє збільшенню міцності вузла в цілому. Після того, як дані етапи пройдені рапелюшок анкера рекомендується покрити фарбою, яка виступає додатковим захисним фактором системи та перешкоджає розвитку корозії.

Дотримуючись технології установки вентилязованих фасадів, утеплювач монтується на фасаді будівлі завдяки спеціально призначеним пластиковим анкерам, сердечник яких виконаний з поліаміду або сталі. За інструкцією у стіні висвердлюють отвори, в які встановлюються анкера, капелюшки яких добре притискають плити до фасаду.

Установка напрямних на фасад здійснюється згідно з проектом. Кріплення до кронштейнів відбувається за допомогою заклепок.

Монтаж облицювання вентилязованого фасаду.

Навішування фасадних касет.

Перед початком установки фасадної касети верхні напрямні виставляються в проектне положення і кріпляться за допомогою монтажних гвинтів. Нижній рівень кріплять вище проектного положення таким чином, щоб було можливо навісити фасадну касету на верхні напрямні. Процедура

навішування фасадних касет триває таким чином, що нижній рівень заводиться в проріз утримувача фасадних касет до фіксуючого положення, потім касети закріплюються контргвинтами.

Щоб навісити плити керамограніта, спочатку потрібно встановити кінцеві кляммери. Вони кріпляться до профілю, в який встановлюються гумові ущільнювачі - вачі. В кінцевий кляммер кріпиться керамогранітна плита, після цього вона встановлюється верхніми поворотними кляммерами через пази напрямної. Потім до верхніх кляммерів впритул кріпляться дистанційні кляммери. Виконавши ці дії, здійснюється монтаж нижніх поворотних кляммерів другого ряду керамограніта по горизонталі. У пази профілю вставляються гумові ущільнювачі і т.д. Верхній край плити керамограніта останнього горизонтального ряду кріпиться кінцевими кляммерами.

Монтаж опоряджувальних касет.

Нижня частина верхньої касети вставляється в замок з щчерозташованою касетою, а верхня частина кріпиться самонарізаючими гвинтами до направляючих каркасу.

З часом відбувається «сповзання» мінераловатного утеплювача по стіні.

Збірні кронштейни для регулювання відстані та забезпечення направляючих в одній площині. На кронштейн одівають притискачі для кріплення плит утеплювача після їхнього навішування.

Переваги навісних фасадних вентиляованих систем [72]:

- енергозбереження. Навісні вентиляовані фасади - сучасна ресурсозберігаюча технологія, яка довела свою ефективність. Витрати енергоресурсів будівлі з встановленою системою вентфасадів знижуються до 30%. Відповідно до проведених досліджень будівля з НВФ остигає, або нагрівається у 6 разів повільніше, ніж звичайна цегляна будівля.

- тривалий термін служби. На відміну від штукатурних фасадів, які починають руйнуватися через 3-5 років, та втрачають свій зовнішній вигляд ще раніше, термін служби вентиляованого фасаду становить 30-50 років в

залежності від облицювального матеріалу. При цьому догляд за вентфасадом досить простий - звичайне вологе прибирання, приблизно так само, як зі склом.

- швидка окупність. Штукатурка дешевше навісної вентиляційної конструкції. Однак її експлуатація обійдеться дорожче, тому що зажадає Регулярного фарбування і чищення фасаду. Крім цього, фасад окупиться за Рахунок зниження витрат на енергоресурси (опалення, кондиціонування і т.д.).

- монтаж в будь-який час року. На відміну від штукатурних робіт, які і проводяться в теплу пору року, монтаж вентиляційних фасадів не залежить від £ погодних факторів;

- універсальність конструкцій. Усі елементи вентиляційної фасадної системи : є універсальними. Це дозволяє легко вирішувати найскладніші архітектурні завдання, створюючи будь-які типи поверхонь від геометричних, до плавних і вигнутих;

- пожежна безпека. Матеріали, з яких монтується вентиляційний фасад відносяться до категорії негорючих або слабо горючих;

- додаткова шумоізоляція. Навісні фасади також мають звукоізоляційні властивості, що особливо актуально для будинків, що межують з гучними вулицями, автострадами і т.д.

- будь-який колір облицювання фасаду. На відміну від інших типів фасадів, де уникають темних відтінків, щоб будівля не перегрівалася, навісним вентиляційним системам, завдяки вентиляції вдається уникнути такого перегрівання. Крім цього, на відміну- від штукатурки, матеріали, що використовуються для навісних вентиляційних систем не вигоряють на сонці з часом;

- відповідність екостандартам. Система навісних вентиляційних фасадів не містить шкідливих для людини і навколишнього середовища речовин і компонентів;

- швидкий демонтаж. Конструкція проста не тільки в монтажі, а й демонтажі. Наприклад, в разі перебудови або реконструкції частина фасаду може бути демонтована, причому облицювальні матеріали можуть використовуватися повторно.

Недоліки:

- кількість кронштейнів кріплення істотно впливає на значення коефіцієнта теплотехнічної однорідності: при збільшенні кількості кронштейнів від одного до чотирьох цей коефіцієнт знижується з 0,93 до 0,76 у разі виконання кронштейнів із сталі і з 0,83 до 0,56 якщо кронштейни виконані з алюмінію. На практиці кількість кронштейнів буде не нижча ніж два, в більшості випадків їх буде більше трьох.

У таких випадках значення коефіцієнта теплотехнічної однорідності буде менше 0,8 якщо кронштейни виконані із сталі, і менше 0,6 якщо кронштейни виконані з алюмінію. Результати розрахунків показують, що забезпечення необхідних значень опору теплопередачі фасадів з вентиляльованим повітряним зазором є не таким ; простим завданням. Вплив металевих кронштейнів вельми істотний, що приводить до необхідності збільшення товщини шару утеплювача до 50%, а це означає збільшення ціни на утеплювач в 1,5 разу.

- усадка і деформація шару утеплювача.  
 - водопоглинання. Через щілини фасадного облицювання під час вологої погоди вода неминуче проникає всередину системи. Розпушування ватяного матеріалу в процесі деформації приводить до набухання плит по товщині, внаслідок чого в системі вентиляльованого фасаду скорочується повітряний зазор, погіршується вентиляція, процес виведення вологи з утеплювача.

- винесення шкідливих волокон в навколишнє середовище. В результаті } втрати маси і зниження міцності матеріалу мінераловатних плит частина волокон . ламається і перетворюється на пил.

- висока вартість технології. Порівняльний аналіз цін показує, що вартість реалізації вентфасадів майже в 3 рази перевищує вартість інших традиційних методів.

- необхідність в точності дотримувати технологію установки та розміри.

- необхідно виконати складні розрахунки товщини утеплювача, повітряного зазору між вентиляльованим фасадом і стіною.

Резюмуючи все вище сказане, можна констатувати, що система вентиляльованих фасадів, маючи ряд недоліків, не дуже ефективна в кліматичних умовах України, безумовно не є оптимальним вибором для масового будівництва якісного бюджетного житла. Ця система явно програє порівняно з дуже поширеною системою «мокрих» фасадів.

### **2.1.2 Технологія монтажу «мокрого» фасаду**

«Мокрий» фасад монтується декількома способами (рисунки 1.31):

- фіксація за допомогою дюбелів - цей спосіб підходить для тонких шарів штукатурки;

- кріплення за допомогою рухомих шарнірів - дана система монтажу підійде для поверхонь товщиною 30 мм, завдяки їй утеплювач пересувається і зменшує навантаження на фасад;

- поєднання двох видів кріплення - дюбелі та ключа суміш. Цей спосіб найбільш поширений. Утеплювач кріпиться на стіну за допомогою клеючої суміші і фіксується дюбелями. Іноді від останніх можливо обійтися, в даному випадку мова йде про рівні стіни, яких, в принципі, не так багато.



Рисунок 2.1 - Технологія монтажу мокрого фасаду

При монтажі слід дотримуватися кількох правил:

- розташовувати утеплювач в шаховому порядку, таке розміщення знижує ризик тріщин на фінішному покритті;
- встановлювати дюбелі після висихання клею.

Першим етапом монтажних робіт є ретельна підготовка поверхні. Стіну слід очистити від пилу і бруду, видалити виступаючу зі стіни арматуру, надлишки розчину в цегляній кладці, будь-які виступаючі металеві елементи. В деяких випадках можуть знадобитися ремонтні роботи, наприклад, якщо в стіні є тріщини. Підготовлену стіну обробляють ґрунтовкою, щоб забезпечити надійне зчеплення утеплювача з поверхнею стіни. Недбало виконана підготовка стіни може привести в кращому разі до появи плям іржі, а в гіршому - до повного обвалення системи теплоізоляції.

Потім потрібно змонтувати цокольний профіль і елементу віконних зливів.

Цокольні планки встановлюються строго горизонтально і служать основою для закладки першого ряду утеплювача. Потрібна досконала установка «косинок» по кутах дверних і віконних прорізів, в торцях підвіконного відливу необхідні заглушки. Порушення технології на даному етапі може спричинити потрапляння води і руйнування фасадної системи в місцях примикання підвіконних відливів.



Наступним етапом є приклеювання плит утеплювача до стіни. Клеюча суміш розводиться в суворій відповідності до рекомендацій виробника і наноситься на плиту утеплювача. Суміш наносять по всьому периметру і додатково не менше, ніж в шести місцях по площі плити. Рівномірно розподілити клей найкраще, застосовуючи гребінчастий шпатель. Утворені борозенки відіграють роль деформаційних швів. Площа, вкрита клеєм, повинна становити не менше 40% від всієї площі плити утеплювача. Перший ряд утеплювача встановлюється з обов'язковою перевіркою за рівнем. Наступні ряди приклеюються методом в'язки, на зразок цегляної кладки. Потрібно стежити, щоб зазори між плитами не перевищували 2...3 мм. При недотриманні цих умов на фасаді неминуче з'являться тріщини і розриви. Після приклеювання утеплювача необхідний невеликий термін для того, щоб клеюча суміш набрала необхідну міцність. Цей термін вказується виробником і його необхідно неухильно дотримувати. Потім утеплювач закріплюється за допомогою фасадних дюбелів. Якості даного виду метизів необхідно приділити найпильнішу увагу, так як на них припадає усе вітрове навантаження.

Тип дюбелів вибирається залежно від матеріалу стіни і утеплювача, оскільки. У продажу є дуже широкий асортимент метизних виробів, необхідно в кожному конкретному випадку консультуватися з фахівцем. Основними видами дюбелів є забивні з розпірним елементом у вигляді поліпропіленового, цвяха з склонаповненого поліаміду і з оцинкованої сталі (вогнестійкий варіант); гвинтові, в яких роль розпірного елемента грає шуруп. Для надання кріпленню надійності застосовується дотискаюча манжета (рандоль). Існують дюбеля, оснащені термоголівкою, вони застосовуються, щоб повністю виключити тепловтрати.

Розраховуючи кількість дюбелів, необхідно врахувати вагу системи, вітрове навантаження, а також в якій зоні фасаду знаходиться прикріплювана плита. В середньому для будівлі невеликої поверховості, яким є, наприклад, дачний будинок, достатньо 5-6 дюбелів на 1 кв. м. Однією з основних

помилки на даному етапі є надмірне заглиблення забивних дюбелів в плиту утеплювача. В цьому випадку деформується посадкова зона дюбеля, знижується відносно розрахункового рівня сила зчеплення з основою. Якщо ж тарілчатий дюбель виступає над площиною плити, на фасаді з'являються горби, що псують зовнішній вигляд.

Приблизно через добу після закінчення монтажу пінополістирольних плит поверх них закріплюється армуюча сітка. Нанести штукатурний шар, в якому топиться сітка, потрібно з виконанням певних вимог.

Перш за все, склосітку необхідно розкроїти заздалегідь з таким розрахунком, щоб в місцях з'єднань сітку можна було укласти з напуском не менше 100 мм. Відсутність напуску може призвести до утворення тріщин. Для того, щоб закрити можливі дефекти, що виникли при монтажі утеплювача, потрібно нанести «чорновий» шар штукатурки, в який і топиться склотканинна сітка. Над поверхнею і штукатурки не повинні бути видні нитки сітки, не можна допускати утворення заломів і зморшок при укладанні сітки. Потім наноситься фінішний шар ! штукатурки.

Сітка виготовляється зі скловолокна і просочується полімерними сумішами. Головна вимога до сітки - висока стійкість до впливу лугів, так як неякісна сітка може просто розчинитися. Якісна склосітка еластична, стійка до впливів на розтягнення і розрив, точки переплетення надійно зафіксовані. Застосування якісної сітки особливо важливо в різкому кліматі, так як зменшує внутрішні напруги, тим самим перешкоджаючи розтріскування фасаду при різких перепадах температури.

Професіонали рекомендують виконувати армування в «антивандальному» виконанні на висоту 2,5 м, щоб уникнути пошкодження теплоізоляції при ударах по фасаді будівлі.

Приступаючи до створення захисно-декоративного шару, потрібно вибрати декоративну штукатурку, звертаючи увагу на її фактуру і показники паропроникності. Вибір декоративних штукатурок і фінішних фарб на сучасному ринку оздоблювальних матеріалів дуже великий, а способи роботи

для створення декоративних ефектів теж досить різноманітні. На цьому етапі можливо надати будинку неповторний вигляд.

Завдяки різноманітності декоративної штукатурки, «мокрій» фасад може мати різні імітації та поверхневі малюнки. Для створення необхідної фактури, візерунка або кольоровий ефект застосовуються різні техніки нанесення. Тому робота з декорування вимагає певних умінь і навичок. Крім штукатурки при монтажі «мокрих» фасадів використовуються інші прикрашаючі елементи, які підкреслюють акценти і стилі.

Поряд зі своїми аналогами система «мокрій» фасад має ряд переваг [73, 74]:

1. Мокрий фасад передбачає монтаж теплоізоляції з зовнішньої сторони будинку, отже, корисна площа приміщення не зменшується.
2. Цей вид утеплення дуже легкий, тобто його не потрібно зміцнювати. Вага на 1 кв. м зовнішньої стіни незначна, тому мокрий фасад не потребує зміни конструкції стін і будівель.
3. Він може прослужити 30 років, не вимагаючи ремонту. Також, його можливо оновлювати, змінювати колір штукатурки і доповнювати.
4. Система зовнішньої теплоізоляції вважається лідером за кількістю економії тепла. Завдяки «мокрому» фасаду в квартирах стає набагато тепліше і тихіше.
5. Доступність. Найпоширена система, яку використовують.
6. Підвищується комфортабельність житла - в холодну йору року стіни не продуваються і не промерзають, температура всередині приміщення розподіляється рівномірно.
7. Поліпшується звукоізоляція будинку.

Недоліки «мокрого» фасаду [73, 74]:

1. Роботи з утеплення фасаду не можна виконувати при температурі нижче плюс 5 градусів. Якщо ж стіни необхідно утеплити тоді, коли на вулиці холодно, то при роботі обов'язково потрібно використовувати теплові гармати і закриті плівкою будівельні риштування.

2. «Мокрий» фасад не любить високу вологість і опади, тому їхнього впливу також варто уникати. Пересиханням матеріалів загрожує потрапляння прямих сонячних променів, тому монтаж краще виконувати вранці або йвечері, коли сонце світить не так сильно.

3. Обов'язково треба захищати заштукатурену поверхню від вітру, пилу і бруду; осідаючи на матеріалах, вони погіршують зовнішній вигляд фасаду.

### **2.1.3 Технологія нанесення рідкого теплоізоляційного покриття на акриловій основі з наповненням вакуумованими кульками**

Простіший метод монтажу або нанесення теплоізоляційного покриття на даний час відсутній - необхідно просто пофарбувати поверхню. Це можна зробити як пензлем так і пульверизатором.

Переваги цього виду утеплення:

унікальний утеплювач. Коефіцієнт теплопровідності, при 20 °С, для фасадів і металевих покриттів в середньому не більше 0,0015 Вт/(м·°С);

- унікальний гідро-ізолюючий матеріал;
- стійкий антикорозійний захист;
- довговічність.

Згідно даним виробників, після полімеризації утворюється теплоізолююча плівка здатна зберегти свої властивості протягом 15 років;

висока стійкість до ультрафіолетового випромінювання. Фарба створює тепловий бар'єр, який розсіює близько 96% інфрачервоного випромінювання і відбиває близько 75% світлових променів. А це перешкоджає перегріву приміщень в жарку пору; з внутрішнього боку не дозволяє теплу покидати будівлю;

висока адгезія до будь-яких поверхонь, як простих, так і складних форм і майже будь-якого хімічного складу;

високий ступінь еластичності; збереження властивостей в широкому

температурному діапазоні і будь-яких атмосферних явищах, який варіюється в залежності від марки теплоізоляції від мінус 500 °С до плюс 700 °С [25]. Для окремих випадків випускають марки рідкої теплоізоляції, яка здатна витримувати короточасні впливи навіть екстремальних температур до плюс 1000 °С. При цьому матеріал зберігає свою структурну цілісність;

стійкість до механічних впливів; зручність реставрації. При утворенні пошкоджених ділянок досить просто нанести так звану "латочку";

відсутня необхідність в демонтажі; зручність нанесення навіть у важкодоступні місця за допомогою пензлика, валика, розпилювача або навіть спеціальної рукавички, якщо мова йде про тонкі трубки;

лідер серед утеплювачів за тривалістю монтажу;

відсутність шкідливого впливу на здоров'я людини за рахунок екологічно чистих компонентів. Завдяки цьому матеріал часто використовують для внутрішніх робіт в дитячих установах, а також в пунктах громадського харчування та магазинах;

висока пожежна безпека. За даними випробувань, пошкодження утвореної плівки відбувається тільки при плюс 500 °С, а її розкладання - при плюс 1200 °С. Крім цього, виділення окису азоту і вуглецю уповільнює розповсюдження вогню, що знаходиться в повній відповідності з вимогами пожежної безпеки; на відміну від звичайних утеплювачів, які треба укладати з урахуванням вентиляційних зазорів, не реагує на підвищений рівень вологості і температурні перепади;

не підтримує життєдіяльність цвілевих грибків, а також комах, які часто можуть завдати шкоди деревині;

даний утеплювач не викликає інтересу у крадіїв і вандалів;

можливість використання в тих місцях, де інші теплоізоляційні матеріали застосувати неможливо;

зручне і швидке нанесення (пензлем, валиком, пульверизатором);

для роботи з фарбою не потрібно бути фахівцем, необхідно тільки точно Дотримуватися інструкції;

висока стійкість до розчинів солей і лугів;  
 при бажанні фарбі можна додати будь-який колір;  
 не ускладнює конструкції поверхонь що захищаються. \*

Недоліки:

необхідна підготовка поверхні. Поверхня що утеплюється, перед нанесенням повинна бути знежирена і просушена;

при утепленні фасадів фарбу не варто використовувати як єдиний утеплювач, вона прекрасно відіграє роль допоміжного засобу, дозволивши зменшити шар основної теплоізоляції;

суміші різних виробників можуть мати показники, які не відповідають заявленим на етикетці;

досить велика витрата фарби на одиницю поверхні.

## **2.2 Аналіз ефективності використання розглянутих систем утеплення**

Наведемо критерії [75], за якими буде виконано порівняння трьох систем фасадного утеплення:

- розрахунковий коефіцієнт теплопровідності;
- ціна 1 м (матеріал та вартість роботи);
- термін служби системи;
- складність монтажу,
- естетичний вид.

Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності  $X$ , Вт/(м · °С):

- пінополістірол- 0,032;
- мати мінераловатні прошивні - 0,04;
- фарба тепло ізолююча (рідке теплоізоляційне покриття на акриловій основі з наповненням вакуумованими кульками) - 0,025.

Найбільший пріоритет має фарба.

Ціна (матеріал + вартість роботи):

- навісна вентилярована система - 1400 грн/м<sup>2</sup>;
- система система з композитними алюмінієвими касетами - 1800 грн/м<sup>2</sup>;
- «мокрый фасад» - пінопласт С20/25 товщиною 100 мм від 650 грн/м<sup>2</sup>;
- мінвата товщиною 100 мм від 850 грн/м<sup>2</sup>;
- фарба - від 675 грн/м<sup>2</sup>.

Найбільший пріоритет має фарба.

Термін служби системи:

- навісні фасадні системи - від 50 років;
- «мокрый» фасад - від 30 років;
- фарба - від 15 років.

Отримуємо взаємопов'язану систему для пошуку найбільш оптимального рішення при виборі системи утеплення фасаду. Та проводимо порівняльний аналіз систем утеплення згідно схеми.

Виконавши аналіз початкових даних, та враховуючи те, що термін служби фарби найменший, виконати оновлення системи утеплення можливо найпростішим способом. Також, враховуючи те, що у категорії естетичний вид пріоритет віддано навісним вентиляваним фасадним системам, але фарба не набагато відстає у різноманітті кольорів та привабливості можна скласти наглядну діаграму пріоритетів.

З даних випливає, при усіх зібраних даних пріоритетним можна вважати утеплення фасаду теплоізоляційними фарбами. Але на сьогоднішній час технологія виробництва теплоізоляційних фарб не спроможна задовольнити потрібний коефіцієнт опору теплопередачі та створення потрібної товщини шару покриття. Такі покриття можливо використовувати як допоміжний або додатковий шар утеплення. Але і такі покриття можливо застосовувати у дуже вузькому напрямку будівництва. Слідуючий по пріоритетності - навісний вентиляований фасад, і «мокрый» фасад виявився в

найменшому пріоритеті. Але вентилявані фасади займають достатньо широкий діапазон у будівництві та мають основні переваги - довговічність та гарний зовнішній вид. також значну частину сегменту займають матеріали типу «сендвіч». «Мокрий» фасад хоча і знаходиться наприкінці розглянутих видів утеплення - є одним з найменш коштовних та більш розповсюджених видів утеплення.



## РОЗДІЛ 3. ВИБІР МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ УЛАШТУВАННЯ ФАСАДНИХ УТЕПЛЮЮЧИХ СИСТЕМ

### 3.1 Вибір матеріалів для улаштування утеплюючого шару фасадних систем

Матеріал утеплюючого шару має враховувати декілька важливих вимог. Для забезпечення довготривалої стабільної тепло ізолюючої здатності матеріал повинен бути незмінної величини середньої густини. Зміни такого показника відбуваються під впливом зволоження матеріалу або його стискання при дії зовнішньої сили або власної ваги. Попередити зміни теплофізичного стану можливо не тільки за рахунок первісної характеристики матеріалу, а також виконанням певних попереджувальних технологічних процесів.

Слід також враховувати необхідність забезпечити експлуатаційну придатність утвореного тепло ізолюючого шару у відповідності до встановлених вимог щодо інших конструктивних складових кожної будівлі.

Важливу роль відіграють економічні показники теплоізоляційного матеріалу.

Окремі види теплоізоляційних матеріалів за сумою декількох домінуючих показників набули переваги порівняно з традиційними в конструктивно-технологічних вирішеннях фасадних систем.

Достатньо поширеними та рекомендованими розглядаються матеріали на основі мінеральних волокон (скло-, шлако- та базальтових). До них належать «Роквул», «Ізовер», «Ізофен», «Порок» та інші. Для утеплення стін використовують вироби у вигляді плит товщиною 50... 150 мм, розмірами 1х(1,8...2) м, середньою густиною 150...200 кг /м<sup>3</sup> та коефіцієнтом теплопровідності 0,026...0,08 Вт/(м °С).

При виборі плитних виробів названих видів слід враховувати деякі характерні показники [76]:

- названі матеріали відносяться до імпортованих, що при масовому

Переході на улаштування фасадних систем не реально задовольнити потреби не Тільки з фінансових обмежень, а також в кількісному обсязі;

- відомі методи кріплення передбачають приклеювання та додаткове кріплення за допомогою 4..5 дюбелів. Необхідність довготермінової експлуатації пов'язана з можливістю провисання плит під дією власної ваги і тим самим зміною густини та зменшенням теплоізолюючої здатності. Наслідком провисання може бути утворення своєрідних містків холоду. В разі «мокрих» (контактних) систем провисання може стати причиною деформації опоряджувального шару, виготовленого нанесенням штукатурного або шпакльовального шару.

- поверхневий шар повітряного прошарку вентиляованих систем зазнає впливу повітряного потіку, що призводить до відриву волокон і механічного зношування поверхневої зони утеплювача.

Названий перелік недоліків можливо усунути вибором наступних заходів.

По-перше, потрібно всебічно орієнтуватися на використання мінераловатної продукції вітчизняних виробників. По-друге, радикальною зміною можливо буде перехід на трансформування мінераловатних у вироби типу «сендвіч» [76].

Обрамляючі поверхні (панелі) плит можуть мати два варіанти: гладеньку для примикаючих до вентиляованого прошарку, шорстку, яка примикає до поверхні стіни вентиляованих систем та обидві шорсткі поверхні для «контактних» систем.

Якщо поверхня гладенька, тоді формуюча основа форми має відповідний стан, а для шорстких - рифлену, яку надає гумова або полімерна пластина, що укладається на основу форми. Використання таких гнучких пластин дозволить полегшити процес виймання та надасть змогу

універсалізму формам в разі виготовлення плит різного призначення.

Процеси виготовлення панелей «сандвіч» включають нанесення Яанелеутворюючих сумішей на основу форми. При цьому на поверхні основи форми закріплені чотири або п'ять штирів діаметром 10...15 мм, які проходять крізь товщу формованої плити «сандвіч».

Після нанесення на основу форми підготовленого розчину на нього накладають мінераловатну плиту, в якій утворюють отвори відповідним розчином та який повинен мати деякий надлишок для утворення отвору. Потім на поверхню утеплювача теж наноситься відповідний розчин та його вирівнюють в рівень з боковинами форми. Названого виду виробу призначені для вентилярованих систем, в яких гладенька поверхня контактує з повітряним прошарком, а шорстка для клейового кріплення до стіни, що надає збільшену адгезію. Шорстку поверхню утворюють обробіткою за допомогою зубчатого шпателью типу гребінки. Його проводять в двох взаємоперпендикулярних напрямках, в результаті чого утворюється система виступів зубців.

Плити для контактних («мокрих») систем готують з обома шорсткими поверхнями, основа форми теж має бути рифлена. Основа форм та бокові поверхні кожного разу обробляють антиадгезійною сумішшю.

До певних переваг використання названих плит типу «сандвіч» можуть бути віднесена можливість використання рулонованих теплоізоляційних матеріалів замість плитних виробів, або навіть мінеральної вати.

Переваги такого варіанту полягають, по-перше, в кращих показниках теплопровідності як матеріалу меншої густини (120... 150 кг/м<sup>3</sup>), а по-друге в більшій доступності та меншій вартості.

Достатньо широке застосування надають виробам на основі спінених і екструдованих пінополістиролів, а також інших полімерів. До пінополістирольних виробів у вигляді плит відносять такі як «Стіропор», «Стіродур», «Полан» та інші, до пінополіуретанових - «Ріпор», «Бластопор». Головна їхня перевага - низький коефіцієнт теплопровідності за рахунок

низької середньої густини (до  $50 \text{ кг/м}^3$ ). Але такі вироби мають підвищену Дефіцитність та вартість за рахунок імпортованої сировини.

В порівнянні з довговічними матеріалами огорожуючих конструкцій пінопласте мають довговічність в декілька разів меншу (до 35.. 50 років). З цієї причини з часом виникне необхідність заміни усієї фасадної системи.

З позицій теплоізолюючих показників та простоти улаштування переваги мають так звані теплоізолюючі фарби, які складаються з акрилового лаку та вакуумованих кульок. В такому поєднанні вакуумовані кульки надають покриттю ефективну теплоізолюючу здатність, а акрилове в'язуче забезпечує міцність та адгезію до стінової поверхні.

Замість вакуумованих кульок доцільно використовувати гранули з піноскла. Виготовлення таких гранул дозволяє технологія спінювання рідинного скла або скломаси спеціального складу.

Крім названих переваг теплоізолюючі «фарби» мають недоліки, пов'язані з дефіцитністю та підвищеною вартістю, а головне, відносно меншою експлуатаційною придатністю, пов'язаною з процесом старіння акрилового лаку як і любого полімеру.

При наявності вакуумованих кульок усунути вказані недоліки дозволяє використання в якості в'язучої основи рідинно-скляного в'язучого з домішками раніше вказаного отверджувача .

Армуючий стрижень утеплюючої плити «Сендвіч» додатково може підсилюватись двома або чотирма дротяними вставками діаметром 2...3 мм з відігнутими Г-подібними кінцівками. Проволока має бути нержавіюча або оцинкована, оброблена інгібіторами корозії. Відігнуті кінцівки мають бути втоплені в товщу рідинноскляного або гіпсоцементпущоцоланового покриття на обох поверхнях.

Дротяні вставки можуть бути виконані з оцинкованою поверхнею. В такому разі їхню поверхню необхідно обробити інгібіторами корозії. Поверхні плити «сендвіч» в місцях розміщення армуючих стрижнів додатково необхідно обробити мігруючими інгібіторами корозії типу.

З метою забезпечення надійності кріплення теплоізоляційної плити та попередження зсуву мінераловатних волокон, слід передбачити армування кожної Поверхні стрічками склотканини шириною 100 мм. В місцях армування будуть проходити елементи механічного кріплення. Звідси находимо, що наявність армуючої стрічки склосітки в поверхневих шарах теплоізолюючої плити надає Функції підвищування міцності.

Теплоізоляційні показники матеріалу змінюються з часом в результаті кліматичної деструкції - порушення його структури. Внаслідок цього волога в його порах зазнає криогенні фазові зміни. Внаслідок таких процесів – структура розхитується, накопичується напруга, і мікропори перетворюються в макропори, каверни, збільшуючи тим самим теплопровідність матеріалу.

Ще один фактор, що впливає на довговічність утеплювача, так зване явище фільтрації, коли повітря впливає на шари волокнистого матеріалу, проникаючи в нього. Фільтрація - не завжди рух повітря з певною швидкістю в товщі теплоізоляційного матеріалу, а пульсуюче. У структурі матеріалу накопичується напруга, вона розхитується. І навіть якщо не відбувається відриву волокон і- будь- яких змін зовнішнього вигляду утеплювача, то все одно структура його змінюється, підвищується теплопровідність, внаслідок чого він втрачає свої властивості ».

Для попередження можливості виривання волокон утеплювача під впливом завихрювання підіймаючого повітряного потоку необхідно взяти заходи вітрозахисту:

1. Покриття поверхні мінераловатних плит скло сіткою. Недолік-незахищеність стиків. При незначній щільності утеплювача має місце недостатня адгезія матеріала (склотканини) з волокнами утеплювача. Наслідок - відшарування полотна та блокування повітряного зазору та повітряного потоку.

2. Використовування достатньо жорстких плит ( $\sim 100 \text{ кг/м}^3$ ) попереджує вплив турбулентності повітряного потоку.

Небезпечність зволоження утеплювача усувається:

- а) . Повітряний прошарок  $\sim 40$  мм;
- б) . Відстань між елементами екрану в отворах облицювального шару  $< 3$  мм попереджує попадання крапель косою дощу.

### 3.2 Вибір матеріалів і технологій кріплення утеплювача до поверхні стіни

Більшість відомих вирішень кріплення теплоізолюючого шару до фасаду Умовно можуть бути названі комбінованими, які включають клейове відповідними Клейовими сумішами і механічне за допомогою дюбелів (Рисунок 3.1, 3.2)



Рисунок 3.1 - Типове конструктивно-технологічне вирішення комбінованого кріплення теплоізоляційного шару контактних систем

Треба забезпечити щільність прилягання утеплювача по всій площині стіни, мінімальні зазори між плитами ізоляції під час її монтажу. Найбільш надійним вважається утеплення з декількох шарів матеріалу. Існує одношарова ізоляція, коли застосовуються матеріали однієї щільності і теплопровідності, і двошарова - з використанням мінераловатних плит різної щільності і теплопровідності. Але навіть коли використовується одношарова ізоляція, її можна виконувати з двох Шарів, щоб перекривати монтажні шви.

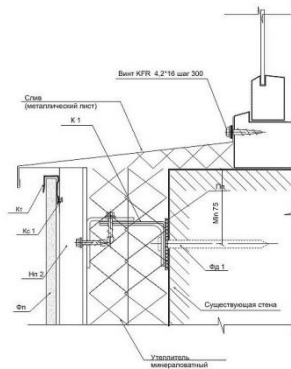


Рисунок 3.2 - Типове конструктивно-технологічне вирішення комбінованого кріплення теплоізоляційного шару вентильованих систем

Відносно систем утеплення фасадів найбільш відомими являються декілька, в тому числі «Українська стіна» («Дюбель», «Консоль», «Кронштейн»), «Церезіт».

Система «Дюбель» відноситься до так званих контактних «мокрих» систем, які відрізняються наявністю безпосереднього контакту усіх шарів - несучої стіни утеплюючого та опоряджувального, який у більшості виконуються нанесенням штукатурок.

Системи «Кронштейн» та «Консоль» являють собою вентильовані, у яких між поверхнями стіни та опоряджувального шару розміщений повітряний простір, призначений для відведення з теплоізолюючого шару і, відповідно, від стінового огороження пароповітряних сумішей, тобто для вентиляції.

"Українська стіна" пропонується до використання в фасадних системах:

- система "Дюбель" - для будинків з несучими і навісними стінами будь-якої поверхні, як фасадна система з опорядженням тонкошаровою суперштукатуркою;

- система "Консоль" - як фасадна система для 5-16-поверхових будинків з несучими зовнішніми стінами;

- система "Кронштейн" - як фасадна система для 24-поверхових будинків з навісними (ненесучими) стінами

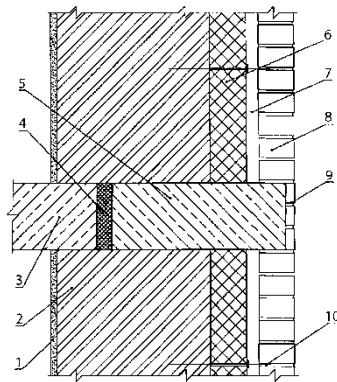


Рисунок 3.3 - Конструктивна схема збірної системи з несучими зовнішніми стінами. 1 - внутрішня штукатурка; 2 - несуча стіна; 3 - плита перекриття; 4 - додатковий теплоізоляційний вкладиш; 5 - залізобетонний консольний пояс через 3-4 поверхи; 6 - шар теплової ізоляції; 7 - повітряний вентиляційний прошарок; 8 - опоруджувальний шар із цегли або стінових дрібноштучних каменів з вентиляційними отворами у вертикальних швах; 9 - клінкерна фасадна цегла; 10 - металевий зв'язок із фіксатором теплоізоляційного шару.

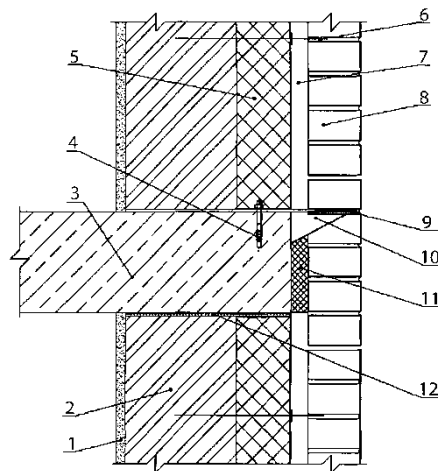


Рисунок 3.4 - Конструктивна схема збірної системи з самонесучими зовнішніми стінами. 1 - внутрішня штукатурка; 2 - самонесуча стіна; 3 - монолітна плита перекриття; 4 - анкер клиновий; 5 - шар теплової ізоляції; 6 - металевий зв'язок із фіксатором утеплювача; 7 - повітряний вентиляований прошарок; 8 - опоряджувальний шар із цегли або стінових дрібноштучних каменів з вентиляційними отворами у вертикальних швах; 9 - температурний компенсатор; 10 - дискретні кронштейни; 11 - теплоізоляційний вкладиш; 12 - компенсаційний шов



Характерно, що в якості клейової суміші кожна система має свою назву, яка і надає, в свою чергу, назву системі. Звідси видно, що такі суміші являються імпортованими. В разі широкомасштабного переходу на вирішення проблеми енергозбереження новозбудованих та експлуатованих будівель виникнуть певні складності. Імпортоване постачання може спричинити певний дефіцит та неодмінно призведе до збільшення вартості продукції.

Одним з можливих варіантів усунення названих проблем являється орієнтування на використання клейових сумішей на основі рідинного складу. Такі суміші здатні забезпечити адгезію теплоізоляційного шару на рівні 2..2,5 МПа. Наявність стверджувача забезпечить короткотермінове твердіння. Використання малодифіцитних наповнювачів з числа відходів знизить вартість матеріалу та робіт. Для клейових сумішей може бути рекомендований наступний склад:

- рідинне скло - 1 м.ч.;
- отверджувач  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  - 0,12 м.ч.;
- зола винесення ТЕС - 2,14 м.ч.

Замість золи винесення ТЕС можливе використання керамзитового піску, шлакового відсіву та інших тонкодисперсних продуктів, в тому числі саморозпадаючих шлаків.

В якості клейових сумішей можливо використовувати іншу суміш на основі гіпсоцементпуццоланових в'язучих, які достатньо надійно готувати безпосередньо в умовах будівельної організації. Склад суміші включає:

- гіпсове в'язуче ГВ - 1 м.ч.;
- портландцемент М400 - 0,3 м.ч.;
- доменний шлак - 0,2 м.ч.

Замість портландцементу М400 та доменного шлаку більш раціонально використати шлакопортландцемент М400. Назване поєднання надасть змогу скоротити час надання з'єднанню достатньої міцності. В разі використання гіпсоцементпуццоланової суміші поверхню стіни ґрунтують акриловою

смолою. Приклеювання здійснюють до початку висихання нанесеного ґрунтовочного шару.

Щодо механічного кріплення за допомогою дюбелів слід звернути увагу на головні недоліки засобів, які представлені пластмасовими дюбелями та які використовують практично в усіх відомих контактних та вентиляльованих системах.

Для усіх видів пластмас характерною ознакою являється «дальність до обмеженого часу експлуатаційної придатності, пов'язаною з їхньою схильністю до «старіння». Такі процеси викликані самополімерізацією в часі, втратою деформативності, що призводить до крихкості та зниженню міцності нижче критичної величини. Названі характеристики дюбелів не відповідають нормативним термінам експлуатації огорожуючих та несучих конструкцій будівель і споруд. Згідно нормативним документам період експлуатації встановлено не менше 150 років.

Для забезпечення довготривалості кріпильних елементів доцільно перейти на нержавіючі сталеві вироби, які являють собою Г-подібні штирі в'комп лекті з шайбами. Штирі можуть вироблятися з дроту 0,2.. .4 мм, а шайба з нержавіючої листової сталі товщиною 1,5.. .2 мм. Довжина штирів перевищує товщину утеплювача на 10.. .20 мм для можливості закріплення в стіновому огороженні, в якому для цього готують відповідні отвори та попередньо заповнюють гіпсовими сумішами.

З метою спрощення виготовлення шайб та усунення утворення при цьому відходів доцільно використовувати шайби прямокутної або квадратної форми.

### 3.3 Вибір матеріалів для формування каркасів кріплення опоряджувального шару

На рисунки 3.5, 3.6 представлені найбільш характерні конструктивні вирішення каркасних систем кріплення виробів опоряджувального шару. Але для усіх варіантів неодмінними елементами являються дюбелі або анкерні болти, кронштейни, горизонтальні та вертикальні направляючі.

В навісних вентиляльованих системах застосовуються три види елементів несучого каркаса: кронштейни, горизонтальні і вертикальні профілі, які виконані з листової оцинкованої сталі товщиною від 0,55 до 1,5 мм.

Для забезпечення довготермінового кріплення усі елементи доцільно готувати з дюралюмінієвого профілю з додатковим обробіткою інгібіруючими сумішами, які готуються на основі акрилових смол.

З'єднання алюмінієвої конструкції і сталевого кріплення викликає електрохімічну корозію, внаслідок чого алюміній руйнується і скорочується термін служби фасаду. Тому найбільш доцільно застосовувати для алюмінієвої конструкції кріплення із захисним цинковим покриттям, або ж кріплення з нержавіючої сталі.

В навісних вентиляльованих фасадах допускається використовувати тільки якісне кріплення з нержавіючої сталі або зі сталі з шаром цинку не менше 40 мкм. Для формування касет з алюмінієвого композитного матеріалу виробники рекомендують застосовувати заклепки виключно алюміній/нержавіюча сталь.

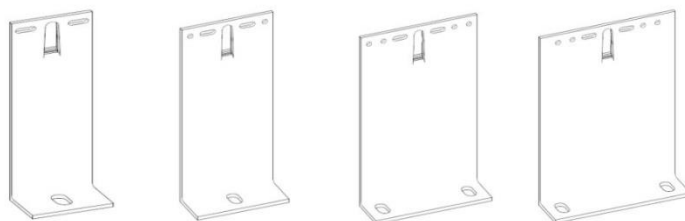


Рисунок 3.5 - Типи кронштейнів для вентиляльованих фасадів

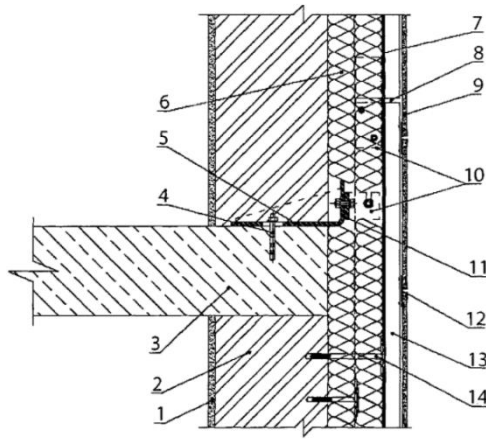


Рисунок 3.6 - Конструктивне вирішення кріплення

опоряджувального шару каркасних систем. 1 - внутрішня штукатурка; 2 - несуча частина стіни; 3 - залізобетонна плита перекриття; 4 - анкер клиновий; 5 - кронштейн; 6 - шар теплової ізоляції; 7 - повітрозахисна мембранна плівка; 8 - повітряний вентиляований прошарок; 9 - індустриальні личкувальні елементи (керамічні плити); 10 - з'єднувальні елементи; 11 – прокладка; 12 - клямер; 13 - стояк; 14 - елемент механічного кріплення утеплювач

### 3.4 Вибір матеріалів для формування опоряджувального шару вентиляованих систем

Опоряджувальний шар вентиляованих систем формується з штучних виробів, які закріплюють, як правило до металевого каркасу. До відомих виробів належать «Марморок», «Бсапгос», керамограніт, легкобетонні панелі, панелі «Сайдинг», алюмінієві композитні панелі, профільований лист та інші.

Як облицювальний матеріал у системі "Марморок" застосовується плитка, виготовлена пресуванням з кам'яної крихти на цементному в'язучому і покрита гідрофобним складом. Плитка має з заднього боку

спеціальну складку та нею навішується на гачки вертикального профілю і фіксується смужкою.

Керамічна (клинкерна) фасадна плитка Scanroc Ceramics виготовлена з глини. Глина подрібнюється, виконується повне фарбування маси і далі після формування запікається при температурі понад 1200 градусів. Спеціальні добавки в складі каменю захищають його від впливу ультрафіолетових променів і покращують показники довговічності, тому з часом камінь не втрачає своїх характеристик і колір.

Панелі сайдингу можуть бути виготовлені з полівінілхлориду, металу, цементу, дерева. Для опоряджувального шару будівель застосовуються такі види металевого сайдинга (рисунок 3.7), як алюмінієвий, сталевий і цинкврий.

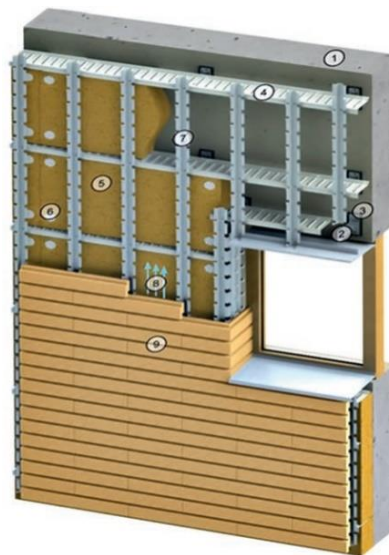


Рисунок 3.7 - Схема утеплення фасаду вентилятованими системами Scanroc. 1– Стіна будинку; 2 – Консоль; 3 –Термоізоляційна прокладка; 4 – Горизонтальний профіль; 5 – Утеплювач; 6 – Тарілчастий дюбель; 7 – Вертикальний профіль; 8 –Повітряний канал 9 – Фасадний камінь SCANROC (600 мм) або SCANROC cottage (300 мм)

В питаннях вибору варіантів вирішення опоряджувального шару раціонально врахувати деякі суттєві обмеження. По-перше, при виборі систем теплоізоляції фасадів експлуатованих будівель більш прийнятними та

менш коштовними являються контактні або «мокрі» системи, як більш доступні та менш ресурсу ємні. По-друге, теплоізолююча система повинна мати терміни експлуатаційної придатності, які відповідають встановленим вимогам до всієї будівлі.

Таким вимогам більшою мірою відповідає варіант «Українська стіна» консольного типу та навісні вентилязовані фасадні системи.

### **3.5 Визначення безпечних методів виконання робіт з улаштування фасадних систем**

Роботи з улаштування фасадних систем завжди пов'язані з роботою на висоті. Ці роботи виконують з риштувань або з будівельних колисок.

До виконання робіт допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, навчання і інструктаж з правил техніки безпеки, ознайомлені з паспортом і інструкцією по експлуатації монтажу риштувань або люльки.

Перед початком робіт треба:

- визначити місця складування і зберігання матеріалів, устаткування, інструменту на будівельному майданчику;
- встановити риштування;
- для запобігання падіння з риштувань інструментів, матеріалів, відходів встановити огорожу згідно з вимогами;
- драбини для підйому робітників захистити поручнями;
- визначити місця установки підйомних механізмів і встановити підйомні механізми;
- вхід в будівлю зверху захистити навісом шириною, що перевищує ширину входу з вильотом не менше 2м від стіни будівлі;
- встановити знаки безпеки в місцях, які становлять небезпеку в

процесі переміщення людей;

- перевірити риштування рівномірно розподіленим навантаженням - 200кг / м<sup>2</sup>;
- горизонтальні елементи риштувань перевірити зосередженим вантажем - 130 кг;
- перила перевірити зосередженим навантаженням - 70 кг;
- перевірити зазор між стіною і робочим настилом (повинен бути не більше 150 мм);
- забезпечити ділянки по підготовці матеріалів (різка ^плит утеплювача, приготування робочого складу з сухої суміші);
- забезпечити всіх працюючих індивідуальними засобами захисту.

Перед початком робіт на об'єкті з робочими повинен бути проведений інструктаж про прийоми та способи роботи, що забезпечують дотримання правил охорони праці.

Всі працюючі повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту: касками, респіраторами, окулярами, комбінезонами, рукавицями, взуттям, лямочними запобіжними поясами (тільки ті робочі, які працюють на лісах).

Каркаси риштувань повинні бути стійкі, міцно прикріплені до стіни і мати надійну опору. Кінці настилів повинні розташовуватися на опорах. Зазор між дошками настилів допускається не більше 10 мм. Товщина дощок повинна бути не менше 50 мм. Неприпустимо розташування стиків настилу і дощок між опорами. Бортова дошка повинна бути висотою не менше 150 мм від рівня настилу. На настилах, перилах сходів не повинно бути виступаючих цвяхів і скоб. Настили повинні бути очищені від сміття. Сходи, трапи і містки повинні бути обладнані пристроями для закріплення запобіжних поясів. Максимальний прогин настилу від розташованого на настилі навантаження не повинен перевищувати 20 мм.

Підйомні механізми та використовуване устаткування повинно бути в справному стані.

Основні вимоги безпеки при виконанні робіт з будівельних колисок:

- небезпечну зону біля підвішеної коліски на кожній робочій позиції слід огородити інвентарною суцільною огорожею із заборонними написами і знаками;
- всі суміщені роботи по вертикалі на робочій позиції коліски, а також ближче 8 м від коліски по фасаду повинні бути тимчасово припинені;
- консолі, до яких підвішуються коліски, повинні спиратися через підкладки. Опора консолей на карниз забороняється. Підкладки під опорами консолей на стіні повинні бути закріплені до опор для запобігання випадкового їх падіння;
- виліт консолей від зовнішньої грані стіни будівлі до осей коліски не повинен перевищувати 550 мм;
- приєднання канатів до консолей слід уважно оглянути і перевірити надійність затиску кінців канатів затискачами;
- верхній вільний кінець каната коліски після приєднання до консолі закріпити до надійних елементів будівлі, місця кріплення визначає виконроб;
- надійність кріплення канатів і консолей перевіряти після кожної перестановки коліски на нову позицію;
- запобіжні і вантажні канати повинні бути натягнуті вантажами на землі. Відстань від землі до вантажів не менше 200 мм.
- рух канатів при підйомі і опусканні колисок повинен бути вільним. Тертя канатів по конструкції не допускається. Необхідно стежити за правильним намотуванням канатів на барабани лебідок - витки повинні лягати рівномірно.
- настил коліски повинен бути в горизонтальному положенні, не повинен виходити за габарити коліски, його регулярно необхідно прибирати від сміття, снігу і льоду.
- переміщення коліски по землі уздовж фасаду виконувати, при ослаблених канатах по спеціально укладеним коліям з швелерів; \*



- при відключенні електроенергії колиску необхідно опустити на землю (або в крайньому випадку - в найближчий віконний отвір або на балкон) за допомогою ручного приводу. При виході на балкон або у отвір колиску необхідно підтягнути до нього і надійно закріпити. При цьому робітник повинен зачепити запобіжний пояс до будівлі;

- входити на колиску і виходити з неї дозволяється тільки тоді, коли вона знаходиться на землі. Підйом людей в колисці дозволяється тільки при справній роботі лебідок, ловителів, електрообладнання і т.д.;

- робітники повинні користуватися запобіжними поясами, які кріпляться до поручнів колиски.

## РОЗДІЛ 4. ОСНОВИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Загальні вимоги до будівельних майданчиків

Будівельні майданчики з об'єктами будівництва що знаходяться на них, виробничими і санітарно-побутовими приміщеннями і спорудами, діляниці робіт і робочі місця мають бути підготовлені для безпечного виконання робіт.

Під час виконання робіт на будівельному майданчику роботодавець повинен забезпечити працівників санітарно-побутовими приміщеннями (гардеробними, душовими, умивальними, сушильними для одягу і взуття, приміщеннями для обігрівання, для вживання їжі та відпочинку, для особистої гігієни жінок, туалетами тощо), питною водою і медичним обслуговуванням згідно з чинними нормативами і колективним договором (угодою).

Санітарно-побутові приміщення і обладнання мають бути введені в експлуатацію до початку виконання робіт.

Під час реконструкції санітарно-побутові приміщення необхідно улаштувати з урахуванням вимог, додержання яких обов'язкове під час виробничих процесів на об'єктах, які реконструюються. У санітарно-побутових приміщеннях необхідно мати достатню кількість шаф, столів та стільців.

Площа санітарно-побутових приміщень визначається відповідно до кількісного складу робітників у найбільш багаточисельну зміну на об'єкті за укрупненими нормативними показниками згідно з нормативів.

На будівельних об'єктах необхідно мати аптечки з медикаментами, ноші, фіксуючі шини та інші засоби надання першої долікарської допомоги.

Приміщення для вживання питної води мають бути облаштовані на відстані не більше ніж 75 м по горизонталі і не більше ніж 10 м по вертикалі

від робочих місць.

Виробничі та санітарно-побутові приміщення, місця відпочинку, проходи для людей, робочі місця на будівельних майданчиках слід розташовувати за межами небезпечних зон.

На будівництві об'єктів із застосуванням вантажопідіймальних кранів, якщо до небезпечних зон переміщення вантажів кранами (межі яких визначаються за додатком Е) потрапляють транспортні або пішохідні шляхи, санітарно-побутові чи виробничі будівлі та споруди, інші місця постійного чи тимчасового перебування людей під час виконання будівельно-монтажних робіт, необхідно виконувати вимоги цих норм, ПОБ і ПВР щодо забезпечення безпеки працюючих, зокрема:

- застосовувати засоби штучного обмеження зони роботи баштових кранів;

- застосовувати захисні пристрої, захисні екрани тощо.

Проїзди, проходи на будівельних майданчиках, а також проходи до робочих місць і на робочих місцях не повинні мати вибоїн і утримуватись у чистоті та порядку, очищуватись від сміття, снігу, не захаращуватись матеріалами та виробами, а також бути не ковзкими.

Територіально відокремлені приміщення, площадки, ділянки робіт слід забезпечити телефонним чи радіозв'язком.

#### **4.2 Вимоги безпеки до облаштування і утримання будівельних майданчиків, виробничих ділянок і робочих місць**

Будівельні майданчики та виробничі ділянки повинні бути огорожені згідно з норм.

Конструкція захисних огорож повинна задовольняти таким вимогам:

- огорожі, що прилягають до місць проходу людей за межами будівельного майданчика, повинні мати висоту не менше ніж 2,0 м і бути обладнані суцільним захисним козирком із несучою здатністю витримувати снігове навантаження, а також навантаження від падіння дрібних предметів; ці огорожі повинні бути без прорізів, крім воріт і хвірток, які охороняються протягом робочого часу і замикаються після закінчення робіт.

Робочі місця і проходи до них, розташовані на висоті більше ніж 1,3 м і на відстані менше ніж 2,0 м від межі перепаду по висоті, повинні бути огорожені захисними огорожами, конструкції яких визначаються в ПВР.

Огорожі слід доставити на об'єкт будівництва до початку виконання робіт та негайно установити після утворення зазначеного перепаду по висоті, а демонтувати безпосередньо перед улаштуванням проектних огорожувальних конструкцій.

Якщо неможливо установити огорожу, у випадках, визначених у ПВР, для виконання певних видів робіт (наприклад, верхолазні, монтаж конструкцій, обладнання, опалубки; мурування стін тощо) відповідно до ПВР їх необхідно виконувати із застосуванням запобіжних поясів, страхувальних канатів. Місця кріплення запобіжних канатів повинні бути визначені у ПВР. Відповідальність за наявність і своєчасність установлення огорож у місцях загального користування несе генпідрядник, за його відсутність – субпідрядник (підрядник). Генпідрядник разом із субпідрядником (підрядником) несуть відповідальність за наявність огорож на ділянці субпідрядника (підрядника), якщо інше не визначено договором між ними. Виконання робіт без додержання вимог цього пункту не допускається.

Проходи на робочих місцях і до робочих місць повинні відповідати таким вимогам: - ширина одиночних проходів до робочих місць і на робочих місцях повинна бути не менше ніж 0,6 м, а висота таких проходів у просвіті – не менше ніж 1,8 м; драбини або скоби, що передбачені для піднімання чи спускання працівників на робочі місця, які розташовані на висоті (глибині) більше ніж 5 м, необхідно обладнувати пристроями для закріплення фала

запобіжного пояса (канатами з уловлювачами тощо), а також обладнані дуговою огорожею.

Прорізи у стінах за однобічного прилягання до них настилу (перекриття) повинні бути огорожені, якщо відстань від рівня настилу до низу прорізу менше ніж 0,7 м.

Входи до будівель (споруд), що споруджуються, на період будівництва слід захистити зверху суцільним козирком шириною не менше ширини входу до будинку (споруди) і довжиною відповідно до розміру небезпечної зони, що визначається згідно з додатком Е.

Козирки необхідно зберігати до вводу будинку в експлуатацію. Кут, що виникає між козирком та розташованою вище стіною, повинен бути **70° – 75°**. За довжини козирка понад 2 м допускається встановлювати під зазначеним кутом тільки частину козирка безпосередньо над входом під козирок.

У разі, коли розрахункова довжина козирка (додаток Е) перевищує межі будмайданчика, необхідно використовувати суцільні або сітчасті захисні системи огороження робочих горизонтів, які запобігають падінню елементів конструкції та інших предметів з висоти в небезпечну зону. Конструкції цих систем необхідно визначати в ПВР. 6.2.6 Біля в'їзду на будівельний майданчик необхідно встановити схему руху автотранспорту.

Транспортні засоби та пішоходи повинні потрапляти на об'єкт будівництва і покидати його через різні проходи і проїзди, що призначені для транспортних засобів і пішоходів. Для доступу в основні робочі зони тимчасові автомобільні шляхи повинні бути обладнані пішохідними переходами з відповідними знаками.

Внутрішні автомобільні шляхи на будівельних майданчиках повинні відповідати вимогам ДБН А.3.1-5, бути обладнані відповідними дорожніми знаками, що регламентують порядок руху транспортних засобів і будівельних машин відповідно до Правил дорожнього руху України.

Швидкість руху автотранспорту поблизу місць виконання робіт не

може перевищувати 10 км/год на прямих ділянках і 5 км/год – на поворотах.

Для зміни на період будівництва існуючої схеми дорожнього руху на під'їзних шляхах до будівельного майданчика або для вжиття спеціальних заходів із забезпечення безпеки руху у складі ПОБ розробляється схема дорожнього руху, яка узгоджується з Державтоінспекцією МВС України, місцевими органами влади та організацією, що обслуговує ці шляхи. У разі зведення тимчасових споруд, огорож, складів і риштувань необхідно брати до уваги відстані до засобів транспорту, що рухаються.

У місцях перехрещення на будівельному майданчику автомобільних доріг із рейковими шляхами повинні бути улаштовані суцільні настили (переїзди) з контррейками, що укладені врівень з головками рейок. Переїзди необхідно облаштовувати світовою сигналізацією та відповідними знаками.

Під час виконання земляних робіт на території населених пунктів або на виробничих територіях котловани, траншеї тощо (виїмки) в місцях, де відбувається рух людей і транспорту, повинні бути огорожені.

У місцях переходу через виїмки повинні бути встановлені перехідні містки шириною не менше ніж 1,0 м, огорожені по обидва боки перилами висотою не менше ніж 1,1 м із суцільною обшивкою понизу на висоту 0,15 м і з додатковою огорожувальною планкою на висоті 0,5 м від настилу.

Будівельні майданчики, ділянки робіт і робочі місця, проїзди та підходи до них у темний час доби, а також закриті приміщення повинні бути освітлені відповідно до вимог ДБН В.2.5-28, ДСТУ Б А.3.2-15:2011 для запобігання засліплювальній дії освітлювальних приладів на працюючих. Обладнання систем освітлення конструктивно не повинно створювати ризик ураження електрострумом. Виконання робіт у місцях, рівень освітленості яких не відповідає вимогам ДСТУ Б А.3.2-15:2011, не допускається.

Для працюючих на відкритому повітрі повинні бути облаштовані інвентарні приміщення для захисту від атмосферних опадів та для обігрівання, максимальна відстань до яких не повинна перевищувати 50 м.

Колодязі, шурфи та інші виїмки необхідно закрити кришками, щитами,

конструкції яких зазначаються у ПВР, або огородити. Зазначені огорожі повинні бути обладнані сигнальним електричним освітленням напругою не вище ніж 25 В.

У разі виконання робіт у закритих приміщеннях, на висоті, під землею у ПВР повинні бути зазначені шляхи евакуації людей у безпечні зони у випадку небезпечних або аварійних ситуацій.

Всі замкнені простори, в яких виконуються будь-які роботи, повинні бути обладнані вентиляцією та освітленням.

Під час виконання робіт на воді або над водою повинна бути облаштована рятувальна станція (рятувальний пост). Всі учасники робіт на воді повинні вміти плавати і бути забезпечені рятувальними засобами.

Для піднімання та опускання працівників на робочі місця під час зведення будівель і споруд висотою або глибінною 25 м і більше необхідно використовувати пасажирські або вантажопасажирські підйомники (ліфти), які експлуатуються відповідно до вимог.

У разі розташування робочих місць згідно з ПВР на перекриттях навантаження на перекриття від розміщених матеріалів, устаткування, оснащення і людей не повинні перевищувати розрахункові навантаження, передбачені проектом, з урахуванням фактичного технічного стану несучих будівельних конструкцій.

Для забезпечення безпеки робіт матеріали, будівельні конструкції та вузли обладнання необхідно подавати на робочі місця в технологічній послідовності, щоб попередня операція не була джерелом виробничої небезпеки під час виконання наступної.

Опалубка перекриттів повинна бути огорожена вздовж всього периметра. Всі отвори в робочій підлозі опалубки повинні бути закриті щитами.

Під час виконання робіт на висоті знизу під місцем виконання робіт необхідно визначити та огородити небезпечні зони. У разі суміщення робіт по одній вертикалі всі робочі місця повинні бути обладнані захисними

пристроями (настилами, сітками, козирками), встановленими на відстані не більше ніж 6,0 м по вертикалі від розміщеного нижче робочого місця.

Технологічні, ліфтові та інші отвори в перекриттях та покриттях для запобігання доступу до них працюючих необхідно закрити суцільними настилами або огородити вздовж периметра згідно з ГОСТ 23407, ГОСТ 12.4.059. На кожному поверсі в ліфтовій шахті повинні бути змонтовані захисні настили. Конструкцій елементів настилів закриття отворів, методи їх монтажу повинні бути зазначені в ПВР.

Під час опрацювання заходів з організації та технології зведення каркасно-монолітних, монолітних будівель і споруд відставання монтажу сходових маршів необхідно передбачати не більше ніж на один поверх.

Робочі місця, на яких застосовується устаткування, пуск якого здійснюється ззовні, повинні бути обладнані сигналізацією, що попереджує про пуск цього обладнання за необхідності треба забезпечити двосторонній зв'язок з оператором.

Будівельне сміття зі споруди, що будується, або риштувань необхідно опускати по закритих жолобах, у закритих ящиках або контейнерах. Нижній кінець жолоба повинен знаходитись не вище ніж 1,0 м над землею або вводити в бункер. Скидати сміття без жолобів або інших пристосувань дозволяється з висоти не більше ніж 3,0 м. Місця, на які скидається сміття, необхідно огородити або забезпечити нагляд за ними для запобігання нещасним випадкам.

#### **4.3 Вимоги безпеки під час склдування будівельних матеріалів і конструкцій**

Складування матеріалів, прокладання транспортних шляхів, установа опор повітряних ліній електропередачі та зв'язку повинні



виконуватись за межами призми обвалення ґрунту незакріплених виїмок (котлованів, траншей), а їх розміщення у межах призми обвалення ґрунту біля виїмок із кріпленням допускається за умови попередньої перевірки стійкості закріпленого укосу відповідно до паспорта кріплення або розрахунку стійкості цього укосу урахуванням динамічного навантаження від транспортних засобів, що пересуваються поблизу укосу.

Матеріали (конструкції) необхідно розміщувати на вирівняних майданчиках та вживати заходів, що запобігають самовільному зсуву, осіданню, опаданню і розкочуванню. Майданчики для складування повинні мати стоки поверхневих вод. Забороняється здійснювати складування матеріалів, виробів на насипних неуцільнених ґрунтах.

Під час транспортування і складування виробів, матеріалів, комплектувальних елементів необхідно дотримуватись загальних правил безпеки згідно з ДСТУ А.3.2-2-2009. Способи складування матеріалів, конструкцій та виробів визначаються в технологічних картах ПВР на виконання цих робіт. Одночасно необхідно забезпечити безпечне стропування та піднімання (спускання) вантажів на штабелі, стелажі, касети тощо.

Складування матеріалів та виробів відповідно до ПВР повинен забезпечувати керівник робіт. У разі виявлення порушення вимог чинних правил складування він повинен терміново вжити заходів для усунення порушення. Застосування матеріалів та виробів, що були заскладовані з порушенням правил, керівником робіт повинно бути тимчасово зупинено до впрішення питання про можливість їх подальшого використання. Це рішення повинно бути задокументовано.

Складувати матеріали, вироби, конструкції, устаткування на будівельному майданчику і робочих місцях необхідно так:

- цеглу у пакетах на піддонах - не більше ніж у два яруси, у контейнерах - в один ярус, без контейнерів - висотою не більше ніж 1,7 м;
- фундаментні блоки та блоки стін підвалів - у штабелі висотою не

більше ніж 2,6 м на підкладках з прокладками;

- стінові панелі - у касети чи піраміди (панелі перегородок - у касети вертикально);

- стінові блоки - у штабелі у два яруси на підкладках із прокладками;

- плити перекриттів - у штабелі висотою не більше ніж 2,5 м на підкладках із прокладками;

- ригелі та колони - у штабелі висотою до 2,0 м на підкладках із прокладками;

- круглий ліс - у штабелі висотою не більше ніж 1,5 м із прокладками між рядами та встановленням упорів для запобігання розкочуванню, ширина штабеля повинна бути менше ніж його висота;

- пиломатеріали - у штабелі висотою при рядовому укладанні не більше половини ширини штабеля, при укладанні у клітки - не більше ширини штабеля;

- дрібносортовий метал - у стелаж висотою не більше ніж 1,5 м;

- санітарно-технічні та вентиляційні блоки - у штабелі висотою не більше ніж 2,0 м на підкладках з прокладками;

- великогабаритне і великовагове устаткування та його частини - в один ярус на підкладках; - скло в ящиках і рулонні матеріали - вертикально в один ряд на підкладках;

- чорні прокатні метали (листова сталь, швелери, двотаврові балки, сортова сталь) - у штабель висотою до 1,5 м на підкладках із прокладками;

- труби діаметром більше ніж 300 мм - у штабель висотою до 3 м у сідло без прокладок із кінцевими упорами;

- труби діаметром менше ніж 300 мм - у штабель висотою до 3 м на підкладках із прокладками і кінцевими упорами.

Складування інших матеріалів, конструкцій і виробів необхідно здійснювати відповідно до вимог стандартів на ці матеріали. Методи та способи складування нестандартних матеріалів і конструкцій необхідно зазначати в ПВР. Складувати матеріали та обладнання на робочих місцях

необхідно так, щоб не створювалась небезпека під час виконання робіт і не звужувались проходи.

Підкладки та прокладки в штабелях матеріалів та конструкцій необхідно розміщувати в одній вертикальній площині; їх товщина під час штабелювання панелей, блоків тощо має перевищувати висоту монтажних петель, що виступають, не менше ніж на 20 мм.

Пилоподібні матеріали необхідно зберігати у закритих ємностях, вживаючи заходів, що запобігають розпорошенню у процесі завантаження та розвантаження. Завантажувальні отвори ємностей повинні закриватися захисними ґратами, а люки - затворами.

Бункери та інші ємності глибиною більше ніж 2 м для зберігання сипких та пилоподібних матеріалів повинні бути обладнані засобами для запобігання утворенню склепінь та зависань матеріалів або для примусового їх обвалення.

Матеріали, які містять шкідливі або вибухонебезпечні речовини, необхідно зберігати у герметично закритій тарі.

Між штабелями (стелажами) на складах слід передбачити проходи шириною не менше ніж 1,0 м і проїзди, ширина яких залежить від габаритів транспортних засобів і вантажно-розвантажувальних механізмів, що обслуговують склад.

Притуляти (спирати) матеріали і конструкції до огорож, елементів тимчасових і капітальних споруд тощо не допускається.

#### **4.4 Вимоги електробезпеки на будівельних майданчиках**

Улаштування та експлуатація електроустановок повинні здійснюватися відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (наказ від 25.07.2006 № 258 Мінпаливенерго України), Правил улаштування

електроустановок (наказ від 28.08.2006 № 305 Мінпаливенерго України). Електробезпека на будівельному майданчику повинна забезпечуватися відповідно до вимог ДСТУ Б А.3.2-13:2011.

Улаштування і технічне обслуговування тимчасових і постійних електричних мереж на виробничій території повинен здійснювати персонал, що має відповідну кваліфікаційну групу з електробезпеки.

Розведення тимчасових електромереж напругою до 1000 В, що використовуються для електрозабезпечення об'єктів будівництва, необхідно виконати ізольованими проводами чи кабелями на опорах або конструкціях, розрахованих на відповідну механічну міцність під час прокладання по них проводів і кабелів на висоті над рівнем землі та настилу не менше ніж, м:

2,5 - над робочими місцями;

3,5 - над проходами;

6,0 - над проїздами.

Світильники загального освітлення напругою 127 В і 220 В необхідно встановлювати на висоті не менше ніж 2,5 м від рівня землі, підлоги, настилу.

За висоти підвішування менше ніж 2,5 м необхідно згідно з ПУЕ (наказ Мінпаливенерго України від 28.08.06 № 305) використовувати напругу не вище ніж 25 В. Живлення світильників напругою до 25 В повинно здійснюватися від знижувальних трансформаторів, машинних перетворювачів, акумуляторних батарей. Застосовувати для зазначених цілей автотрансформатори, дроселі та реостати забороняється. Корпуси знижувальних трансформаторів і їх вторинні обмотки слід заземлити. Переносні світильники мають бути тільки промислового виготовлення. Інші світильники застосовувати в якості переносних забороняється.

Вимикачі, рубильники та інші комутаційні електричні апарати, що застосовуються на відкритому повітрі або у вологих цехах, повинні бути у пожежо- вибухозахищеному виконанні.

Усі електропускові пристрої слід розміщувати так, щоб

унеможливувався пуск машин, механізмів і устаткування сторонніми особами. Забороняється вмикання декількох струмоприймачів одним пусковим пристроєм. Розподільні щити і рубильники необхідно закривати на замок.

Штепсельні розетки на номінальні струми до 20 А, призначені для живлення переносного електроустаткування і ручного електроінструменту, що застосовуються поза приміщеннями, повинні бути обладнані пристроями захисного відключення (ПЗВ) зі струмом спрацьовування не більше ніж 30 мА або кожна розетка повинна живитися від індивідуального розподільного трансформатора з напругою не більше ніж 25 В.

Металеві будівельні риштування, металеві огорожі місць, де виконуються роботи, полиці та лотки для прокладання кабелів і проводів, рейкові колії вантажопідіймальних кранів і транспортних засобів з електричним приводом, корпуси устаткування, машин і механізмів з електроприводом необхідно заземлювати відповідно до Правил улаштування електроустановок одразу після їх встановлення на місце до початку виконання будь-яких робіт.

Штепсельні розетки й вилки, що застосовуються у мережах напругою до 25 В, повинні мати таку конструкцію, що унеможливує вмикання у розетки вилки напругою більше ніж 25 В.

Стумовідні частини електроустановок повинні бути ізольовані, огорожені чи розміщені в місцях, недоступних для випадкового дотику до них.

Захист електричних мереж і електроустановок від несанкціонованого втручання на виробничій території необхідно забезпечити за допомогою запобіжників з каліброваними плавкими вставками або автоматичних вимикачів відповідно до НПАОП 40.1-1.32.

Допуск персоналу будівельно-монтажних організацій до робіт у діючих установках і охоронній зоні ліній електропередачі повинен здійснюватися відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.29, НПАОП 40.1-1.01, НПАОП 40.1-1.07,

НПАОП 40.1-1.21, НПАОП 40.1-1.32 а також наказів Мінпаливенерго України від 25.07.2006 № 258 та від 28.08.2006 № 305.

Підготовка робочого місця і допуск до роботи персоналу, який працює за відрядженням, здійснюються завжди персоналом організації, що експлуатує електротехнічне устаткування.

#### **4.5 Забезпечення пожежної безпеки на будівельних майданчиках**

Пожежна безпека на будівельному майданчику забезпечується відповідно до вимог Закону України «Про пожежну безпеку», НАПБ А.01.001, НАПБ Б.03.002, ДБН В.1.1-7, ДБН В.1.2-7.

На кожному об'єкті роботодавець створює і несе відповідальність за функціонування системи пожежної безпеки.

Роботодавець зобов'язаний призначити особу, відповідальну за виконання працівниками правил пожежної безпеки на будівельному майданчику.

На кожному об'єкті необхідно мати інструкції з пожежної безпеки та інструкції для всіх вибухопожежонебезпечних і пожежонебезпечних приміщень (дільниць, цехів, складів тощо). Показники пожежовибухонебезпеки технологічних речовин і матеріалів (розчинів, порошків, гранул тощо), що застосовуються на будівельному майданчику, повинні відповідати ГОСТ 12.1.044.

Працівники допускаються до роботи тільки після інструктажу з пожежної безпеки відповідно до ДСТУ, а у разі зміни специфіки роботи - після позачергового інструктажу.

Залежно від особливостей будівельного майданчика, розмірів та умов експлуатації приміщень, наявного обладнання і кількості робочих місць, а також максимально можливої чисельності присутніх працівників повинна

бути забезпечена належна кількість первинних засобів пожежогасіння.

На будівельному генеральному плані повинна бути зазначена схема транспортних шляхів, місце знаходження вододжерел, засобів пожежогасіння та зв'язку.

До всіх будівель і споруд будівельного майданчика, у тому числі об'єктів прилеглої забудови, майданчиків складування матеріалів тощо повинен бути вільний доступ, а проти-пожежні відстані між ними повинні відповідати вимогам ДБН 360, ДБН В.2.2-15, СНиП 2.09.02.

За ширини будівель більше ніж 18,0 м проїзди мають бути забезпечені з обох поздовжніх сторін, а за довжини більше ніж 100 м - з усіх сторін будівлі. Максимальна відстань від узбіччя дороги до стін будівель і споруд повинна бути не більше ніж 25,0 м.

У місцях, де розміщено горючі чи легкозаймисті матеріали, куріння заборонено, а користування відкритим вогнем допускається тільки на відстані понад 50 м від зазначених матеріалів.

Не дозволяється накопичувати на площадках горючі матеріали (промаслені ганчірки, тирсу чи стружки, відходи пластмас тощо), їх необхідно зберігати в закритих металевих контейнерах у безпечному місці.

Проходи до технічних засобів пожежогасіння повинні бути вільними і позначеними відповідними знаками.

На робочих місцях, де застосовуються, виготовлюються клеї, мастики, фарби та інші матеріали, що виділяють вибухонебезпечні чи шкідливі речовини, не дозволяється використовувати відкритий вогонь та виконувати роботи, що супроводжуються іскроутворенням. Ці робочі місця необхідно постійно провітрювати. Електроустановки в таких приміщеннях (зонах) повинні бути у вибухобезпечному виконанні. Крім того, необхідно вжити заходів, що запобігають виникненню та накопиченню зарядів статичної електрики.

Забороняється використання полімерних матеріалів, у тому числі імпортованих, з невизначеними показниками пожежної небезпеки. Показники

пожежовибухонебезпеки визначаються згідно з ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.044, ДБН В.1.1-7, ДБН В.1.2-7, НАПБ Б.03.002.

Усі об'єкти (будівлі, що споруджуються, тимчасові споруди, підсобні приміщення, будівельні майданчики тощо) повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння згідно з вимогами НАПБ А.01.001, НАПБ Б.03.001, ДБН В.1.1-7, ДБН В.1.2-7, засобами контролю та оперативного оповіщення у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Евакуацію людей необхідно здійснювати згідно з ДБН В.1.1-7, ДБН В.1.2-7.

Кількість, розташування, розміри шляхів евакуації і виходів визначаються залежно від характеру робіт, розмірів і облаштування будівельного майданчика і приміщень, а також від максимально можливої кількості осіб, які там можуть перебувати.

Шляхи евакуації повинні бути вільними від сторонніх предметів і якнайкоротшими до евакуаційних виходів.

Евакуаційні виходи, шляхи евакуації повинні бути позначені знаками пожежної безпеки відповідно до вимог ДСТУ ISO 6309.

На період перебування людей на будівельних об'єктах забороняється закривати на замки двері евакуаційних виходів.

Шляхи евакуації, повинні бути обладнані автоматичними аварійними джерелами світла.

#### **4.6 Забезпечення захисту працівників від дії шкідливих виробничих факторів**

Під час будівельних робіт рівень електромагнітних полів не повинен перевищувати рівнів. Вимірювання рівня електромагнітних полів на робочих місцях.



Під час будівельно-монтажних робіт на території або в цехах діючих промислових підприємств контроль за додержанням санітарно-гігієнічних норм повинен здійснюватись відповідно до порядку, визначеному на даному підприємстві.

Робітники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту.

Перед початком робіт у місцях, де можливе виділення шкідливих газоподібних речовин (шкідливих газів), у тому числі в закритих ємностях, колодязях, траншеях, шурфах, необхідно проводити аналіз повітряного середовища відповідно до вимог 6.6.1.

У разі появи шкідливих газів роботи необхідно тимчасово припинити і продовжити тільки після провітрювання робочих місць та забезпечення вентиляцією і/або забезпечення працюючих необхідними засобами індивідуального захисту.

Роботи в колодязях, шурфах чи закритих ємностях повинні виконувати працівники, які пройшли навчання та перевірку знань відповідно до вимог, застосовуючи шлангові протигази; разом з тим (одночасно) двоє робітників, що перебувають ззовні колодязя, шурфа або ємності, повинні страхувати безпосередніх виконавців робіт за допомогою канатів, прикріплених до їх запобіжних поясів.

Під час виконання робіт у колекторах водопостачання, водовідведення, теплопостачання повинні бути відкриті два найближчих люки або двері з таким розрахунком, щоб працівники перебували між ними.

Устаткування, під час експлуатації якого можливе надходження у повітря шкідливих газів, парів, пилу, повинно поставлятися у комплекті з усіма необхідними укриттями і пристроями, що забезпечують надійну герметизацію джерел виділення шкідливих речовин. Укриття повинні бути забезпечені пристроями для підключення до аспіраційних систем (фланці, патрубки тощо).

Під час використання полімерних матеріалів і виробів, у тому числі імпортованих, необхідно керуватися паспортами на них, знаками і написами на

тарі, в якій вони знаходилися, санітарно- епідеміологічним висновком про відповідність санітарним нормам і правилам України, а також інструкціями щодо їх застосування, затвердженими у визначеному порядку.

Забороняється використання вибухонебезпечних і токсичних матеріалів і виробів без ознайомлення персоналу з інструкціями щодо їх застосування.

Лакофарбові, ізоляційні, опоряджувальні та інші матеріали, що виділяють вибухонебезпечні або шкідливі речовини, дозволяється зберігати на робочих місцях у кількостях, що не перевищують змінної потреби.

Матеріали, що містять шкідливі чи вибухонебезпечні, вибухопожежонебезпечні розчинники, необхідно зберігати в герметично закритій тарі.

Машини й агрегати, що створюють шум під час роботи, необхідно експлуатувати так, щоб рівні звукового тиску на постійних робочих місцях у приміщеннях і на території організації не перевищували допустимих величин.

Для усунення шкідливого впливу на працюючих підвищеного рівня шуму необхідно застосовувати:

- технічні засоби (зменшення шуму у джерелі його утворення;
- удосконалення технологічних процесів, щоб рівні звукового тиску на робочих місцях не перевищували допустимих);
- дистанційне керування машинами, що створюють підвищений шум;
- засоби індивідуального захисту;
- будівельно-акустичні заходи;
- організаційні заходи (вибір раціонального режиму праці та відпочинку, скорочення часу перебування в умовах шуму, лікувально-профілактичні заходи тощо).

Виробничі зони, в яких рівень шуму може перевищувати гранично-допустимий рівень, повинні бути забезпечені пристроями, що автоматично контролюють рівень шуму та сигналізують про його перевищення.

Зони з рівнем звукового тиску понад 80 дБА необхідно позначити знаками небезпеки. Робота в цих зонах без використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) забороняється.

Забороняється навіть короточасне перебування працюючих у зонах звукового тиску, що перевищує 130 дБА у будь-якій октавній смузі без використання ЗІЗ.

Виробниче устаткування, що генерує вібрацію, повинно відповідати вимогам.

Для усунення шкідливого впливу вібрації на працюючих необхідно вживати такі заходи:

- знижувати рівні вібрації в джерелі її утворення конструктивними або технологічними заходами;
- зменшувати рівні вібрації на шляху її поширення засобами віброізоляції і вібропоглинання;
- забезпечувати дистанційне керування, що виключає передачу вібрації на робочі місця;
- застосовувати засоби індивідуального захисту.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. В технологіях улаштування контактних («мокрих») та вентильованих систем утеплення фасадів будівель та споруд для теплоізолюючого шару використовують піно полістирольні або мінераловатні плити з комбінованим клейовим та механічним кріпленням до поверхні стін.

2. Характерним для більшості країн світу є використання теплоізоляційних матеріалів одного виду.

3. Матеріали для теплоізолюючого шару фасадних систем у більшості випадків являються імпортованими, що знижує перспективи широкомасштабного вирішення проблеми енергозбереження у зв'язку з дефіцитністю матеріалів та підвищеною вартістю робіт.

4. Пінополістирольні плити та пластмасові дюбелі, як полімерні матеріали, не відповідають вимогам нормативної довговічності до 150 років. Усунути названі недоліки дозволяє застосування теплоізолюючих панелей типу «Сендвіч», виготовлених з мінеральної вати та огорожуючими поверхнями з гіпсоцементпущоцоланових в'язучих або розчинах рідинного скла.

5. Для кріплення теплоізолюючого шару доцільно в якості клейової суміші використовувати суміші на основі рідинного скла, як найбільш технологічного та менш дефіцитного з достатньо високою адгезійною здатністю.

6. Значні переваги в частині довговічності має перехід від пластмасових дюбелів до металевого кріплення елементами з нержавіючої сталі, які включають Г-подібний стрижень та шайбу прямокутної форми, виготовлення яких з дроту та листового прокату достатньо технологічне та практично безвідходне. Кріплення стрижнів в отворах виконується на гіпсових розчинах.

7. Використання в якості утеплювача так званої «утеплюючої фарби»

набуває значних переваг в разі використання в якості в'язучої речовини рідинного скла з отверджувачами як заміниками імпортованих та дефіцитних матеріалів на полімерній основі з їхньою схильністю до «старіння» і з цієї причини обмеженої довговічності.

8. Вентильовані утеплюючі системи, які більш придатні для умов нового будівництва, на даний час мають два принципові підходи до практичного вирішення - з використанням каркасу для кріплення облицювального шару та без каркасу з улаштуванням опоряджувального шару на консолі залізобетонного перекриття. Такий варіант являється вітчизняною розробкою та має назву «Українська стіна», що дозволяє збільшити терміни експлуатації до 150 років. Подальше вдосконалення названого варіанту можливо за рахунок улаштування опоряджувального шару з пустотілих керамічних виробів зі спеціально наданою художньою виразністю та виготовлення консолі перекриття з ефективних легкобетонів.

9. Для забезпечення нормативної довговічності вентильованих систем каркаси для кріплення опоряджувального шару доцільно виготовляти з використанням алюмінієвого сортаменту або гальванопокриттям та нержавіючих болтів з гайками та додатковим покриттям інгібіторами корозії.

10. До вибору перспективних матеріалів та технологій утеплення фасадів можуть бути рекомендовані «теплоізолюючі фарби» з вакуумованими кульками або кульками з піноскла (зпіненого рідинного скла) та в'язучих на основі рідинного скла як найбільш довговічного.

11. Для забезпечення довговічності фасадних систем на рівні термінів експлуатації будівель і споруд рекомендовано теплоізолюючі шари виконувати з плит типу «сендвіч», клейових сумішей на основі рідинного скла та механічного кріплення елементами з нержавіючої сталі.

12. Елементи каркасів механічного кріплення опоряджувального шару рекомендовано готувати з додатковим покриттям акриловими фарбами з інгібіторами корозії.

13. Опоряджувальний шар вентильованих систем рекомендовано

виконувати з силікатної цегли (Українська стіна), тонкостінних цемент-полімерних бетонів армованих короткими волокнами.

14. Використовувані на даний час системи утеплення фасадів в Україні не уступають аналогічним в інших країнах світу, а у деяких випадках і переважають по своїм конструктивно-технологічним властивостям.

### Список використаних джерел

1. Shandong Polytechnic, The research and development of heat insulation materials with low thermal-conductivity in high temperature, International Conference on Materials, Environmental and Biological Engineering, pp 868-871(2015).
2. Fei Wang Jian Min Zhang and Qing Guo Tang, Research progress on thermal insulation materials, Advanced Materials Research, vol. 427, pp 157-162 (2012).
3. Zach J. Heal R. Sedlmajer M. and Hroudova J., Development of thermal insulation plasters for insulating and sanitation of building constructions, IACSIT International Journal of Engineering and Technology, vol. 5, pp 395 (2013).
4. Hroudova J. Zach J. and Vodova L., Development of thermal insulation materials based on silicate using non-traditional binders and fillers, International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering, vol. 8, issue 6, pp 713-716 ( 2014).
5. Sagar Kumar Shah and Vinay Bhatt, Study of thermal insulating materials and costing of economic thickness of insulation, Indian Journal of Applied Research, vol. 3, issue 8, pp 77-80 (2013).
6. Long Tao, Zhou Baoshan and Xu Jian, Technical and economical comparison between different kinds of materials and different geometries for electrostatic precipitator insulators, Paper 12A3, ICESP X – Australia (2006).
7. Robert Dylewski and Janusz Adamczyk, Economic and environmental benefits of thermal insulation of building external walls, Fuel and Energy Abstracts, vol.4, issue 12 ( 2011).
8. Subhash Mishra Usmani J. A. and Sanjeev Varshney, Energy saving analysis in building walls through thermal insulation system, International Journal of Engineering Research and Applications, vol. 2, issue 5, pp128-135 (2012).
9. Jiří Zacha Jitka Hroudová Jiří Brožovský Zdeněk Krejzad and

Albinas Gailiuse, Development of thermal insulating materials on natural base for thermal insulation systems, *Procedia Engineering*, vol. 57, pp 1288 –1294 (2013).

10. Gesa F. Newton Atser A. Roy and Aondoakaa I. Solomon, Investigation of the thermal insulation properties of selected ceiling materials used in Makurdi Metropolis, *American Journal of Engineering Research* , vol. 3, Issue 11, pp 245-250 (2014).

11. Ajibola K., Ventilation of spaces in a warm-humid climate-case study of some housing types, *Renewable Energy*, vol. 10, issue 1, pp 61–70 (1997).

12. Kisanga A. U., The challenge faced by the building materials industries in the developing countries in the 1990s: with special reference to Tanzania, *Habitat International*, vol. 14, issue 4, pp 119-132 (1990).

13. Moriarty P., The case for traditional housing in tropical Africa. *Habitat International*, vol. 4, issue 3, pp 285-290 (1979).

14. Zhai Z. and Previtali J.M., Ancient vernacular architecture: characteristics categorization and energy performance evaluation, *Energy and Buildings*, vol. 42, issue 3, pp 357-365 (2010).

15. Nahar N. M. Sharma P. and Purohit M. M., Performance of different passive techniques for cooling of buildings in arid regions. *Building and Environment*, vol. 38, issue 1, pp 109-116 (2003).

16. Nahar N. M. Sharma P. and Purohit M. M., Studies on solar passive cooling techniques for arid areas, *Energy Conversion and Management*, vol. 40, issue 1, pp 89-95 (1999).

17. Akbari H., Measured energy savings from the application of reflective roofs in two small non-residential buildings, *Energy*, vol. 28, issue 9, pp 953-967 (2003).

18. Bozonnet E. Doya M. and Allard F., Cool roofs impact on building thermal response: A French case study, *Energy and Buildings*, vol. 43, issue 11, pp 3006-3012 (2012).

19. Hernández-Pérez I., Thermal performance of reflective materials applied to exterior building components—A review, *Energy and Buildings*, vol. 80



issue 1, pp 81-105 (2014).

20. Synnefa A. Santamouris M. and Akbari H., Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions, *Energy and Buildings*, vol.39, issue 11, pp 1167-1174 (2007).

21. Sanjai N. and Chand P., Passive cooling techniques in buildings: past and present a review. *ARISER 4*, pp 37–46 (2008).

22. Susanti L. Homma H. and Matsumoto H., A naturally ventilated cavity roof as potential benefits for improving thermal environment and cooling load of a factory building. *Energy and Buildings*, vol. 43, issue 1, pp 211-218 (2011).

23. Özdeniz M. B. and Hançer P., Suitable roof constructions for warm climates - Gazimagusa case, *Energy and Buildings*, vol.37, issue 6, pp 643-649 (2005).

24. Crawley D. B., Energy plus: creating a new-generation building energy simulation program, *Energy and Buildings*, vol.33, issue 4, pp 319-331(2001).

25. Perez R., Modeling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance, *Solar Energy*, vol. 44, issue 5, pp 271-289 (1990).

26. Awbi H. B., Design considerations for naturally ventilated buildings, *Renewable Energy*, vol. 5, issue 5-8, pp 1081-1090 (1994).

27. Nouidui T. Wetter M. and Zuo W., Functional mock-up unit for co-simulation import in energyplus, *Journal of Building Performance Simulation*, vol. 7, issue 4, pp 192-202 (2014).

28. Jiří Zach Jiří Brožovský and Jitka Hroudová, Research and development of thermal -insulating materials based on natural fibers, *Modern Building Materials Structure and Techniques*, vol. 6, pp 330-334 (2010).

29. Tuomo Ojanen Pinto Seppä. and Esa Nykänen, Thermal insulation products and applications - Future road maps, *Science Direct*, vol. 78, pp 309-314

(2015).

30. Jun Kono, Yutaka Goto and Holger Wallbaum, Factors for eco-efficiency improvement of thermal insulation materials, *Key Engineering Materials*, vol. 678, pp 1-13 (2016).

31. Philippa Howden-Chapman, Effect of insulating existing houses on health inequality: cluster randomised study in the community, *Building Materials Journals*, vol. 334, pp 7591( 2007).

32. Francesco Asdrubali Francesco D'Alessandro and Samuele Schiavoni, A review of unconventional sustainable building insulation materials, *Sustainable Materials and Technologies*, vol. 4, pp 1–17 (2015).

33. Department of Environmental Conservation, University of Massachusetts, Cellulose insulation-A smart choice, [www.bct.eco.umass.edu](http://www.bct.eco.umass.edu) (дата звернення: 07.11.2020).

34. MLIT (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism) <https://www.mlit.go.jp/en/> (дата звернення: 17.10.2020).

35. Sakumoto, Y.: Steel-Framed Houses and Steel Materials. ISIJ Technical Lecture Commemorating Nishiyama, 1998-3

36. Murahashi, Y.: Construction Example and Housing Performance on LightGauge Steel Framed Apartment House in Japan. Proceeding of the 8th Korea-China-Japan Symposium on Structural Steel Construction. 2005- 10, p.131-138

37. Murahashi, Y., Suzuki, K., Tonooka, Y., Sakumoto, Y.: Evaluation of the Thermal Environment and Energy Consumption of the Indoor and Inside Wall of a Light-Gauge Steel Framed Residential House with External Thermal Insulation Structure. *Collection of Environmental Papers & Reports of Architectural Institute of Japan*. (579), 1-8 (2004-5)

38. Murahashi, Y., Akasaka, H., Takeda, K., Kawakami, H.: Quantitative Evaluation of Techniques for Sunshading and Thermal Insulation of Ventilated Exterior Walls and Roofs (Part 7). *Collection of Excerpts of Academic Lectures at Architectural Institute of Japan*. D2, 2006, p. 131-132

39. Murahashi, Y., Akasaka, H., Takeda, K., Kawakami, H., Kurayama,

C.: Evaluation of the Proposed Calculation Method for the Sunshading and Insulating Effect through Comparison; Study on Calculation Method for the Evaluation of Sunshading and Insulating Effect of the Walls and Roofs with Vented Air-Layer (Part 2). Collection of Environmental Papers & Reports of Architectural Institute of Japan. No. 620, 89-96 (2007-10)

40. Hirakawa, T., Murahashi, Y., Sakumoto, Y.: Japan Association for Fire Science and Engineering. 54(6), 18-24 (2004.12)

41. National Institute for Land and Infrastructure Management of Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Building Research Institute, Japan Iron and Steel Federation: Design Manual for Light-Gauge Steel-Framed Structures, 1st Edition, Gihoudo Publishing Co. 2002-6.

42. Department of Energy and Climate Change (2012) Quarterly Energy Prices Table. London, UK: DECC. <http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/statistics/publications/prices/prices.asp>.

43. Department for Communities and Local Government (2007) Building a Greener Future: Policy Statement. West Yorkshire, UK: DCLG Publication.

44. McLeod, P. and Fay, R. (2011) Costs of improving the thermal performance of houses in a cool-temperate climate. *Architectural Science Review*. 53 (3), pp. 307-314.

45. Judkoff, R. (2008) Increasing Building Energy Efficiency Through Advances in Materials. *MRS Bulletin*. 33 (4), pp. 449-454.

46. Burberry, P. (1992) *Mitchell's Building Series Environment & Services*. 7th ed.: Longman Scientific & Technical.

47. Booth, C.A., Hammond, F.N., Lamond, J.E. and Proverbs, D.G. (2012) *Solutions to Climate Change Challenges in the Built Environment*. WileyBlackwell, Oxford.

48. Royal Ascent (2009) *Climate Change Act 2008 c. 27*. London, UK: HM Stationary Office (415435).

49. Department of Energy and Climate Change (2011) *UK Renewable Energy Roadmap*. <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/>

attachment\_data/file/48128/2167-uk-renewable-energy-roadmap.pdf.

50. The Chartered Institute of Housing (2012) CIH Housing Facts and Figures.

<http://www.cih.org/resources/PDF/Marketing%20PDFs/Key%20statistics%20for%20web%20-%20housing%20supply.pdf>.

51. Hunt, M. (2008) Bringing the housing stock up to scratch. The Future is Retro-Fit. 1, p. 3.

52. Department for Communities and Local Government (2010) English Housing Survey: Housing Stock Report 2008. London, UK: DCLG.

53. Ecopower Heating (2012) Electric Heating Bills Reduced – For Free! <http://www.ecopowerheating.co.uk/2012/01/electric-heating-bills-reduced-for-free>.

54. Energy Saving Trust (2012b). Solid Wall Insulation. Available from: <http://www.energysavingtrust.org.uk/Insulation/Solid-wall-insulation>.

55. Hopper, J., Littlewood, J.R., Taylor, T., Counsell, J.A.M., Thomas, A.M., Karani, G., Geens, A. and Evans, N.I. (2012) Assessing retrofitted external wall insulation using infrared thermography. *Structural Survey*. 30 (3), pp. 245-266.

56. HM Government (2010a) The Building Regulations 2010: Conservation of fuel and power in new dwellings. Approved Document L1A. London, UK: NBS.

57. Castleton, H.F., Stovin, V., Beck, S.B.M. and Davison, J.B. (2010) Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. *Energy and Buildings*. 42 (10), pp. 1582-1591.

58. Shipworth, M., Firth, S.K., Gentry, M.I., Wright, A.J., Shipworth, D.T. and Lomas, K.J. (2010) Central heating thermostat settings and timing: building demographics. *Building Research & Information*. 38 (1), pp. 50-69.

59. Energy Saving Trust (2012a). Cavity Wall Insulation. <http://www.energysavingtrust.org.uk/Insulation/Cavity-wall-insulation>.

60. Banfi, S., Farsi, M., Filippini, M. and Jakob, M. (2008) Willingness to pay for energy-saving measures in residential buildings. *Energy Economics*. 30 (2),

pp. 503-516.

61. YouGen (2013) Insulation. <http://www.yougen.co.uk/energy-saving/Insulation>.
62. HM Government (2010b) The Building Regulations 2010: Conservation of fuel and power in existing dwellings. Approved Document L1B. London, UK: NBS.
63. Organ, S., Proverbs, D. and Squires, G. (2013) Motivations for energy efficiency refurbishment in owner-occupied housing. Structural Survey. 31, pp. 101-120.
64. <http://mtlib.com/book> Навесной вентилируемый фасад; Мокрый фасад или теплоизоляция со штукатурным слоем (дата звернення 8.01.2020).
65. «Фасад вентилируемый: виды, фото, установка. Навесной вентилируемый фасад», автор А. Гаринский, июль, 2015.
66. <http://moymodnik.net/fasad> Навесной вентилируемый фасад-технология монтажа навесных фасадных систем.
67. Попова В.В. «Материалы для теплоизоляционных и гидроизоляционных работ». Москва: Высшая школа, 1988.
68. Матюхж А.Н., Щепкина ГГ., Неелов В.А. «Теплоизоляционные и гидроизоляционные работы». Москва: Высшая школа, 1991.
69. ДСТУ 8302:2015 Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01] Вид. офіц.. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016.20 с.
70. ДСТУ 3008-2015 Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. [Чинний від 2017-07-01] Вид. офіц.. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016.31 с.
71. ДСТУ Б В.2.7-8-94 «Плиты пенополистирольные. Технические условия».
72. ДСТУ Б В.2.7-317:2016 «Маты и шнуры минераловатные теплоизоляционные. Технические условия».
73. URL:<http://uteplix.com/materialy/> - что собой представляет жидкая

теплоизоляция.

74. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. «Технология теплоизоляционных материалов»: Учебник. Москва: Стройиздат, 1990.

75. Горчаков Г.И. «Специальные строительные материалы для теплоэнергетического строительства». Москва: Издательство литературы по производству, 1972.

76. Бобров Ю.Л., Гранев В.В., Никифорова О.П. «Современные легкие ограждающие конструкции с новыми минераловатными теплоизоляторами»: Учеб, пособие. Москва:, ЦМИПКС, 1980

77. Пахомов А. Ю. Исследование технико-экономической эффективности конструктивных решений, обеспечивающих пожарную безопасность в вентилируемых фасадах: дисс. магистра техники и технологии строительства: защищена 17.06.14 / ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет», кафедра «Городское строительство и архитектура».

78. Матросов Ю.А., Бутовский И. «Региональное нормирование энергосбережения в зданиях и «Теплые дома». «Строитель» — справочник специалиста стройиндустрии. Москва: Стройинформ, 2001.

79. BPIE, Renovating the EU building stock, available at: URL: <http://bpie.eu/focus-areas/renovating-the-eu-building-stock> (Дата звернення 2.09.2020)

80. PU Europe, Polyurethane insulation: providing sustainable solutions for low energy buildings and installations, available at: URL: <http://www.pu-europe.eu> (Дата звернення 12.09.2020)

81. Visiongain, Building thermal insulation market analysis & forecast 2017-2027.

82. Market Research Reports & Industry Analysis. URL:<https://www.asdreports.com/> (дата звернення 09.11.2020).