

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет будівництва, архітектури та дизайну

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра будівельного виробництва та управління проектами

(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на ТЕМУ ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ  
ПРИВАТНОГО БУДИНКУ ПО ВУЛИЦІ ВІНОГРАДНА В М.  
ЗАПОРІЖЖЯ

STUDY OF ENERGY SAVING WAYS OF A PRIVATE HOUSE ON  
VINOGRADNA STREET IN ZAPORIZHZHIA

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи БАД-112м  
Спеціальності 192 Будівництво та цивільна  
інженерія

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Промислове та цивільне будівництво

Шкроботько Д.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Кулік М.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет ФБАД  
 Кафедра будівельного виробництва та управління проектами  
 Ступінь вищої освіти другий (магістерський)  
 Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія  
 (код і найменування)  
 Освітня програма (спеціалізація) Промислове та цивільне будівництво  
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри БВУП, к.т.н, доц.  
О.М. Назаренко  
 “ ” 20\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

Шкроботько Дмитро Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження шляхів енергозбереження приватного будинку по вулиці виноградна в м. Запоріжжя Study of energy saving ways of a private house on Vinogradna Street in Zaporizhzhia

керівник проєкту (роботи) Кулік Михайло Валерійович, к.т.н., доцент,  
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ ” 2023 року №\_\_

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 12 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) нормативно-технічна документація, вихідні дані стосовно теплозахисту будівельних конструкцій та елементів будівель

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Теоретико-концептуальні основи та напрямки технологічних процесів з удосконалення рівня теплозахисту. 2. Аналіз сучасних методів та технологій утеплення будівель. 3. Дослідження системи теплоізоляції фасадів з використанням архітектурно-декоративних елементів із полістеролбетону.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Слайди презентації, графічний матеріал 8-10 аркушів А1 розруковані на А3 з титульним аркушем та зброшуровані

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

| Розділ                                                                                                            | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|---------------------------|
|                                                                                                                   |                                           | завдання видав | прийняв виконане завдання |
| Теоретико-концептуальні основи та напрямки технологічних процесів з удосконалення рівня теплозахисту              | Кулік М.В., доцент                        |                |                           |
| Аналіз сучасних методів та технологій утеплення будівель                                                          | Кулік М.В., доцент                        |                |                           |
| Дослідження системи теплоізоляції фасадів з використанням архітектурно-декоративних елементів із полістеролбетону | Кулік М.В., доцент                        |                |                           |
| Нормоконтролер                                                                                                    | Бобраков А.А., доцент                     |                |                           |

7. Дата видачі завдання “ 12 ” жовтня 2023 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту (роботи)                                                                          | Строк виконання етапів проєкту ( роботи ) | Примітка |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------|
| 1     | Постановка завдань по роботі                                                                                      | 1 тиждень                                 | Завдання |
| 2     | Теоретико-концептуальні основи та напрямки технологічних процесів з удосконалення рівня теплозахисту              | 2–5 тижні                                 | Розділ 1 |
| 3     | Аналіз сучасних методів та технологій утеплення будівель.                                                         | 6–8 тижні                                 | Розділ 2 |
| 4     | Дослідження системи теплоізоляції фасадів з використанням архітектурно-декоративних елементів із полістеролбетону | 9-12 тиждень                              | Розділ 3 |
| 9     | Оформлення графічної частини                                                                                      | 13 тиждень                                |          |
| 10    | Нормоконтроль та рецензування                                                                                     | 14 тиждень                                |          |
| 11    | Захист роботи.                                                                                                    | 15 тиждень                                |          |

Студент(ка)

\_\_\_\_\_  
( підпис )      Шкроботько Д.О.  
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

\_\_\_\_\_  
( підпис )      Кулік М.В.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Актуальність** - обумовлена необхідністю забезпечення удосконалення рівня теплотехнічних характеристик будівель, згідно державної політики з енергозбереження та постанов кабінетів міністрів.

**Мета** - дослідження і аналіз науково-технічних джерел для виявлення характеристик теплоізоляційних матеріалів та систем придатних до удосконалення характеристик огорожуючих конструкцій.

Для досягнення поставленої мети розглядаються наступні завдання:

- Провести дослідження науково-технічних джерел для виявлення сутності, можливостей та сучасних механізмів проведення технологічних процесів з удосконалення рівня теплозахисту;
- Проаналізувати сучасні підходи проведення технологічних процесів з удосконалення рівня теплозахисту;
- Обґрунтувати вибір ефективної системи удосконалення теплотехнічних характеристик огорожуючих конструкцій.

**Об'єкт дослідження** – теплоізоляційні матеріали та системи.

**Предмет дослідження** – аналіз та критерії вибору найбільш конкурентноспроможної в конкретних умовах теплоізоляційної системи та матеріалу.

**Методи дослідження** - робота являє собою теоретичне дослідження, яке виконано за допомогою когнітивної структуризації знань, теорії ухвалення рішень.

**Наукова новизна:**

1. Досліджені технологічні та інші процеси що проходять у різних теплоізоляційних матеріалах та системах.

2. На основі аналізу різних теплоізоляційних систем були визначені критерії які впливають на вибір тих чи інших теплоізоляційних матеріалів та систем.

**Практичне значення:**

Обґрунтована можливість, на підставі аналізу використання та експлуатації різних матеріалів та систем, вибору ефективної системи удосконалення теплотехнічних характеристик огорожуючих конструкцій.

**Ключові слова.** *Теплоізоляція, теплоізоляційні системи, рішення, аналіз використання, теплотехнічні характеристики, теплопровідність, адгезія, паропроникність, морозостійкість, водопоглинання, тривалість.*

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                                                       | 7  |
| РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ ТА НАПРЯМКИ<br>ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ З УДОСКОНАЛЕННЯ РІВНЯ<br>ТЕПЛОЗАХИСТУ.....                        | 9  |
| 1.1 Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами стосовно<br>напрямку технологічних процесів з удосконалення рівня теплозахисту..... | 9  |
| 1.2 Мета і задачі дослідження .....                                                                                                              | 12 |
| 1.3 Наукова новизна отриманих результатів .....                                                                                                  | 12 |
| 1.4 Шляхи підвищення теплотехнічних властивостей огорожуючих конструкцій<br>житлових будинків.....                                               | 13 |
| РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ УТЕПЛЕННЯ<br>БУДІВЕЛЬ .....                                                                      | 20 |
| 2.1 Роль технологічних процесів з удосконалення рівня теплозахисту.....                                                                          | 20 |
| 2.2 Аналіз сучасних методів утеплення .....                                                                                                      | 21 |
| 2.3 Дослідження існуючих сучасних теплоізоляційних матеріалів<br>огорожувального походження.....                                                 | 28 |
| 2.4 Дослідження систем теплих навісних фасадів, що закріплюються на<br>металевих каркасах системи вентиляційних фасадів .....                    | 38 |
| РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ФАСАДІВ З<br>ВИКОРИСТАННЯМ АРХІТЕКТУРНО-ДЕКОРАТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ<br>ПОЛІСТЕРОЛБЕТОНУ .....          | 42 |
| 3.1 Сучасні ставлення до полістеролбетону, як представника класу легких<br>бетонів.....                                                          | 42 |
| 3.2 Технологія виготовлення полістеролбетону.....                                                                                                | 46 |
| 3.3 Виготовлення полістеролбетонних блоків методом об'ємного<br>вібропрасування .....                                                            | 55 |
| 3.4 Опис полістеролбетону .....                                                                                                                  | 58 |
| 3.5 Переваги полістеролбетону .....                                                                                                              | 65 |
| ВИСНОВКИ .....                                                                                                                                   | 76 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....                                                                                                                 | 77 |

## ВСТУП

Утеплення модернізація та реконструкція стін, завдяки введенню нових норм та проведення послідовної логічної політики держави на протязі 10 років, стало справою не тільки важливою, але й просто необхідною.

Це впливає з будівельних норм, розроблених ще 15 років назад. Так, в даний час наведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій для стін повинен дорівнювати  $3,3 \text{ м}^2\text{K/Вт}$  в залежності від кліматичного району. Однак, щоб дотримати цю умову, необхідно будувати стіни з цегли товщиною більше 1 метра. Зрозуміло, що таке рішення не економічно, не естетично та незручне. Тому будівельники, щоб уникнути цього, використовують ефективні теплоізоляційні матеріали з низьким коефіцієнтом теплопровідності, які дозволяють значно зменшити товщину стіни.

Програма енергозбереження повинна реалізовуватися як тривала та чітко спланована програма дій. Для цього створюється державна система енергозбереження, в основу якої закладаються принципи та елементи ринкової економіки. Одним із таких елементів є впровадження інвестиційних проектів, спрямованих на економію енергії.

**Актуальність** - обумовлена необхідністю забезпечення удосконалення рівня теплотехнічних характеристик будівель, згідно державної політики з енергозбереження та постанов кабінетів міністрів.

Актуальність роботи: одним із найважливіших пріоритетних напрямків державної політики України є підвищення енергетичної ефективності усіх галузей економіки. Комплексне рішення проблеми енергозбереження допоможе успішно перебороти економічну й енергетичну кризу в умовах обмеження енергетичних ресурсів і підвищення вартості енергоносіїв.

**Мета** - дослідження і аналіз науково-технічних джерел для виявлення характеристик теплоізоляційних матеріалів та систем придатних до удосконалення характеристик огорожуючих конструкцій.

Для досягнення поставленої мети розглядаються наступні завдання:

- Провести дослідження науково-технічних джерел для виявлення сутності, можливостей та сучасних механізмів проведення технологічних процесів з удосконалення рівня теплозахисту;
- Проаналізувати сучасні підходи проведення технологічних процесів з удосконалення рівня теплозахисту;
- Обґрунтувати вибір ефективної системи удосконалення теплотехнічних характеристик огорожуючих конструкцій.

**Об'єкт дослідження** – теплоізоляційні матеріали та системи.

**Предмет дослідження** – аналіз та критерії вибору найбільш конкурентноспроможної в конкретних умовах теплоізоляційної системи та матеріалу.

**Методи дослідження** - робота являє собою теоретичне дослідження, яке виконано за допомогою когнітивної структуризації знань, теорії ухвалення рішень.

**Наукова новизна:**

1. Досліджені технологічні та інші процеси що проходять у різних теплоізоляційних матеріалах та системах.
2. На основі аналізу різних теплоізоляційних систем були визначені критерії які впливають на вибір тих чи інших теплоізоляційних матеріалів та систем.

**Практичне значення:**

Обґрунтована можливість, на підставі аналізу використання та експлуатації різних матеріалів та систем, вибору ефективної системи удосконалення теплотехнічних характеристик огорожуючих конструкцій.

## **РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ ТА НАПРЯМКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ З УДОСКОНАЛЕННЯ РІВНЯ ТЕПЛОЗАХИСТУ**

### **1.1 Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами стосовно напрямку технологічних процесів з удосконалення рівня теплозахисту**

Робота виконувалася відповідно до комплексної державної програми енергозбереження України, програми енергозбереження в житлово-цивільному будівництві, галузевої програми енергозбереження в житлово-комунальному господарстві, програми реконструкції житлових будинків перших масових серій, комплексної програми енергозбереження в Запорізькій області

Програма енергозбереження повинна реалізовуватися як тривала та чітко спланована програма дій. Для цього створюється державна система енергозбереження, в основу якої закладаються принципи та елементи ринкової економіки. Одним із таких елементів є впровадження інвестиційних проектів, спрямованих на економію енергії.

При цьому для аналізу та оцінки доцільності проектів необхідно, спираючись на світовий досвід інвестування, удосконалювати відповідно сучасному стану економіки України методологічну базу прийняття інвестиційних рішень державою або суб'єктами господарювання.

Серед галузей національної економіки України значна частина потенціалу енергозбереження припадає на житлово-комунальний сектор. Основні резерви енергозбереження в цьому секторі лежать у сфері підвищення енергоефективності раніше побудованих об'єктів. Структура енергоспоживання пиловими будинками визначає пріоритетність заходів щодо термореновації пі і нових будинків.

Однак до цього часу в Україні відомі лише окремі приклади здійснення проектів термомодернізації будинків. Однією з головних причин такої ситуації є

відсутність загальної методології прийняття інвестиційних рішень відносно термореновації будинків, які експлуатуються, особливо в частині технічного та економічного аспектів проектного аналізу.

У частині технічного аспекту проектного аналізу для більш точного обґрунтування енергоефективності заходів щодо термореновації вимагають удосконалення норми оцінки енергоспоживання житловими будинками в частині уточнення кліматичних умов експлуатації будинків, методика розрахунку тепловитрат.

Відмова держави від монопольної ролі інвестора, підрядчика, власника нерухомості, радикальна реформа ціноутворення вимагають достовірної оцінки економічної ефективності заходів щодо термореновації житлових будинків, що відповідає новим конкурентним умовам.

Утеплення може виконуватися різними способами: зовні стіни (фасадне), усередині конструкції (колодцева, шарувата кладка) або з боку приміщення.

Найпоширеніший спосіб - фасадне утеплення. У цьому випадку несуча конструкція розташована в теплій зоні, а це означає, що вона не піддається атмосферним впливам, не зменшується житлова площа приміщення, ремонтні роботи виконуються без виселення мешканців.

Тому, саме аналіз процесів які проходять у стіні, розробка та узагальнення методів та технологій утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій та супутніх технологічних процесів при будівництві, дозволить визначити більш ефективну утеплювальну технологію монтажу та матеріал між усіма відомими способами утеплення.

Найбільш часто для цих цілей застосовуються такі матеріали, як мінеральна вата Rockwool, ІЗОРОК, ІSOBOX, скловата Isover, пінопласт ПСБ-С, екструзійний пінополістирол 'Пеноплекс, ТІМПЛЕКС'. При виборі теплоізоляційного матеріалу необхідно керуватися не ціною за  $1 \text{ м}^3$  матеріалу, а за  $1 \text{ м}^2$ . Всі матеріали мають різний коефіцієнт теплопровідності, так, наприклад, у 'Rockwool Фасад Бате' розрахунковий коефіцієнт теплопровідності -  $0,046 \text{ Вт / м. } ^\circ\text{C}$ , а в 'Пеноплекс' він -  $0,029 \text{ Вт / м. } ^\circ\text{C}$ , що в 1,6 рази менше,

відповідно, та товщина шару теплоізоляції менше в стільки ж разів. Виходить, що навіть якщо Пеноплекс трохи дорожче, але за рахунок виключно стабільних теплотехнічних властивостей квадратний метр утеплення потребують менше одноразових витрат, не кажучи вже про підвищення технологічності робіт та довговічності.

Недолік фасадного утеплення - складність улаштування захисту теплоізоляційного шару від атмосферного впливу. Це дуже трудомістка операція. До того ж коефіцієнти лінійного розширення штукатурки та теплоізоляційного прошарку не завжди збігаються, що призводить до відставання облицювальної поверхні. Потрібно передбачити спеціальні заходи: розрізання на температурно-деформаційні шви або організація штукатурного шару, щоб він міг працювати окремо від утеплювача і вільно деформувався в процесі експлуатації.

Закладка теплоізоляційного прошарку всередину стіни можлива, але така конструкція неремонтопригодная, і теплоізоляція повинна виконуватися з довговічного матеріалу, термін служби якого не менше, ніж термін служби матеріалу, з якого виконана несуча частина стіни. Чим менше водопоглинання матеріалу, тим він довговічніше. Це обумовлено тим, що вода, потрапляючи в пори, при негативних температурах замерзає і розширюється в обсязі, що призводить до порушення цілісності теплоізоляційного матеріалу. На думку фахівців, тут лідируючі позиції утримує екструзійний пінополістирол Пеноплекс або ТІМПЛЕКС. У колодцеву кладку закладається що попало з надією на те, що руйнування теплоізоляційного шару станеться не відразу, та і не видно, що нежить в середньому шарі стіни. Через декілька років це дасть про себе знати холодними стінами, на яких утворюватиметься конденсат. Ще один недолік нікого утеплення - так звані містки холоду. Вони утворюються унаслідок перев'язки двох шарів кладки між собою і знижують опір теплопередачі стіни, через що товщина теплоізоляційного шару приймається більше, ніж при суцільному теплоізоляційному шарі.

Третій варіант утеплення - зсередини приміщення - останнім часом все

частіше застосовується при утепленні приватних квартир або будинків.

## **1.2 Мета і задачі дослідження**

Мстою даної роботи є розробка методології техніко-економічного аналізу проектів термореновації житлових будинків, які експлуатуються, для прийняття технологічних та інших рішень. Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

1. Розробити загальну методологію прийняття рішень відносно термореновації житлових будинків, які експлуатуються, на основі техніко-економічного аналізу;
2. Систематизувати параметри та уточнити кліматичні умови експлуатації житлових будинків старої забудови міст України, ця інформація істотно важлива при оцінці енергоефективності;
3. Удосконалити методику оцінки енергоефективності житлових будинків;
4. Розробити технічні вимоги до зовнішніх теплоізоляційно-оздоблювальних систем і методом чисельного моделювання дослідити енергоефективність термореновації житлових будинків;
5. Розробити методику та оцінити економічну ефективність термореновації житлових будинків які експлуатуються;
6. Сформулювати пропозиції відносно розвитку економічних та організаційно-правових умов енергозбереження.

## **1.3 Наукова новизна отриманих результатів**

Наукова новизна полягає в:

- розробці загальної методології прийняття рішень на основі техніко-економічного аналізу термореновації житлових будинків, які експлуатуються (розроблено вперше);

- уточненні даних про кліматичні умови;
- удосконалення інженерної методики оцінки енергоефективності будинків в частині обліку неоднорідності теплового потоку через огорожуючі конструкції будинків, що обумовлено впливом лінійних теплопровідних включень, а також кількості тепла, що проходить через вузли огорожуючих конструкцій та приміщення або об'єми, які не опалюються;
- одержання кількісних даних про теплові витрати та їх ранжуванні по елементам огорожуючих конструкцій, а також внаслідок повітрообміну для великопанельного житлового будинку до і після проведення термореновації;
- формулюванні технічних вимог до зовнішніх теплоізоляційно-оздоблювальних систем для розробки вітчизняних систем утеплення будинків;
- розробці методики та оцінки економічної ефективності і термінів окупності термореновації житлових будинків при зміні вартості теплової енергії, вартості систем утеплення і ставки дисконту (норми прибутку на капітал);
- розробці пропозицій щодо розвитку економічних та організаційно-правових умов енергозбереження.

#### **1.4 Шляхи підвищення теплотехнічних властивостей огорожуючих конструкцій житлових будинків**

Досвід розвинених країн показує, що на сучасному рівні розвитку техніки втрати теплоти в будівлях можуть бути зменшені більш ніж на 35%. Один з напрямів енергозбереження в цій області: утеплення огорожуючих конструкцій будівель.

##### **Загальні принципи утеплення**

У радянський період технологія масового будівництва житла обмежувала архітекторів не лише у виборі планувальних рішень, але і у виборі матеріалів для зовнішніх конструкцій, що захищають. Використання в проектах розрахунково-

конструктивних схем із зовнішніми захисними конструкціями, що несуть, обумовлювало зайві витрати матеріалів на стіни збільшує вагу будівлі, навантаження на фундамент, витрати арматури. При цьому проектувальники зазвичай не робили належного економічного обґрунтування прийнятих конструктивних рішень.

У наш час займає своє місце монолітне будівництво з ефективними конструкціями, що захищають. Розгляд типових технічних рішень по утепленню стінів приводить до виводу, що найбільш доцільним є розміщення утеплювача із зовнішнього боку будівлі, а внутрішнє утеплення використовується як виняток, при неможливості зробити зовнішнє або якщо його доцільність доведена техніко-економічним обґрунтуванням і теплотехнічними розрахунками.

Багаточисельні дослідження спеціалізованих організацій свідчать, що внутрішнє утеплення стін не завжди приводить до позитивного результату, а у ряді випадків тепловологий стан стін значно погіршується. При цьому має місце тенденція до вологонакопиченню, оскільки знижується температура в зоні поверхні, яка була внутрішньою основою конструкції до установки утеплювача і таким чином ізотерма конденсації пари повітря наближається до внутрішньої поверхні конструкції. Як наслідок волога у вигляді води починає накопичуватися між стіною і теплоізоляційним шаром. Утеплювач сиріє та втрачає властивість теплоізоляційного матеріалу. Внутрішнє утеплення без спеціальних теплофізичних розрахунків і технічних рішень не може бути використане. Тому найбільш поширеним є метод утеплення стін із зовнішнім утеплювачем, при цьому використовується різні матеріали-утеплювачі.

Теплоізоляційні матеріали з скловолокна та мінеральної вати

Теплозвукоізоляційні плити різного призначення виготовляються з мінеральної вати «PAROC». Для покриття дахів, підвісних стель, полов на брусах використовують плиту IL; у тришарових панелях типа «Сендвіч» та вентильованих фасадах - плиту IL, під штукатурку - фасадну плиту RaI-4.

Жорстка фасадна плита RaI-4 широко використовується при оновленні фасадів, коли поверхня плити покривається тонким або середнім шаром

штукатурки. У таких системах як TEXCOLOR, HECK, STO, DRYVIT, ALSECCO, BAYOSAN, TERANOVA, PRO TERMO WALL SYSTEM та інші, при питомій щільності  $130 \text{ кг/м}^3$  ця плита має  $\lambda = 0,0365 \text{ Вт/(м}^2\text{*К)}$ . Кам'яна мінеральна вата «PAROC» може використовуватися практично в будь-яких системах утеплення огорожуючих конструкцій.

«PAROC» - це торгівельний знак всієї продукції компанії Partek Insulation, в яку входять Partek Parok OY (Фінляндія) і Partek Rockwool AB (Швеція). ROCKWOOL має дуже велику гамму теплоізоляційних матеріалів з базальтових волокон, які можуть використовуватися у всіх системах зовнішнього утеплення конструкцій, що захищають, які виробляються як мокрим, так і сухим способом. Для покрівель під дахом рекомендовано використовувати плити ROCKMIN або DELTAROCK, для зовнішньої стіни з фасадними панелями - PANELROCK, для стін із штукатуркою - rocktug, для невентильованого даху - DACHROCK та SPODROCK. Також до мінеральних утеплювачів відноситься теплова ізоляція MIZOL, яку представляє в Україні фірма «ЄВРОІЗОЛ» - ексклюзивний представник компанії KNAUF INSULATION. Теплову ізоляцію плоских дахів виробляють плитами MIZOL, HPR, HPR-S, BIT. Теплоізоляцію фасадних систем виробляють мінераловатними плитами FS, які придатні до подальшого їх покриттю штукатуркою із зовнішньої поверхні. Ця фірма пропонує навісну фасадну систему з оцинкованого заліза або алюмінію, зовнішній захист якої здійснюється фасадною плиткою різного кольору з легкого бетону або з мармурової крихти. Розмір плитки  $600*100*30 \text{ мм}$ .

Вітчизняні виробники знаходяться зараз в важкому положенні, але випуск утеплювача з базальтових волокон не припиняють. Беліцький завод «Теплозвукоізоляція» виготовляє мати мінераловатніє прошивні будівельні, плити жорсткі гідрофобізовані ПЖТЗ-14(19), придатні для утеплення зовнішніх стін. Іртіський комбінат «Перемога» свого часу освоїв виробництво плит теплозвукоізоляційних ПМТБ завтовшки 40 мм. Київський комбінат індустрії виготовляє прошиті склониткой мати з шлакобазальтового волокна в склотканині. Відмінну продукцію випускає Чернівецький завод

теплоізоляційних матеріалів «Ротіс». Перелік його продукції складається з матів прошивних з покриттям із склотканини і без покриття, плити м'які теплоізоляційні ПМТБ - 2Б, ПМТБ-2А, мати м'які звукопоглинальні БЗМ, плити жорсткі теплоізоляційні ПЖТЗ. Ці плити щільністю 280 кг/м-кодів при вологості до 2% мають коефіцієнт теплопровідності  $\lambda = 0,042 \text{ Вт/(м*К)}$ . Вони можуть використовуватися для зовнішнього утеплення конструкцій, що захищають. Плити м'які ПТМБ придатні для будівельних конструкцій типа «сендвіч» (двошарова кладка без вентильованого повітряного простору).

«Стройавтотранс» також пропонує мінераловатні плити на синтетичному єднальному білоруського виробника. Окрім теплосвукоізоляційних матеріалів з базальту в будівництві широко використовують матеріали із скловолокна. Найбільш поширений в Україні утеплювач цього вигляду ISOVER. Фірма ISOVER ОУ, яка входить до складу французького концерну Saint-gobain, виготовляє із скловолокна м'які еластичні плити, у тому числі з металевою фольгою з одного боку (фольгоізол). М'які теплоізоляційні мати із скляного штапельного волокна URSA виготовляються на сучасному німецькому устаткуванні під керівництвом фахівців фірми «PFLEIDERER». Офіційним дільером є ВАТ «Флайдер-дівній». Продукція може використовуватися для теплоізоляції конструкцій житлових, суспільних і виробничих споруд, що захищають, печей, та котельних трубопроводів, устаткування та апаратури з температурою ізолюваної поверхні від  $-60^{\circ}$  до  $+180^{\circ} \text{ С}$ .

Найбільші витрати теплової енергії спостерігаються в житловому фонді — близько 30% і в зовнішніх мережах теплопостачання — до 25%. Така ситуація склалася з багатьох причин, основними з яких слід вважати:

- низькі теплотехнічні властивості існуючого житлового фонду, який до прийняття в Україні в 1994 році Закону про енергозбереження формувався з житлових будинків, побудованих по проектах, які передбачали лише жорстку економію будівельних матеріалів (метал, цемент, цеглина) і не передбачали мінімізацію енерговитрат в період їх експлуатації;
- застаріле і неефективне устаткування ТЕЦ, котельних та

теплопунктів, а також дуже незадовільний стан теплових мереж, значна частина яких давно відпрацювала термін експлуатації та практично не має теплової ізоляції.

Таким чином, основні резерви енергозбереження лежать у сфері удосконалення енерговитрат в будинках, що експлуатуються, та комунікаціях до них, особливо в 5-поверхових будинках перших масових серій. Майже нічим не відрізняються від них та 9-16-поверхові будинки теж масових серій, які були побудовані до 1994 року.

Ситуація із зменшенням тепловитрат в раніше побудованих будинках практично не змінилася, хоча в окремих регіонах України вже є приклади реконструкції, модернізації і капітальних ремонтів 5-поверхових будинків з позитивними результатами, на основі яких можна зробити перші висновки.

В Україні налічується більше 77 тис. житлових будинків, які мають 5 та більше поверхів, у тому числі 25 тис. 5-поверхових будинків, побудованих по проектах перших масових серій в період 1957-1970 рр. загальною площею більше 71 млн. кв.м. Якщо лише в цих будинках зробити теплову модернізацію, можна досягти річної економії більше 7 млн. Гкал.

Вже більше 40 років енергозбереження в житловому фонді в країнах Західної Європи вважається одним із стратегічних напрямів підвищення енергоефективності економіки, яке підняте до рангу державної політики. У багатьох з цих країн сформовані спеціальні підобласті індустрії буд, які займаються тепловою модернізацією будівель, унаслідок чого за останніх 15-20 років в цілому по країнам Західної Європи витрати різних видів палива на опалювання будинків скоротилися на 40-50% і значно покращала комфортність житла. Економії паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) в житловому фонді можна досягти за рахунок:

- додаткового теплового захисту конструкцій будівель, що захищають;
- реконструкції зовнішніх теплових магістральних комунікацій;
- удосконалення систем опалювання і гарячого водопостачання будинків, встановлення приладів обліку і регулювання;

- використання тепла оновлюючих та нових видів енергії. Останнім часом відчутно загострилося питання зниження витрат та втрат енергоресурсів на опалення будинків та гаряче водопостачання (ГВП).

Підвищення теплозахисних властивостей конструкцій житлових будинків, є одним з основних напрямів енергозбереження. Ця проблема повинна вирішуватися комплексно — шляхом вживання сучасних технічних та конструктивних вирішень теплозахисту будинків під час капітальних ремонтів, модернізації або реконструкції, а також в обов'язковому порядку при новому будівництві. Тепловтрати та тепловитрати з будинків відбуваються через зовнішні стіни (30-40% від загальних втрат), через вікна та балконні двері (20-30%), через горищні перекриття (4-6%), через надпідвальне перекриття та цоколі (3-5%) і до 50% при теплообміні в квартирах.

За останні 15-18 років в Україні з'явилося багато нових будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та устаткування, які дозволяють застосовувати нові технології в будівництві при реконструкції і ремонтах будинків і будівель. На жаль, все це значно імпортується з різних країн, але вже є і вітчизняні аналоги і навіть якісніші. Велика гамма теплоізоляційних матеріалів і технологій утеплення стін, перекриттів, дахів та трубопроводів, конструкцій вікон та балконних дверей з різних матеріалів з різними теплотехнічними якостями, водних та витяжних вентиляторів, казанів, бойлерів, водонагрівачів, приладів обліку і регулювання дають можливість широко і ефективно використовувати їх. Зважаючи на важливість і актуальність проблеми, уряд України повинен поставити перед своїми підрозділами завдання відносно розробки та реалізації модернізації питань науково обгрунтованої та соціально орієнтованої програми теплової модернізації і реконструкції існуючого житлового фонду України.

Метою програми має бути розробка і реалізація організаційних, законодавчо-правових, фінансово-економічних, нормативно-технічних і інших способів, які істотно стимулюватимуть зниження енерговтрат та енергоспоживання в житлових будинках, підвищення споживчих властивостей і експлуатаційних показників, розробку ефективних методів і способів теплової

модернізації існуючого житла.

Утеплення зовнішніх захисних конструкцій будівель, та досвід розвинених країн показує, що на сучасному рівні розвитку техніки втрати теплоти в будівлях можуть бути зменшені більш ніж на 35%. Один з напрямів енергозбереження в цій області: утеплення захисних конструкцій будівель.

## **РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ УТЕПЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ**

### **2.1 Роль технологічних процесів з удосконалення рівня теплозахисту**

Знайти утеплювачі на сьогоднішньому ринку особливих труднощів не складає. Проте поряд з якістю матеріалу в не меншій мірі на енергоефективність будинку опливають грамотні рішення по їх використанню. Так розміщення теплоізоляції при утепленні стін буває зовнішнім, внутрішнім і вбудованим в конструкції, що захищають. Поважно врахувати, що внутрішні фасадні системи повинні виконувати лише функцію скорочення тепловтрат об'єкту і зменшувати енергетичні витрати на його вміст, а зовнішні - ще і виконувати захистодекоративні функції. Поняття «Обробка будинку» стає усе більш ємким. Окрім відповідальності за естетичне сприйняття фасаду воно все частіше включає питання комфортного мікроклімату будинку, додаткового захисту і конструкцій, що захищають, і, як наслідок, їх довговічності.

Треба визначити, що означає вираз «стіни дихають». Це як коли людина вдихає повітря, потім він в організмі людини нагрівається, збагачується вологою і видихається. Але видихається він тільки з тією метою, щоб набрати нову порцію повітря, оскільки це життєво необхідно. Для чого тоді стінам повітря, яке нагріте нашим опалюванням, видихати назовні і виводити настільки дороге цінне тепло.

В Німеччині, під функцією «дихання стін» мають на увазі виведення не тепла, а вологи за конструкції, що захищають. Таким чином, стіни не повинні «дихати», а правильніше буде сказати, повинні «видихати» але видихати вологу, що лише скупчилася, а отримане тепло повинне залишатися усередині приміщення. Основною проблемою у такому разі є те, як правильно цю вологу вивести з приміщення і при цьому зберегти тепло.

З точки зору теплофізики, якщо є перепад температур з переходом через нульову відмітку, виникає необхідність визначення точки роси, яка присутня в

будь-якій стіні. Коли стіни виконані з однорідних матеріалів, точка роси знаходиться в товщі конструкції. Призначення будь-якої системи зовнішньої теплоізоляції - вивести точку роси в зону утеплювача. Лише за такої умови можна уникнути утворення конденсату на поверхні конструкцій, що несуть, і запобігти виникненню пов'язаних з цим явищем негативних наслідків.

Розглянемо три основні способи утеплення. Як згадувалося вище це внутрішнє, вбудоване і зовнішнє. Також спробуємо розібратися, що відбувається у кожному конкретному випадку.

## **2.2 Аналіз сучасних методів утеплення**

### **Внутрішнє утеплення**

Одним і єдиним позитивним чинником такого утеплення є його дешевизна в порівнянні з останніми способами. При проведенні таких робіт відсутня необхідність виготовлення лісів і використання утеплювача не настільки вимогливого по своїх властивостях, як для зовнішніх робіт, з'являється можливість проводити роботи самостійно, що в цілому дає істотну економію засобів, але, як правило, паропроніцаємість утеплювача набагато нижче, ніж конструкцій, що несуть. За рахунок цього виділення пари концентрується усередині приміщення, а утеплювач виконує роль термоізолятора і не дає теплу нормально обігріти стіну. Тим самим даючи можливість зовнішнім стінам швидше промерзати. Точка роси, у такому разі виводиться в зону приміщення з внутрішньої сторони стіни. При цьому клей, яким ви приклеїли утеплювач до стіни, з часом почне втрачати свої властивості і утеплювач починає відшаровуватися, а на його місце приходить грибок і цвіль. Можна, звичайно, прикріпити ваш утеплювач механічним способом, але це позбавить вас тільки від візуального жаху процесів, що відбуваються. Єдиним способом уникнути подібних явищ є провітрювання приміщення через вікна і двері, але при цьому доведеться теряти тепло. Боротися з цим можливо лише одним шляхом - влаштувати примусову вентиляцію, але і цей спосіб не дасть відчутти

комфортний мікроклімат в приміщенні. Внутрішня теплоізоляція в основному використовується для промислових приміщень, де людина не знаходиться тривалий час або, коли фасад вашого будинку представляє яку те архітектурну цінність і не може бути змінений. Найефективнішим є використання рідкого пенополіуретана. Він робить майже «термос», але тоді потрібна вентиляція.

### **Вбудоване утеплення**

У відмінності від попереднього способу утеплення цей спосіб відрізняється в коріння тим, що вживання його можливо лише на стадії будівництва будинку та кладки такої системи в технічні розрахунки. У такому варіанті стіну н погадають фактично з двох стенів, які зв'язані між собою перев'язувальною цеглою. Вони роблять стіну монолітнішою, але ця ж перев'язувальна цегла є, не що інше як містки холоду. На яких, за великим рахунком, ніхто не звертає уваги, а, насправді, це втрата тепла на рівні 2-3%. У проміжки стін нагнітається утеплювач. Зазвичай використовуються у такому разі мінераловатні утеплювачі. Як правило, на цьому процес утеплення будинку завершений. До недоліків такого утеплення можна віднести високу трудомісткість зведення таких стін, найголовніше, неможливість заміни утеплювача.

Тепер розглянемо детальніше, що відбувається з утеплювачем в процесі експлуатації. У літній час процес демпфування протікає зсередини будівлі назовні, а в зимове навпаки. За рахунок присутності в товщі стіни матеріалу із значно меншим коефіцієнтом теплопровідності ніж цеглина, точка роси у будь-який час роки знаходитиметься в товщі конструкції, що захищає.

Це не погано, але куди дівати вологу, що скупчилася. Паропроніцаємість цеглини не дасть необхідний баланс попадання вологи і її виводу. Тому утеплювач через якийсь час вбере в себе вологу, що накопичилася, і втратить, як мінімум, наполовину свої основні здібності по збереженню тепла. Звичайно виробники таких утеплювачів враховують цей факт і обробляють свій матеріал відповідними водовідштовхувальними сумішами, добавками і це приносить певну користь, але лише в тому випадку, якщо при монтажі утеплювача

дотримуватиметься необхідна технологія. Правильна технологія вживання мінераловати усередині конструкції є такою: оскільки мінераловатним виробам Властива висока, в порівнянні з пінополістиролом і пенополіуретаном паропроніцаємість, такий утеплювач обов'язково має бути захищений спеціальним мембранним бар'єром та обов'язково з різних сторін по-різному, внутрішня сторона захищена від попадання вологу, а зовнішня сприяє її виходу.

Якщо в системі присутньо декілька видів утеплювача, то кожен повинен відділятися відповідними плівками і розташовуватися в строгій послідовності по підношенню один до одного. Саме за таким принципом в Європі використовують систему внутрішнього утеплення в каркасному житловому будівництві.

Тому така стіна буде працювати на 50% від розрахункового очікування та після 10-15 років, потрібно буде розробляти та проводити утилізацію старої та монтаж нової теплоізоляції.

### **Зовнішнє утеплення**

Зовнішнє утеплення, на думку фахівців, значно ефективніше внутрішнього. Так після відключення опалювання цегельна стіна, що утеплює зовні, остигає в шість разів повільніше, ніж та ж стіна, але з внутрішнім утеплювачем. На сьогоднішній день існують два напрями розвитку зовнішнього утеплення: метод навісних фасадів (вентильований) і контактний метод (штукатурний).

### **Навісні вентильовані фасадні системи**

Вентильовані фасади можна сміливо застосовувати для утеплення приватних будинків. Але доки цей спосіб частіше застосовується в офісних будівлях, напевно, із-за надмірно строгого вигляду панелей. До того ж такий фасад вимагає дуже грамотного проекту і чіткого монтажу.

Він є декоративним екраном, змонтованим на деякій відстані від стіни, що несе, за допомогою спеціальної каркасної системи. Основне призначення екрану - захист утеплювача. Причому екран може бути виконаний практично з будь-якого обробного матеріалу: з різних типів сайдінга, з каменя або цеглини,

штучного каменя і всіляких, у тому числі, композитних плит. Вентильований фасад забезпечує необхідний режим температурної вологості між зовнішньою поверхнею утеплювача і декоративним екраном. За умови якісного зовнішнього шару такі фасади є досить довговічними. При використанні вентильованого фасаду до 40% скорочуються тепловитрати. Він не лише зберігає тепло, але і здатний влітку захистити будинок від перегріву. При пристрої вентильованого фасаду шари різних матеріалів розташовують таким чином, що в напрямі зсередини будівлі назовні опір матеріалів (бетон або цеглина, мінераловатний . утеплювач, повітряний прошарок, захисно-декоративне облицювання) сприяють проходженню водяної пари. Таке розташування матеріалів спільне з дією повітряного прошарку, де із-за перепаду тиску відбувається постійний вертикальний потік повітря, дозволяє ефективно видаляти вологу, як із стіни, що несе, так і з утеплювача під час всього періоду експлуатації. Крім того, зменшення втрат тепла відбувається унаслідок виникнення ефекту «повітряної теплової завіси», оскільки температура вертикального повітряного потоку на два-три градуси вища, ніж зовні.

### **Контактний метод (штукатурний)**

Контактні методи утеплення діляться на дві підгрупи: «легкий мокрий» метод і «важкий мокрий» метод. Розглядати окремо не будемо, оскільки обидва методи в своїй основі передбачають використання сухих сумішей, які розлучаються водою. «Важкий мокрий» метод відрізняється лише тим, що передбачає створення масивнішого першого шару на основі металевої сітки.

Той та інший метод є комплекс заходів, що полягає в приклеюванні або закріпленні механічним способом до зовнішньої поверхні стіни теплоізоляційних плит, покритті їх поверхні тонким шаром склеювального розчину, армованого сіткою із скловолокна. У цих системах несучу функцію виконує теплоізоляційна плита. Переваги легкого мокрого методу полягає в тому, що "точка роси" знаходиться поза стінною конструкцією, а виводиться в зону утеплювача.

Ця система має свої переваги лише при дотриманні певних правил.

Першим та дуже важливим чинником є те, що при організації утеплення таким методом використовується велика кількість сумішей на водній основі. Тому дуже важливо при підборі матеріалів є їх сумісність один з одним та приналежність до одного виробника. Це дасть вам надалі більше шансів уникнути конфліктів матеріалів з різними хімічними складовими. Але і це ще не гарантує цілісність вашої конструкції.

Останнім часом на українському будівельному ринку з'явилася безліч сухих сумішей і штукатурок для даної системи, їх якість часто не відповідає нормативним вимогам. Частенько будівельні фірми, намагаючись заощадити на матеріалах, замінюють рекомендовані клеї та штукатурки дешевшими аналогами. Це призводить до порушення зовнішнього вигляду фасаду будівлі значно раніше гарантійного терміну, а, отже, і до додаткових фінансових витрат. Другим чинником, який неминуче приведе до виникнення вологи, є містки холоду. Щоб уникнути появи цього процесу утеплювач повинен знаходитися один з одним в тісному контакті і прилягати торцевими частинами дуже щільно. З цією метою деякі виробники плит полістиролів використовують для цього спеціальні с тиковальні конструкції по методу «Шип-паз». Такий метод з'єднання повністю унеможливорює утворення містків холоду і гарантує щільне прилягання плит.

Як бачимо цей метод утеплення є досить трудомістким, оскільки в ньому присутньо до 6-7 різних матеріалів і сумішей. Окрім цього виробництво робіт вимагає дотримання строгого температурного режиму довкілля. Правильну технологічну витримку кожного шару для висихання, що збільшує терміни виконання робіт. Але навіть при дотриманні всіх цих умов, проводити утеплення будинку на стадії новобудови не рекомендується, оскільки усадкові процеси можуть порушити цілісність шару утеплювача, особливо, якщо утеплювач закріплений не механічно. За винятком каркасних будинків. Не дивлячись на складність всього процесу, цей метод найбільш поширений в приватному житловому будівництві не лише в нашій країні, але і за кордоном. Зокрема в І і Германії подібний метод утеплення займає практично 70% ринку. Це пов'язано в

першу чергу з чіткістю виконання всіх необхідних будівельних норм, якістю матеріалу і рівнем кваліфікації будівельних організацій.

### **Системи зовнішнього утеплення фасадів «Нааске»**

Враховуючи, що будь-який з вищеописаних традиційних способів дуже далекий від ідеального і має, як позитивні сторони, так і негативні, в практику сучасного будівництва стали активно упроваджувати різні інноваційні теплоізоляційні системи. Постійне дорожчання енергоносіїв змушує споживачів знаходити оптимальні рішення для утеплення, а виробників теплоізоляційних матеріалів, постійно удосконалювати свої розробки і упроваджувати найновіші революційні технології.

Однією з таких розробок є фасадна система Нааске німецької компанії «Naaske Isolier Klinker», яка розробила високоефективну і інноваційну систему зовнішнього утеплення фасадів будівель з врахуванням особливостей клімату, типів конструкцій і будівельних норм. Суть методу полягає в створенні на всій поверхні будівлі суцільного, водостійкого, стійкого до механічних дій і несприятливих атмосферних умов шару утеплювача, закріпленого до підстави стіни, що несе, механічним способом. Цей варіант системи повністю вирішує питання цілісності зовнішнього шару фасаду навіть при протіканні невеликих усадкових процесів, а в окремих випадках (після спеціального обстеження) дозволяє виробляти монтаж систем навіть на будівлях з тріщинами.

Дана система виготовляється на основі екструдованого пінополістиролу компанії BASF, яка є лідером по виробництву пінополістиролу. Лицьова частина системи фанерована високоміцною натуральною клінкерною плиткою, яка впродовж багатьох років абсолютно не схильна до вигорання. За допомогою сучасного устаткування та, при дотриманні особливої технології «ластівчин хвіст», ці елементи з'єднуються в одне ціле. Завдяки цьому при виготовленні даного матеріалу не використовуються які-небудь склеювальні або єднальні рідини, що у свою чергу гарантує повну ізоляцію попадання вологи в місцях з'єднання плитки з основою. Таке з'єднання плитки не схильно висолам: на поверхні не з'являються сольові білі розлучення, що виникають інколи на

цегельній кладці унаслідок виходу на поверхню солей цементно-піщаного розчину. Сама система, щоб уникнути вживання вологих технологій, кріпиться до конструкції, що несе, за допомогою запресованих в неї самшит - це, у свою чергу, дозволяє понизити витрати на роботи по зведенню фундаментів. Важливим інженерним рішенням є сама форма плити, яка має на торцевих частинах спеціальні поглиблення і виступи «Шип-паз», за допомогою яких з'являється можливість не лише елементи системи виводити в один рівень, але, найголовніше, уникнути засвітів в системі містків холоду. Точність виготовлення елементів гарантують фасаду повний захист від негативної дії температурних коливань довкілля на конструкції, що несуть, а використання клінкерної плитки, додання йому неповторній монументальності. При фінішній обробці фасаду використовується та, що спеціально розроблена затерла, яка повністю сумісна з використовуваними матеріалами і перешкоджає утворенню тріщин, відшаровуванню штукатурки і розгерметизації швів, а також, сприяє оберіганню попадання вологи. Стабільність експлуатаційних характеристик захисно-декоративних покриттів впродовж всього терміну експлуатації незалежно від сезонних змін в природі є головним критерієм оцінки якості та гарантією надійності системи «Нааске».

Оскільки компанія піклується про кінцевий портебітеле і якість вироблюваної продукції, монтаж цих систем в Германії виробляється своїми фахівцями, а на території України довіряє його фахівцям, прошедшим вивчення на виробництві або за допомогою «шефа-монтажу».

Компанія постійно контролює якість продукції, що випускається, про що підповідають регулярні випробування матеріалу і отримані сертифікати. Системі Нааске знайшла своє широке вживання не лише на території Німеччини, продукція досить широкий відома в Австрії, Швейцарії, Чехії.

Все більше стає зрозумілим, що саме фасад є частиною будівлі, що найбільш споглядає, замовники починають миритися з досить високою вартістю якісної обробки фасаду і розуміють, що хороший і довговічний продукт не може бути дешевим. З часом, напевно, західні виробники організовують своє

виробництво і в нашій країні, що істотно понизить вартість якісних систем. Поки ж говорити про їх виробництво в Україні ще рано, хоча деякі фірми вже намагаються відтворити щось подібне, як завжди, ставлять на перше місце здобуття швидкого прибутку, а не турботу про якість. Свідомо тому вляється можливість проводити монтаж таких систем «кінцевим споживачем» самостійно і абсолютно і к-контрольний, при цьому використовувати комплектуючі і затірочні матеріали будь-яких виробників.

Німецькі вимоги до якості вихідного матеріалу і вироблюваного продукту, точність виконання робіт дозволять вам не лише відчувати реальну економію засобів витрачених на енергозбереження, але і на довгі роки забути про ремонт фасаду, викликаючи у ваших сусідів непохитну заздрість побачивши вашого оудинку, як шедевра будівництва.

Короткий огляд фасадних систем мав на меті загострити увагу на значущості обробних технологій в будівництві будинку, дати уявлення про основні проблеми і методи їх рішення в сьогоdnшній практиці. Непросто вибрати з безлічі варіантів. Але зростає надія на гідну допомогу фахівців. Відрадно відзначити, що величезна пропозиція ринку структурується на користь професіоналів, а конкурентоспроможність матеріалів і послуг все більшою мірою визначають якість, компетентність, досвід. Серед операторів ринку подібних систем утеплення фасадів виграють сьогодні ті, хто не лише продає якісний матеріал, але і здійснює її повну комплектацію додатковими елементами, проводить консультацію проєктувальників і шеф-монтаж системи. Образно кажучи, супроводжує матеріал від виробника до кінцевого споживача і несе за це відповідальність.

### **2.3 Дослідження існуючих сучасних теплоізоляційних матеріалів огорожувального походження**

Окрім теплоізоляції матеріалів з базальтового і скляного волокна як утеплювач використовують матеріали органічного походження, а саме групу

полістиролу. Ці матеріали типа ФС, СТИРОДУР, ІЗОФОМ, пінополістирол, пінопласт М20- N430 і багато інших. Ці матеріали задовольняють вимогам до теплозахисних властивостей (коефіцієнт теплопровідності близький до 0,03 Вт/(м\*К)), і кордони їх використання визначаються пожежною безпекою і придатністю до використання. Перераховані матеріали, можуть використовуватися при утепленні стін «легким мокрим» способом, а також вентильованих фасадів, тобто тих, які навішуються на всіляких металевих конструкціях. Матеріали полістиролів використовуються також при будівництві монолітних будинків в незнімній опалубці, тобто методом «термодом».

### **Теплоізоляційні матеріали з штучних насипних матеріалів**

До таких матеріалів можна віднести: • керамзитовий гравій ГОСТ9759-83, виготовляється з природного матеріалу - глини, і випускається різних фракцій - 0-5 мм, 5-10 мм, 10-20 мм. Найважливіший його показник - щільність, на кращих заводах має значення 300-400 кг/м<sup>3</sup> • перлитовий пісок щільністю 80-120 кг/м<sup>3</sup> виготовляє Каліновське ОП «Будперліт». З керамперліта виготовляють плити-утеплювачі, керамкірпіч; перлитовий пісок використовують також як засипку.

- на ринку будматеріалів пропонується утеплювач з кзш-піську, який виготовляється на основі кремнеземних матеріалів або продуктів їх переробки. Виготовляють також плити KSW, які використовують для утеплення фасадів із зовнішнього боку.

- \* вермікуліт - виготовляється з природного мінералу при високій температурі. Завдяки своїй легкості (щільність 100-200 кг/м<sup>3</sup>), а також високій тепло- і звукоізоляційній здатності, вогнестійкості, хімічній і біологічній інертності він широко застосовується в різних областях промисловості і будівництві.

### **Рідкі керамічні теплоізоляційні матеріали**

В даний час ефективно використовуються ізолюючі покриття з плівкотвірними властивостями. Як такі покриття виступають натуральні і синтетичні латекси або їх суміші. Використання латексів забезпечує високі

адгезійні характеристики композиції, технологічність при нанесенні покриття, відсутність розчинників на всіх етапах технологічного циклу, екологічність створюваного покриття. Основним лідером в цій області, в співвідношенні ціна-якість-довговічність, є рідкий керамічний теплоізолятор АСТРАТЕК.

Ізоляція, призначена для здобуття теплоізоляційного покриття на поверхнях будь-якої форми, що вимагають теплового захисту. АСТРАТЕК застосовується для теплової ізоляції зовнішніх і внутрішніх поверхонь конструкцій житлових, суспільних і промислових будівель і споруд, що захищають, трубопроводи, воздуховоди, устаткування і так далі. Коефіцієнт теплопровідності даного матеріалу  $\lambda=0,0012 \text{ Вт/(м*К)}$  АСТРАТЕК можна наносити на метал, пластик, цеглину і інші будівельні матеріали, а так само на устаткування, трубопроводи і воздуховоди при експлуатації об'єктів з температурою від  $-60^\circ\text{C}$  до  $+260^\circ\text{C}$ . Не проникний для води і не схильний до впливу водного розчину солі. Покриття забезпечує захист поверхні від дії вологи, атмосферних опадів і перепадів температури.

### **Інші види теплоізоляційних матеріалів**

Є ще декілька цікавих теплоізоляційних матеріалів, які не широко використовуються як утеплювачі конструкцій, що захищають, оскільки вони мають поки що високу вартість. Наприклад, високоефективний утеплювач пропонує ТОВ «Стройавтотранс» - це піноскло FOAMWLAS. Його використання має бути економічно обгрунтоване, але вже зараз можна допустити, що його властивість - FOAMWLAS не вбирає воду - буде особливе ефективно для ліквідації мостків холоду у вузлах стін будинків, до яких примикають балкони, козирки, у віконних отворах і інших вузлах, де є ці містки холоду, щоб їх ліквідовувати.

Відрізняється від інших група пористих, ніздрюватих пінобетонів. Ці матеріали ми не розглядатимемо, оскільки це велика група, і їх властивості добре відомі. Необхідно звернути увагу проектувальників на правильний вибір значень характеристик матеріалів, а також розрахункових коефіцієнтів.

## **Мінеральні теплоізоляційні матеріали**

Неорганічні теплоізоляційні матеріали і вироби виготовляють на основі мінеральної сировини (гірських порід, шлаку, скла, азбесту). До цієї групи відносять: мінеральну, скляну вату та вироби з них, деякі види легких бетонів на пористих заповнювачах (спученому перліті і вермикуліті), комірчасті теплоізоляційні бетони, піноскло, азбестові і азбестовмісні матеріали, керамічні та ін. Ці матеріали малогигроскопічна, вогнестійкі, не піддаються загнивання. Їх використовують як для утеплення будівельних конструкцій, так і для ізоляції гарячих поверхонь промислового обладнання і трубопроводів.

1. Мінеральна вата і вироби з неї за обсягом виробництва посідає перше місце серед всіх теплоізоляційних матеріалів. Цьому сприяє наявність необмежених сировинних ресурсів для їх отримання у вигляді гірських порід (доломіту, вапняку, мергелів та ін) і шлаків, простота технологічного процесу і невеликі капіталовкладення при організації виробництва. Мінеральна вата складається зі штучних мінеральних волокон.

Виробництво мінеральної вати включає дві основні технологічні операції - отримання розплаву і перетворення його в найтонші волокна. Для отримання розплаву застосовують, як правило, шахтні плавильні печі - вагранки або ванні печі. Перетворення розплаву в мінеральне волокно виробляють дутевих або відцентровим способами.

При дутевий способі виходить з печі розплав розбивається на дрібні крапельки струменем пари або повітря, які вдуваються в спеціальну камеру і в польоті сильно витягуються, перетворюючись в тонкі волокна діаметром від 2 до 20 мкм.

При відцентровому способі струмінь рідкого розплаву надходить на що швидко диск центрифуги і під дією великої окружної швидкості скидається з нього і витягується в волокна. Об'ємна маса мінеральної вати - 75 - 150 кг/м<sup>3</sup>, теплопровідність 0,042 - 0,046 Вт / (м \* К). Вата не горить, не гниє, її не псують гризуни, вона малогигроскопічна, морозостійка і температуростійкістю. Мінеральну вату застосовують для теплоізоляції як холодних (до - 200 ° С), так і

гарячих (до  $+600^{\circ}\text{C}$ ) поверхонь, частіше у вигляді виробів: повсті, матів, напівжорстких і жорстких плит, шкаралуп, сегментів. Іноді вату використовують як теплоізоляційної засипки пустотілих стін і перекриттів, для чого її гранулюють, т. е. перетворюють на пухкі грудочки в обертовому дірчастим барабані.

Мінеральний повсть випускають у вигляді листів і рулонів з мінеральної пати, злегка просоченої дисперсіями синтетичних смол і спресованої. Об'ємна маса повсті -  $100 - 150 \text{ кг/м}^3$ , теплопровідність -  $0,046 - 0,052 \text{ Вт / (м-К)}$ . Листи і полотнища мінерального повсті довжиною  $100 - 300 \text{ см}$ , шириною  $275 - 125 \text{ см}$ , товщиною  $3 - 6 \text{ см}$  застосовують для утеплення стін перекриттів у цегляних, бетонних і дерев'яних будинках.

Мінераловатні мати представляють собою мінераловатний килим, укладений між битуминизированная папером, склотканиною або металевою сіткою, прошитий міцними нитками або тонким дротом. Довжина матів - від  $60 - 120$  але  $500 \text{ см}$ , ширина - від  $30 - 100$  до  $150 \text{ см}$ , товщина - від  $3$  до  $10 \text{ см}$ . Об'ємна маса матів -  $100 - 200 \text{ кг/м}^3$ , теплопровідність - від  $0,046$  до  $0,058 \text{ Вт / (м-К)}$ . Мати застосовують для теплоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будівель, їх використовують також для утеплення свіжоукладених бетонів і розчинів при будівництві в холодну пору року.

Мінераловатні напівтверді плити виготовляють з мінерального волокна шляхом нанесення на нього розпиленням сполучного (синтетичних смол або бітуму) з наступним пресуванням і термообробкою для сушіння або полімеризації. Обсягова маса плит в залежності від виду зв'язуючого і ущільнення -  $75 - 300 \text{ кг/м}^3$ , теплопровідність -  $0,046 - 0,069 \text{ Вт / (м-К)}$ .

Напівжорсткі вироби застосовують для теплоізоляції огорожувальних конструкцій будівель і гарячих поверхонь обладнання при температурі до  $200 - 300^{\circ}\text{C}$ , якщо вироби виготовлені на синві синтетичних сполучному, і до  $60^{\circ}\text{C}$  на побутовому сполучному.

Мінераловатні жорсткі вироби отримують змішуванням вати з бітумною емульсією або синтетичними смолами з подальшим формуванням, пресуванням

і прогріванням виробів для їх сушіння або полімеризації. Мінераловатного-ні жорсткі плити виготовляють довжиною 1 м, шириною 0,5 і товщиною 4, 5, 6 см. Жорсткі плити ділять на марки від 150 до 400 кг/м<sup>3</sup>. Теплопровідність плит знаходиться в межах 0,051 - 0,087 Вт / (м·К).

Мінераловатні жорсткі плити застосовують для утеплення стін, покриттів і перекриттів житлових і промислових будівель і. холодильника. Жорсткі плити та фасонні вироби - сегменти, скорлупи на синтетичному та бентонітоколлоїдному зв'язують застосовують для теплоізоляції гарячих поверхонь.

Промисловість випускає також Мінераловатні плити з підвищення жорсткості і тверді плити на синтетичних зв'язуючих, які характеризуються більш високою міцністю і великими розмірами, ніж звичайні жорсткі плити. Такі плити розміром 180x120 см, а при певних параметрах ущільнення до 360 X 120 см економічно доцільно застосовувати для утеплення стін, перекриттів і покриттів будівель. Наприклад, 1 м<sup>2</sup> покриття з використанням твердих мінераловатних плит у 5 - 7 разів легше і на 25 - 40% дешевше порівняно з залізобетонним покриттям, утепленням пінобетоном.

2. Складна вата та вироби з неї. Складна вата є різновидом штучного мінерального волокна. Для виготовлення вати використовують скляний бій або ті ж сировинні матеріали, що і для віконного скла: кварцовий пісок, вапняк або крейда, соду або сульфат натрію. Тонке скляне волокно для текстильних матеріалів отримують витягуванням з розплав-ленній скломаси (фільєрним і штабіковим способами). Більш грубе волокно, яке використовується для теплової ізоляції, виготовляють дутьєвих або відцентровим способами. Таке волокно зазвичай називають скляній ватою.

Об'ємна маса скляної вати зазвичай не перевищує 125 кг/м<sup>3</sup>, і теплопровідність - 0,052 Вт / (м·К). Промисловість випускає також супертонкого скловолокна з об'ємною масою до 25 кг / м<sup>3</sup> і теплопровідністю близько 0,03 Вт / (м·К).

Складна вата практично не дає усадки в конструкціях, волокна її не руйнуються при тривалих струси і вібрації. Вона погано проводить і добре

поглинає звук, малогигроскопічна, морозостійка. Шар скляної вати товщиною 5 см відповідає по термічному опору цегляної стіни товщиною в 1 м.

Стекловатні мати довжиною до 300 см, шириною до 100 см і товщиною 2-6 см і напівтверді і жорсткі плити розміром 100 X (50 - 150) X (3 - 5 см), а також фасонні вироби на зв'язуючи синтетичних смол застосовують як теплоізоляційний і акустичного матеріалу при температурі не вище 200 °C, а прошивні мати і смуги - при температурі до 450 ° C.

3. Піноскло (ячеїсте скло) випускають у вигляді блоків або плит розміром 50 X 40 X (8 - 14) см шляхом спікання порошку скляного бою або деяких гірських порід вулканічного походження (трахити, сієніти, нефеліни, обсидіани та ін) з газоутворювачами, наприклад з вапняком або антрацитом. При температурі 800-900 °C частки скляного бою починають сплавлятися, а що виділяються з газоутворювач газу утворюють велику кількість пор (пористість від 80 до 95%). При цьому в склоподібному матеріалі межпорових стінок містяться дрібні мікропори. Двоєкий характер пористості забезпечує високу теплоізоляційну здатність піноскла.

Теплопровідність у плит з піноскла при об'ємній масі 150 - 300 кг/м<sup>3</sup> коливається від 0,053 до 0,12 Вт / (м·К), а межа міцності при стисненні від 2,0 до 6,0 МПа, при цьому вони добре обробляються (пиляються, свердяться, шліфуються). Вироби з піноскла мають високу водостійкість, морозостійкість і температуростійкість. Для стекол звичайного складу температуростійкість дорівнює 300 - 400 C, для бесщелочного скла - до 1000 C.

Піноскло застосовують як утеплювач стін, перекриттів, підлог і покрівель промислових і цивільних будинків, в тому числі залізобетонних панелей у збірних великопанельних будинках, в конструкціях холодильників, а також для ізоляції теплових установок і мереж.

4. Теплоізоляційні матеріали з спучених гірських порід та вироби на їх основі. Деякі гірські породи, що містять у своєму складі зв'язану воду, при нагріванні втрачають її. Вода перетворюється в пар, спучує попередньо дроблену породу, в результаті чого утворюються пористі зерна (спучений

перліт) або лусочки (спучений вермикуліт).

Спучений вермикуліт являє собою сипучий пористий матеріал у вигляді лускатих частинок золотистого кольору, одержуваних прискореним випалом до спучування вермикуліту - гідрослюди, що містить між елементарними шарами зв'язану воду. Пара, що утворюється з цієї води, діє перпендикулярно площинам спайності і розсовує пластинки слюди, збільшуючи первинний об'єм зерен у 15 - 20 разів і більше. Об'ємна маса спученого вермикуліту при крупності зерен від 5 до 15 мм становить  $80 - 150 \text{ кг/м}^3$ , при більш дрібних зернах вона збільшується до  $400 \text{ кг/м}^3$ . Теплопровідність при температурі до  $100^\circ \text{C}$  складає  $0,048 - 0,10 \text{ Вт / (м-К)}$ , а зі збільшенням температур до  $400^\circ \text{C}$  підвищується до  $0,14 - 0,18 \text{ Вт / (м-К)}$ .

Спучений перліт одержують шляхом подрібнення і випалу перліту, обсидіану та інших вулканічних гірських порід склоподібного будови, що містять невелику кількість гідратної води (3 - 5%). При швидкому нагріванні до температури  $900 - 1200^\circ \text{C}$  вода переходить у пар і спучує розм'якшену породу, вона розпадається на окремі кулясті зерна зі збільшенням в об'ємі в 5 - 10 разів і більше (пористість юрен  $80 - 90\%$ ). Об'ємна насипна маса перлітового піску коливається від  $100$  до  $250 \text{ кг/м}^3$ , щебеню до  $500 \text{ кг/м}^3$ . Теплопровідність при  $25^\circ \text{C}$  знаходиться в межах  $0,046 - 0,071 \text{ Вт / (м-К)}$ .

Спучені вермикуліт і перліт використовують у вигляді теплоізоляційних засипок при температурі ізолюваних поверхонь відповідно до  $1100$  і  $800^\circ \text{C}$ . На їх основі в суміші з в'язкою речовиною отримують розчинні і бетонні суміші, з яких формують теплоізоляційні вироби (плити, шкаралупи, сегменти, цегла) або виконують теплоізоляційні, звукопоглинальні і декоративні штукатурки, а на основі перлітового піску і щебеню також конструктивно-теплоізоляційні конструкції. Наприклад, цементний бетон на спученому перліті при об'ємній масі  $900 - 1000 \text{ кг/м}^3$  має міцність при стискуванні до  $10 \text{ МПа}$ , а теплопровідність - близько  $0,26 \text{ Вт / (м-К)}$ .

Безобжігові перлітові і вермикулітові теплоізоляційні вироби виготовляють на портландцементі, рідкому склі, синтетичних смолах, бітумі,

різних клєях. Випалювальні вироби отримують на зв'язці з вогнетривкої глини, діятимуть. Властивості виробів залежать від виду в'язучого. Об'ємна маса коливається від 200 до 500 кг/м<sup>3</sup>, а теплопровідність при 25 °С від 0,06 до 0,1 Вт / (м·К). Вироби па бітумній зв'язці застосовують при температурі експлуатації до 60 ° С, на цементному сполучному і рідкому склі - до 600 °С, а на керамічній зв'язці - до 900 - 1200 ° С.

5. Азбестовмісні теплоізоляційні матеріали та вироби поділяють на азбестові, що складаються тільки з азбестового волокна (азбестовий папір, картон та вироби з них), і містять азбест, виготовлені із суміші азбестових волокон з неорганічними в'язучими речовинами (магнезіальні в'язучі, вапно, цемент) або з трегієлом (діатомитов ). Порошкоподібні суміші цих матеріалів перед застосуванням зачиняють водою і одержану пластичну масу наносять на ізольовану поверхню. У заводських умовах із таких же мас формують вироби - плити, сегменти і шкаралупи.

Азбестову папір виготовляють у вигляді листів і рулонів з азбестового волокна 5, 6-го сортів з невеликою кількістю (до 5%) скліючих речовин (крохмаль, казеїн). Товщина паперу - 0,3 - 1, 5 мм, об'ємна маса - 450 - 950 кг/м<sup>3</sup>, а теплопровідність при 100 ° С - від 0,14 до 0,198 Вт / (м·К); гранична температура застосування 500 ° С. Крім гладкою випускають гофровану папір. Гладку папір використовують в якості теплоізоляційної прокладки при ізоляції трубопроводів, а гофровану - для виготовлення однієї з різновидів азбестового картону (ніздрюватий азбестовий картон).

Азбестовий картон виготовляють з азбесту 4 - 5-го сорту з наповнювачем (каолін) і склеює речовиною (крохмаль) у вигляді листів завтовшки від 2 до 10 мм. Об'ємна маса листів - 900 - 1000 кг/м<sup>3</sup>, теплопровідність при 100 ° С - 0,182 Вт / (м·К). Азбестовий картон застосовують для ізоляції трубопроводів (до 500 °С), а також для покриття дерев'яних конструкцій і дверей, щоб підвищити їх вогнестійкість.

Азбестовий картон пористої будови виготовляють шляхом склеювання рідким склом або клеєм чергуються шарами гладкою і гофрованої азбестового

паперу. Завдяки пористій будовою такий картон легкий і мало теплопровіден (теплопровідність при 50 °C і об'ємній масі 200 - 600 кг/м<sup>3</sup> складає 0,052 - 0,093 Вт / (м\*K). У вигляді плит його застосовують для теплоізоляції плоских поверхонь, у вигляді циліндричних і напівциліндричних покришок - для ізоляції трубопроводів.

Асбестодіатомовие (асбестотрепельные) теплоізоляційні матеріали являють собою порошки, що складаються із суміші азбесту (15%) і меленого трепелу або діятимуть (асбозуріт), іноді з добавками інших речовин - слюдяних лусочок, відходів азбестоцементних заводів (асбослюда, асботермит). Порошок зачиняють водою і у вигляді тістоподібної маси наносять на ізольовану поверхню. Об'ємна маса виробів з асбозуріта в сухому стані - 500 - 800 кг/м<sup>3</sup>, а теплопровідність при 100 °C - від 0,093 до 0,21 Вт / (м\*K); температуростійкість - до 600 °C.

З асбестоізвестковотрепельні теплоізоляційні вироби найбільше застосування знайшли вулканітовим вироби. Їх виготовляють із суміші діатоміту (60%), азбесту (20%), вапна (20%) і води. Вироби у вигляді плоских або лекальні плит невеликих розмірів після формування пропарюють в автоклаві, де відбувається утворення гідросилікатів кальцію, що забезпечують міцність вулканітів. Об'ємна маса вулканітових плит - до 400 кг/м<sup>3</sup>, теплопровідність при 50 °C - не вище 0,091 Вт / (м\*K), межа міцності при вигині - не менше 0,3 МПа, максимальна температура застосування - 600 °C.

Асбестомагнезіальніе і асбестодоломітові теплоізоляційні матеріали і вироби виготовляють із сумішей азбесту 5 - 6-го сорту з легкої водної вуглекислої сіллю магнію (Ньювел) або азбесту з водною вуглекислої сіллю магнію і вуглекислого кальцію (совеліт), одержуваних відповідно при переробці магнезиту і доломіту. Ньювел і совеліт у вигляді порошків використовують для засипний або мастичної теплоізоляції, а також для виготовлення плит, шкаралуп і сегментів. Совеліт дешевше і не менш ефективний, ніж Ньювела. Об'ємна маса совелітових виробів - не більше 400 кг/м<sup>3</sup>, теплопровідність при 100 °C - не вище 0,093 Вт / (м • K), гранична

## **2.4 Дослідження систем теплих навісних фасадів, що закріплюються на металевих каркасах системи вентилязованих фасадів**

Алюмінієві будівельні системи «Талісман» використовують профілі і конструкції Броварського заводу алюмінієвих будівельних конструкцій. Фірма «Талісман» ЛТД розробила термоізоляційну фасадну систему ТБОФ, універсальну полегшену систему захисних профілів «SISTAL». Фірма «КОНРЕН» виготовляє і вмонтовує конструкції з алюмінієвих профілів «LUXALON» з використанням теплозвукоізоляційних матеріалів на основі базальтових волокон. У м. Києві є об'єкти, експлуатовані з 1996 р., фасади яких утеплюють фірмою «КОНРЕН». З використанням всіляких теплоізоляційних матеріалів використовується утеплення відповідно до фінської системи RANNILA. ЗАТ «Ранніла-Київ» пропонує високоякісну металлочерепицю різних модифікацій, касетні стіни LIBERTA, облицювальну плитку фасадів FASKTI і інші вироби. У фінських конструкціях RANNILA використовуються мінераловатні утеплювачі, як правило, з базальтового волокна.

ПП «Мета-ххі» пропонує фасадні системи італійської фірми COOPERATIVA CERAMICA DIMON, які можуть кріпитися до стін з різних матеріалів (цемент, бетон, керамзитобетон або з блоків) або кріпитися до конструкцій з металевих профільних систем. Зовнішнє облицювання, що має як декоративну функцію, так і захисну, виконується з великих керамічних плиток, 30-40 кг на 1 м<sup>2</sup> поверхні стін. Підприємство пропонує такі системи, конструкції кріплення яких привертають увагу і таким чином виконують також і архітектурні функції прикраси, а також системи з потайним кріпленням. При цьому каркас кріплення в принципі однаковий і в першому, і в другому випадках, він повністю заземлений, дуже просто збирається і розбирається. На каркас прикріплюється утеплювач (можна використовувати різні типи), який зовні захищається модульними панелями ТОРИ.

В Україні пропонується багато вентилязованих систем. Найбільш поширені з них ALUCOBOND, ARYETON, ETERNIT, MARMOROC, INTERSTONE,

BwM-seranit, POEYAPLAN, SIDINAY ALL та інші. На жаль, вітчизняні матеріали і технології упроваджуються дуже повільно, не дивлячись на те, що вони набагато дешевші, а якістю не поступаються зарубіжним. Наприклад, дуже відома спільна розробка Науково-дослідного інституту будівельних матеріалів і заводу «Керамперліт» м. Київ. Система теплих навісних вентильованих фасадів складається з кріплення (монтажний каркас з оцинкованого заліза на шурупах), теплоізоляційних прошивних матів, лицьових елементів "Керамбо" з кераміки. Вартість вітчизняних матеріалів значно менше при високих показниках якості (1 м<sup>2</sup> фасад коштує 29 -30 дол. США замість 50-56 доларів з використанням плит утеплювача ROCKWOOL і облицювальної системи "INTERSTOUIT").

### **Системи зміцнення без повітряного прошарку**

Зовнішнє утеплення стін з облицюванням може виконуватися і без повітряного прошарку. Так, ті ж розробники інститут будівельних матеріалів і завод «Керамперліт» пропонують систему теплих цегляних стін будинків «Стіг». Конструкція стіни - багатошарова. Внутрішній шар - кладка з керамічного або силікатної цегли. Зовнішній шар - самонесучий з керамічних пустотілих пазогребенчатих плит висотою до 500 мм. Теплоізоляційний матеріал у вигляді плит на основі мінералу перліту та інших розташовується між несучими та оздоблювальними шарами. Однією з різновидів систем зовнішнього утеплення є облицювально-утеплюючою. Системою. GEBRIK. Система ізоляційних цегляних покриттів GEBRIK існує в Європі близько 20 років, і за цей час було утеплено та оновлено понад 6 млн. м<sup>2</sup> фасадів будівель. Матеріалом для панелей є поліуретан, в якому за допомогою спеціальної технології впресовується цегляна пластина, яка виконана з натуральної глини і може мати 26 відтінків кольорів. Розмір пластилини 240 \* 66 мм, товщиною 18 мм. При цьому один м<sup>2</sup> важить 25 кг. Ізоляційні цегляні покриття GEBRIK можна встановлювати на фасади з бетону, цегли, старі стіни, нові будинки. Конфіденційність прикріплюють за допомогою спеціальних шурупів і дюбелів GEBRIK. Використовують також і інші облицювальні системи. АТ «ІЗОПОЛ» пропонує - систему утеплення зовнішніх стін з утеплювачем з мінераловатних

плит, металевих, покритих цинком профілів і сайдінгових профілів з листового металу, покритого спеціальними фарбами з захисними властивостями, причому з широкою гамою кольорів.

### **Утеплення стін «Легким мокрим» методом**

Таким способом утеплюють зовнішні стіни, коли між утеплювачем і стіною відсутня повітряний прошарок, а облицювальний шар виконується з розчинів різних кольорів. За такою технологією працюють багато зарубіжних і вітчизняних фірм та підприємства «Цересіт», «Радекс», «Крейсель», «Драйв», «Гебрейк». У Росії такий спосіб утеплення отримав назву системи скріпленої теплоізоляції і виконується з використанням сухих сумішей.

Більш уважно розглянемо систему «Цересіт», решта виготовляються аналогічно, тому їх можна описати скорочено. При утепленні за цією системою фасад старого будинку майже не змінюється, але при бажанні архітектора може отримати інший вигляд. Стіни стають на 5-10 см товщі, але при цьому набувають необхідні теплотехнічні властивості, на фасадах старих будинків ліквідуються існуючі тріщини, а з урахуванням того, що штукатурний шар армується, то також підвищується несуча здатність, старих стін. При будівництві нового будинку використання системи «Цересіт» дає можливість:

- Отримати гарний різнобарвний фасад;
- До мінімуму скоротити витрати теплоти через зовнішні огороження;
- Акумулювати теплоту внутрішнього приміщення забезпечуватиме сприятливі умови роботи в зимовий період року (висока довговічність стін);
- Використання в якості утеплювача матеріалу стіропора, якому властива незначна температурна деформація, забезпечує відсутність тріщин на фасадній штукатурці.

У системі «Цересіт» розроблені вузли утеплення віконних прорізів, балконних дверей, козирків, балконів, вузлів з'єднання з плоским дахом. Широкий попитом у світі користуються технології і матеріали американської компанії DRYVIT SYSTEMS, яка в міжнародний концерн RPM. Щороку майже на всіх континентах світу за технологією DRYVIT оснащується 60 млн. м<sup>2</sup>

поверхні фасадів, які утеплюються «легким мокрим» методом.

В Україні цю систему являє виробничо-комерційна науково-технічна фірма «Реноме» (м. Рівне), а також спільне Українсько-Польське підприємство «Валстрой» (м. Львів). У системі DRYVIT як утеплювач можуть використовуватися полістирол або мінеральна вата, які закріплюються сіткою зі скловолокна, шар клею DRYVIT і зовнішній шар - тонкошарова штукатурка DRYVIT. Полістирольна система DRYVIT витримала температурні випробування на пожежостійкість.

За кордоном дуже поширена технологія утеплення «легким мокрим» методом з використанням сухих сумішей. Таке утеплення називають системою скріпленої теплоізоляції або термокожухом, і здійснюється з використанням пінопласту, мінераловатних та інших плит. Наприклад, у ФРН з 1973 року близько 300 млн. м<sup>2</sup> фасадів оздоблені системою скріпленої теплоізоляції, що дозволило заощадити 18 млрд, л мазуту в еквіваленті. Виробництва сухих сумішей для цих технологій освоїли фірми Ceresit, Wacker та інші.

## **РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ФАСАДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ АРХІТЕКТУРНО-ДЕКОРАТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ПОЛІСТЕРОЛБЕТОНУ**

### **3.1 Сучасні ставлення до полістеролбетону, як представника класу легких бетонів**

Полістиролбетон (інакше пенополістіролбетон) являє собою легкий бетон, що готується прямо на будівельному майданчику, складається з «політермах» (спінена полістирольна кулька, оброблена спеціальною адгезійною добавкою, що дозволяє кульці залишатися в тілі розчину і не спливати), цементу і води. Використання піску не обов'язково завдяки характеристикам «політермах». Використовується досвід застосування високоефективних, довговічних, теплоізоляційних матеріалів в Європі, США і Канаді. Вирішальним фактором для міцнісних властивостей є структура затверділої цементної пасти, навколишнього частки заповнювачів із спіненого пластику, і впливає на масу бетону. Крім того важлива форма і розмір зерен, а також структура поверхні використовуються пінополістирольних заповнювачів. На відміну від мінеральних заповнювачів, дозування пінополістирольних заповнювачів задається не за масою, а за об'ємом. Таким чином, є можливість точно задати об'єм пор і, завдяки цьому, об'ємну масу полістиролбетону, і виробляти полістиролбетон, який має структуру із закритими порами. За допомогою вибору об'ємної маси бетону можна впливати на характеристики полістиролбетону, щоб вони краще відповідали конкретним вимогам. У світлі сьогоденних вимог являє інтерес полістиролбетон, об'ємна маса якого знаходиться в нижньому діапазоні (600 кг/м<sup>3</sup>). У цьому випадку сполучення теплоізолюючого матеріалу і бетону в одному матеріалі пропонує будівельникам оптимальну комбінацію несучих властивостей, звукоізоляції, термоізоляції та вогнезахисту.

Легкий пінополістирольний заповнювач володіє наступними

характерними властивостями:

- Надзвичайно мала об'ємна маса;
- Хороша теплоізоляція спінених часток, завдяки якій практично відсутня поглинання води;
- Сферична форма, що є кращою з точки зору статичних навантажень.

Легкий бетон із заповнювачем з політермах - відомий під назвою полістиролбетон, являє собою легкий бетон з мінеральним в'язучим, пори якого утворені частинками спіненого пінополістиролу, що використовується як заповнювач. Виключно мала об'ємна щільність частинок вспененого пластика дозволяє виробляти легкий бетон з об'ємною масою, діапазон якої може бути вибраний відповідно до вимог конкретної області застосування, і при цьому бетон має відповідно широкий діапазон характеристик. Легкий бетон із заповнювачем з політермах (полістиролбетон), теплоізоляційні штукатурки на основі пінополістиролбетону відомі протягом тривалого часу. У той час, як полістиролбетон відомий не менше 25 років на нашому ринку, а на західному - понад 40 років, до теперішнього часу очікування щодо обсягу використання полістиролбетону виправдалися тільки в деяких областях застосування. Однак у промисловості будівельних матеріалів спостерігається зростання інтересу до полістиролбетону, вказує на деякі зміни в цьому відношенні, викликані головним чином наступними причинами: • Полістиролбетон став серйозною альтернативою пінобетону, газобетону і керамзитобетону через більш широку сфери застосування, простоти виготовлення і значно кращих характеристик матеріалу, вимоги по теплоізоляції будинків стають значно жорсткішими. У цьому відношенні цікаві рішення пропонує використання легкого бетону із заповнювачем з політермах (полістиролбетона).

Легкий бетон з пінополістирольним заповнювачем входить до групи надзвичайно легких бетонів, які виробляються з використанням пористих заповнювачів, що зазвичай мають малу міцність зерен. Вирішальним фактором для міцнісних властивостей є структура затверділої цементної пасти, навколишнього частки заповнювачів зі спіненого пластику, і що впливає на масу

бетону. Крім того важлива форма і розмір зерен, а також структура поверхні використовуються пінополістирольних заповнювачів. На відміну від мінеральних заповнювачів, дозування пінополістирольних заповнювачів задається не за масою, а за об'ємом. Таким чином, є можливість точно задати об'єм пор і, завдяки цьому, об'ємну масу полістиролбетону, і виробляти полістиролбетон, що мають структуру з закритими порами;

За допомогою вибору об'ємної маси бетону можна впливати на характеристики полістиролбетону, щоб вони краще відповідали конкретним вимогам. У світлі сьогоденних вимог являє інтерес полістиролбетон, об'ємна маса якого знаходиться в нижньому діапазоні ( $600 \text{ кг/м}^3$ ). У цьому випадку поєднання 'теплоізолюючого матеріалу' і 'бетону' в одному матеріалі пропонує будівельникам оптимальну комбінацію несучих властивостей, звукоізоляції, термоізоляції та вогнезахисту.

На відміну від легких бетонів з мінеральними заповнювачами, пенобетонів, газобетонів, у разі полістиролбетону є можливість виробництва легкого бетону з об'ємною масою  $200 \text{ кг/м}^3$ , і відповідно хорошими теплоізоляційними характеристиками. Внаслідок цього подальший розвиток сконцентровано на виробництві полістиролбетону, що потрапляє в цей нижчий діапазон об'ємних мас, і зокрема на поліпшення властивостей легкого бетону з пінополістирольним заповнювачем, технології виробництва і на розробці будівельних систем з застосуванням полістиролбетону.

Як заповнювач полістиролбетону використовується вспінений пінополістирол з об'ємною щільністю  $10 \text{ кг/м}^3$ , яка не впливає на кінцеву міцність легкого бетону.

\* Розмір зерен спінених часток пінополістиролу перебувати в діапазоні 2-8 мм, що дозволяє отримувати дрібнопористий скелет бетону.

\* Легкий пінополістирольний заповнювач володіє наступними характерними властивостями: • мала об'ємна маса, • хороша теплоізоляція спінених часток, завдяки якій практично відсутня поглинання води, • сферична форма, що є кращою з точки зору статичних навантажень.

\* При прийнятті проектного рішення щодо застосування полістиролбетону в якості теплоізоляції або звукоізоляції в кожному конкретному випадку необхідно враховувати: •

Статичні та динамічні навантаження.

Вид існуючого основи.

Питома вага застосовуваного матеріалу.

З найкращими теплофізичними характеристиками в класі легких бетонів,

в тому числі: • чудові санітарно-епідеміологічні показники, • чудова комфортність проживання в будинках з полістиролбетону, • хороша паропроникність та екологічна чистота конструкції з полістиролбетону є сухими (не більше 4% вологості), • у випадку в аварійних ситуаціях намокання конструкцій,

• полістиролбетон та вироби з неї швидко висихають без втрати міцності; найвищий коефіцієнт відношення щільності до теплоізолювальної здатності між аналогами;

• найвищий коефіцієнт відношення вологостійкості до теплоізолювальної здатності між аналогами; • найвищий коефіцієнт відношення довговічності до теплоізолювальної здатності між аналогами; З кожним днем полістиролбетон знаходить все більше застосування в будівництві не тільки будівель, але і доріг, залізничних шляхів,

звуковбирних панелей і т.д. Свої чудові властивості полістиролбетон прекрасно проявляє і в монолітній структурі (елементах, що заливаються на будівельному майданчику), і у вигляді кладки виробів (блоків і плит, вироблених в заводських умовах).

Успіх йому забезпечують низька теплопровідність та висока морозостійкість (більше 75 циклів), що робить його практично незамінним матеріалом як для котеджного, так і монолітного будівництва.

Його висока економічність досягається за рахунок усунення необхідності додаткової тепло-і звукоізоляції, простоти і легкості укладання, зниження

обсягів і термінів будівельних робіт, спрощення обробки, високою універсальності.

Темп будівництва збільшується на 20-25% і в кінцевому підсумку значно здешевлюється вартість квадратного метра стіни.

При комплексному застосуванні полістиролбетону у будівництві будинків (стіни, монолітна заливка над підвалом і горищним перекриттям) знижуються витрати на обігрівання будинку до 30-40%.

Область застосування: • Для багатоповерхових будівель ~ V блоки для зовнішніх стін і Перестінко, заливка поверх плит перекриття та на покрівлю. Крім зниження витрат на матеріали і виробництво робіт (при збереженні належної якості), досягається значне полегшення конструкції.

Для малоповерхових будівель торговельного та промислового призначення W блоки для стін (у т.ч. несучих) і Перестенко, заливка на підлоги і покрівлю.

Знижуються витрати на матеріали і виробництво робіт, поліпшується пожежобезпечність будівлі (через відсутність горючих утеплювачів), забезпечується надійна і довговічна ізоляція (стійкість перед різними шкідниками, міцність, незалежність від погодних умов, морозостійкість ~ E), полегшується можлива в майбутньому перепланування.

• Для приватних будинків ~ W блоки для стін (у т.ч. несучих) і Перестенко, при великих обсягах можлива заливка. Стіна з блоків, при тій же тепло-, звукоізоляції і довговічності в 2 рази дешевше цегляної за матеріалом і в 1,4 рази по роботі.

Відпадає необхідність в оштукатурюванні, досить шпаклювання.

### **3.2 Технологія виготовлення полістеролбетону**

Легкий бетон із заповнювачем з пінополістиролу - відомий під назвою полістиролбетон, являє собою легкий бетон з мінеральним в'язучим, пори якого утворені частинками спіненого пінополістиролу, що використовується як

заповнювач. Виключно мала об'ємна щільність частинок вспененого пластика дозволяє виробляти легкий бетон з об'ємною масою, діапазон якої може бути вибраний відповідно до вимог конкретної області застосування, і при цьому бетон має відповідно широкий діапазон характеристик.

Легкий бетон із заповнювачем з пінополістиролу (полістиролбетон), теплоізоляційні штукатурки на основі пінополістиролбетону відомі протягом тривалого часу. У той час, як полістиролбетон відомий не менше 25 років на нашому ринку, а на західному - більше 40 років, до теперішнього часу очікування, щодо обсягу використання полістиролбетону виправдалися тільки в деяких областях застосування. Однак у промисловості будівельних матеріалів спостерігається зростання інтересу до полістиролбетону, що вказує на деякі зміни в цьому відношенні, викликані головним чином наступними причинами:

Полістиролбетон став серйозною альтернативою пінобетону та газобетону, через більш широку сферу застосування, простоти виготовлення і значно кращих характеристик матеріалу,

Вимоги по теплоізоляції будинків стають значно жорсткішими, Внаслідок цього став необхідним функціональний поділ будівельних матеріалів на теплоізоляційні й несучі навантаження, і ці матеріали повинні відповідним чином поєднуватися в елементах будинків. У цьому відношенні цікаві рішення пропонує використання легкого бетону із заповнювачем з пінополістиролу (полістиролбетона).

У цьому розділі розглядається поточний стан технологій виробництва полістиролбетону, приділяючи належну увагу використанню переробленого полістиролу, а також нещодавно розроблених систем на основі полістиролбетону.

Легкий бетон з пінополістирольним заповнювачем входить до групи надзвичайно легких бетонів, які виробляються з використанням пористих заповнювачів, що зазвичай мають малу міцність зерен. Вирішальним фактором для міцнісних властивостей є структура затверділої цементної пасти, навколишнього частки заповнювачів зі спіненого пластику, і що впливає на масу

бетону. Крім того важлива форма і розмір зерен, а також структура поверхні використовуються пінополістирольних заповнювачів. На відміну від мінеральних заповнювачів, дозування пінополістирольних заповнювачів задається не за масою, а за об'ємом. Таким чином, є можливість точно задати об'єм пор і, завдяки цьому, об'ємну масу полістиролбетону, і виробляти полістиролбетон, що мають структуру з закритими порами.

За допомогою вибору об'ємної маси бетону можна впливати на характеристики полістиролбетону, щоб вони краще відповідали конкретним вимогам.

У світлі сьогоденних вимог являє інтерес полістиролбетон, об'ємна маса якого знаходиться в нижньому діапазоні ( $<600 \text{ кг/м}^3$ ). У цьому випадку сполучення <теплоізолюючого матеріалу> та <бетону> в одному матеріалі пропонує будівельникам оптимальну комбінацію несучих властивостей, звукоізоляції, термоізоляції і вогнезахисту.

Вже кілька років після винаходу пінополістиролбетону, названого Styropor (1951), компанія BASF провела перші орієнтовні випробування з використання пінополістиролу як заповнювач для виробництва полістиролбетону (стіропорбетона). Так як висока вартість даної сировини спочатку не дозволила рентабельно використовувати його в якості легкого заповнювача, у вересні 1967 року почалися нові дослідження, і їх інтенсивність стала поступово збільшуватися. До цього часу легкі заповнювачі з пінополістиролу стали цікавою альтернативою легким мінеральним заповнювачів, і навіть не дивлячись на їх ціну, почав спостерігатися зростаючий інтерес до нових будівельних матеріалів.

Щоб створити необхідні передумови для їх виходу на ринок, компанія BASF зробила наступні заходи:

- Розробка рецептур різних полістиролбетонних сумішей, що дозволяють відтворювати їх на практиці,
- Підтвердження всіх важливих характеристик будівельного матеріалу випробуваннями, проведеними офіційними організаціями,

- Розробка і розповсюдження способів приготування і укладання, виробів з полістиролбетону.
- Виконання і оцінку практичних випробувань з метою підтвердження успішності застосування,
- Допомога і технічні консультації для виробників матеріалів щодо розробки виробничих систем.

Всі ці заходи пройдені в нашій країні і є всі передумови для активного застосування полістиролбетону. На відміну від легких бетонів з мінеральними заповнювачами, пенобетонів, газобетонів, у разі полістиролбетону є можливість виробництва легкого бетону з об'ємною масою менше  $200 \text{ кг/м}^3$ , і відповідно хорошими теплоізоляційними характеристиками. Внаслідок цього подальший розвиток сконцентровано на виробництві полістиролбетону, що потрапляє в цей нижчий діапазон об'ємних мас, і зокрема на поліпшення властивостей легкого бетону з пінополістирольним заповнювачем, технології виробництва і на розробці будівельних систем з застосуванням полістиролбетону.

Як заповнювач полістиролбетону використовується пінополістирол з об'ємною щільністю  $10\text{-}25 \text{ кг/м}^3$ , яка не впливає на кінцеву міцність легкого бетону. Розмір зерен спінених часток пінополістиролу перебувати в діапазоні  $0,5\text{-}3,5 \text{ мм}$ , що дозволяє отримувати дрібнопористий скелет бетону і використовується

Легкий пінополістирольний заповнювач володіє наступними характерними властивостями:

- Надзвичайно мала об'ємна маса,
- Хороша теплоізоляція спінених часток, завдяки якій практично відсутня поглинання води,

сировинний матеріал з розміром частинок від  $0,2$  до  $1,0 \text{ мм}$ .

- Сферична форма, що є кращою з точки зору статичних навантажень.

Однак, у діапазоні дуже низьких об'ємних густин гідрофобні властивості легених пінополістирольних заповнювачів з закритими порами можуть надавати несприятливий вплив, Так як мала міцність зчеплення між цементним тестом і

поверхнею частинок може призвести до розшарування полістиролбетону під час приготування і укладання. У перші роки практичного застосування, цьому ефекту протидіяли введенням добавок, що поліпшують міцність зчеплення. Цим шляхом йдуть ряд виробників, в основному намагаючись збільшити продажі добавок, так як західні виробники і деякі вітчизняні, застосовують спеціальні марки пінополістиролу з великопористої поверхнею частинок або спеціальні пристрої, що дозволяють без заперечень укласти бетон, що не має таких добавок.

Відходи пінополістиролу в якості легкого заповнювача

У Німеччині в даний час для виготовлення пакувальних матеріалів щорічно використовується близько 40000 тонн сировини для виробництва

пінополістиролу, з якого виходить пінополістирол в обсязі до 2 млн.м<sup>3</sup>. Ці пакувальні матеріали містять 98% повітря, не містять ні в яких кількостях фторхлоруглеводів, і можуть піддаватися переробці *для того, щоб* знову послужити будь-якої розумної мети. У наш країні теж достатня кількість відходів, а з розвитком промисловості і зростанням виробництва виробів гостро постає питання переробки упаковки. У зв'язку з цим були розроблені системи для вторинної переробки пінополістиролу, що дозволяють забезпечити повну утилізацію використаних пакувальних матеріалів, одержуваних від промислових, торговельних підприємств та від приватних споживачів. У цьому розділі було розглянуто тільки застосування відходів полістиролу в легких бетонах. Дрібнозернистий <подрібнений матеріалу що виготовляється з відходів виробництва пінополістирольної упаковки, придатний для використання при виробництві будівельних матеріалів: Як пороутворюючими речовини при виробництві блоків, панелей, і в якості легкого заповнювача для виробництва легкого бетону (полістиролбетона). Для використання подрібненого пінополістиролу в якості легкого заповнювача потрібне виконання певних вимог з метою запобігання зниженню якості бетону. У тому, що стосується розмірів і форми зерен, відмінності між сподрібненим матеріалом> і свіжоспеченими частками пінополістиролу повинні бути настільки малі, наскільки це можливо:

- Більша частина зерен повинна мати круглу форму
- Більша частина зерен повинна мати розміри, що знаходяться в діапазоні від 0,5 мм до 4,0 мм
- У подрібненому матеріалі повинні бути відсутніми дуже дрібні частинки.

Ці вимоги до якості можуть бути задоволені при дотриманні наступних вимог:

- використанням відповідних дробарок з відділенням частинок пінополістиролу в тачках, в яких вони сплавилися між собою, так що первісна сферична форма зерен в дуже великій мірі зберігається,
- розмір частинок гранул пінополістиролу, використовуваного для виробництва пакувальних матеріалів, зазвичай відповідає розміру, требующомуся для легкого пінополістирольного заповнювача, виготовленого з свіжого матеріалу>, цього можна досягти за допомогою використання відповідних сит в дробарці. В даний час такий підготовлений <подрібнений матеріал> пропонується деякими західними виробниками пакувальних матеріалів за ціною від 12 до 25 євро, що набагато нижче рівня цін за свіжезспенений легкий пінополістирольний заповнювач.

На російському ринку теж присутній <подрібнений матеріал> на жаль рідко задовольняє перерахованим вище вимогам. Отримані в результаті 28-денних випробувань значення міцності при стисканні і при вигині, в кожному випадку є середні значення для трьох зразків. Випробування на міцність при стисненні проводилися на кубах з довжиною ребра 20 см, а випробування на міцність при вигині - на брусках 70\* 15\* 15 см. Використання пінополістиролу з <подрібненого матеріалу> не робить негативного впливу на вимоги до якості, такі, як поглинання води, морозостійкість, вогнестійкість і т. д.

#### Технологія виробництва полістирол бетону

Ця частина відноситься до спеціальних висновків за технологією виробництва полістиролбетону від 200 до 600 кг/м<sup>3</sup> (суха об'ємна маса), що володіє хорошими теплоізоляційними властивостями і має малу масу. На

відміну від легкого бетону з пінополістирольним заповнювачем, що має щільність більше  $600 \text{ кг/м}^3$ , в даному випадку потрібно розглянути деякі спеціальні особливості, які справляють істотний вплив на однорідність суміші, легкоукладальність і подачу полістиролбетону, А також на тенденцію до тріщин і від усадки і розшарування. Вирішальний вплив на властивості свіжого полістиролбетону надає те, що дуже велику частину його обсягу складають частки пінополістиролу. У діапазоні об'ємної маси менше  $600 \text{ кг/м}^3$  кількість цементного розчину недостатньо, для того щоб повністю заповнити обсяг <пазух> легкого заповнювача. Без внесення відповідних добавок полістиролбетон в цьому діапазоні об'ємної щільності можна укладати і ущільнювати тільки з великими труднощами через його в основному незв'язного характеру.

Додавання великої кількості води буде вести до зменшення міцності при стисненні і посилення тенденції до тріщин від усадки і розшарування. Щоб дізнатися, як можна поліпшити легкоукладальність і уплотняемость полістиролбетону, вироблялися випробування з внесенням різних добавок. У результаті виявилось, що найбільші переваги забезпечують добавки, що містять воздухововлекающие компоненти, а також компоненти для стабілізації та разжіжження полістиролбетонной суміші. За допомогою створення дуже маленьких сферичних повітряних бульбашок (з діаметром до 0,3 мм) об'єм цементного розчину збільшується і зменшується різниця в щільності між цементним розчином і легким пінополістиролбетон заповненням. Суміш набуває пластичну в'язку консистенцію. Вони характеризуються дуже стабільною структурою піни. Рухливість і чудова адгезія цих повітряних пен робить винятково сприятливий вплив на легкоукладальність полістиролбетону навіть у разі відносно малих водо-цементне відношення.

Еластичні пінополістирольні заповнювачі і відносно висока пропорція повітряних бульбашок не можуть протидіяти усадці затверділого цементного тіста. Проте вплив надмірно великої усадки під час схоплювання і тенденцію до утворення тріщин можна зменшити, підтримуючи полістиролбетон вологим

протягом досить тривалого часу. На практиці дуже ефективним виявилось додавання в суміш сумісних з цементом армуючих волокон. Армуючі волокна в затверділому скелеті з цементного тесту в полістролбетоне беруть на себе напруги, виникають при розтягує усадці і зміни температури під час схоплювання і твердіння полістролбетона, зменшуючи тим самим тенденцію до утворення тріщин, і значно збільшуючи міцність на розтяг при вигині. Піна додається в змішувач під час приготування суміші, для чого використовується піногенератор. Об'ємна дозування пінополістирольного гравію може змінюватися в певних межах залежно від того, використовується свіжий спінений матеріал або <подрібнений матеріалі <Подрібненого матеріалу> необхідно більше на 20 -25%, ніж спіненого.

Таблиця 3.1 – Склад полісетробетоних сумішей  
Stirobeton

| Щільність | Вода (л) | Цемент (кг) | Пісок (л) | ПВГ (м <sup>3</sup> ) | Добавка (%) |
|-----------|----------|-------------|-----------|-----------------------|-------------|
| 500       | 140      | 340         | 90        | 0.90                  | 6           |
| 800       | 175      | 350         | 245       | 0.70                  | 02.фев      |
| 1000      | 185      | 375         | 375       | 0.60                  | <2          |

Politerm (PST)

| Щільність | Вода (л) | Цемент (кг) | Пісок (л) | ПВГ (м <sup>3</sup> ) | Добавка (%) |
|-----------|----------|-------------|-----------|-----------------------|-------------|
| 200       | 80       | 200         | -         | 0.85                  | 2           |
| 300       | 100      | 300         | -         | 0.85                  | 2           |
| 500       | 120      | 250         | 225       | 0.85                  | 2           |
| 800       | 140      | 300         | 500       | 0.68                  | <2          |

Beto Forme

| <i>Щільність</i> | <i>Вода (л)</i> | <i>Цемент (кг)</i> | <i>Пісок (л)</i> | <i>ПВГ (м<sup>3</sup>)</i> | <i>Добавка (%)</i> |
|------------------|-----------------|--------------------|------------------|----------------------------|--------------------|
| 300              | 100             | 300                | -                | 0.85                       | 2                  |
| 500              | 150             | 300                | 100              | 0.68                       | <2                 |
| 700              | 155             | 300                | 400              | 0.595                      | <2                 |
| 900              | 165             | 300                | 600              | 0.51                       | <2                 |

### Styropor-beton

| <i>Щільність</i> | <i>Вода (л)</i> | <i>Цемент (кг)</i> | <i>Пісок (л)</i> | <i>ПВГ (м<sup>3</sup>)</i> | <i>Добавка (кг)</i> |
|------------------|-----------------|--------------------|------------------|----------------------------|---------------------|
| 300              | 135             | 280                | -                | 0.78                       | 0.28                |
| 400              | 150             | 350                | -                | 0.78                       | 0.35                |
| 500              | 155             | 350                | 100              | 0.75                       | 0.35                |
| 600              | 155             | 350                | 200              | 0.75                       | 0.35                |

### Полистиролбетон

| <i>Щільність</i> | <i>Вода (л)</i> | <i>Цемент (кг)</i> | <i>Пісок (л)</i> | <i>ПВГ (м<sup>3</sup>)</i> | <i>Добавка (кг)</i> |
|------------------|-----------------|--------------------|------------------|----------------------------|---------------------|
| 200              | 100             | 160                | -                | 1.0                        | 0.8                 |
| 300              | 120             | 240                | -                | 1.0                        | 0.65                |
| 400              | 150             | 330                | -                | 1.0                        | 0.6                 |
| 500              | 170             | 410                | -                | 1.0                        | 0.45                |

### 3.3 Виготовлення полістеролбетонних блоків методом об'ємного вібропрасування

олістиролбетоном (рис.3.1) називають бетон, легким заповнювачем якого є спінений полістирол. Полістиролбетон за своїми властивостями належить до легких бетонів (ніздрюватих бетонів), проте має ряд істотних відмінностей. Цей матеріал використовується на дахах і підлогах як тепло-і звукоізоляція, для заповнення пустот в цегляній кладці, підземних стін, ізоляції в пустотілих блоках, ідеальний для об'ємного і будь-якого іншого заповнення, де потрібні високі ізоляційні властивості. Застосовується для виготовлення збірних блоків і панелей перегородок, що покривають плит підвісних стель.

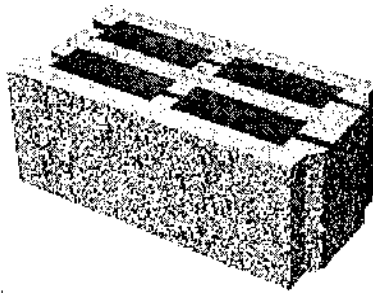


Рисунок 3.1 - Полістиролбетонний блок

Основні способи формування полістиролбетонної суміші.

Найбільш поширений литтєвий спосіб передбачає заливку рухливих, пластичних полістеролбетонних розчинів в касетні форми або в опалубку.

Заливка полістеролбетона в опалубку в основному використовується для зведення теплоконструкційних стін житлових і виробничих приміщень або як теплоізолюючий додатковий шар при зведенні стін і перекриттів з бетону, цегли, при цьому суміш може готуватися безпосередньо на об'єкті. Особливістю цього способу виробництва є необхідність позитивної температури.

У результаті заливки полістиролбетонної суміші в касетні форми отримують блоки заданих розмірів. Даний спосіб дозволяє створювати певні запаси готових блоків. У цьому випадку будівництво не залежить від

кліматичних умов і може бути цілорічним. Основні способи формування полістролбетонної суміші.

Для отримання блоків методом об'ємного вібропресування необхідна суміш з низьким водоцементним ставленням. Виробник полістиролбетону має можливість різко наростити продуктивність в 2 рази, організувавши роботу вібропресу у дві зміни, тоді як литтєвий метод обмежений кількістю форм. Вібропресування блоків має ряд переваг за якістю в порівнянні з литим:

Геометрична точність та ідентичність, більш висока міцність у зв'язку з низьким водоцементним ставленням суміші.

Машинобудівне підприємство "БудМех" виробляє і реалізує механічні важільні вібропреси серії "ІМ", як показано на рис.3.2. Завдяки великому вибору змінних формуючих оснащень виробник отримує можливість розширити Основні способи формування полістролбетонної суміші.

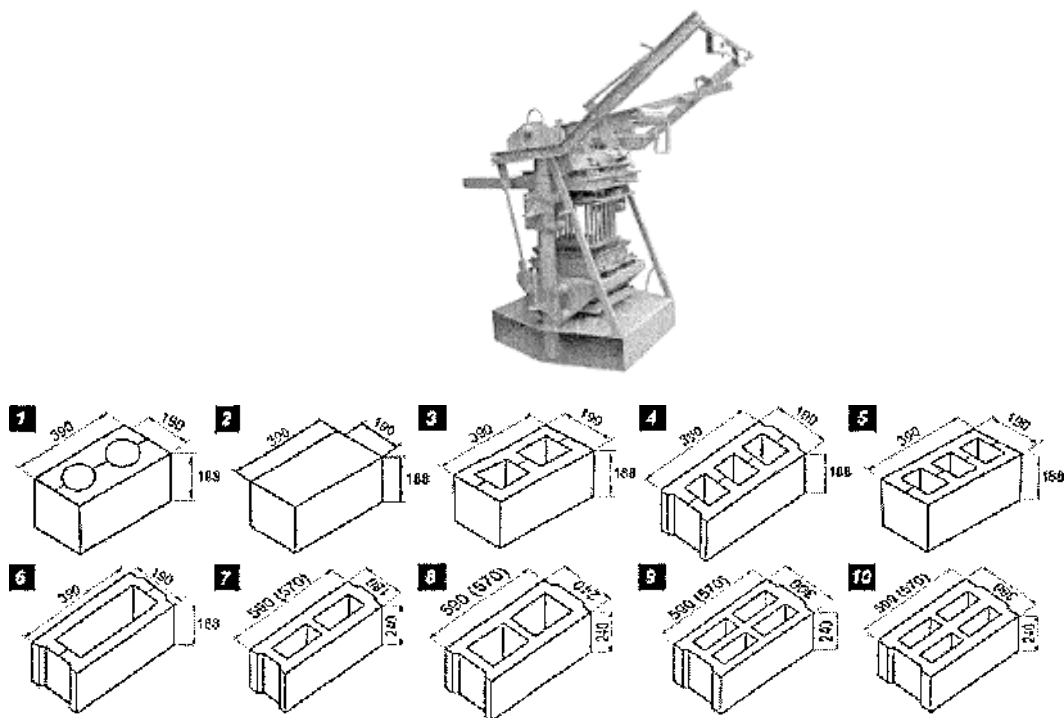


Рисунок 3.2 -Перелік змінних формооснасток для вібропресу

Для організації виробництва виробів з полістиролбетону на вібропресування серії "ІМ" необхідний наступний комплект обладнання:

1. Лінія спінювання гранул пінополістиролу: спінювач, сушіння-транспортёр, бункера зберігання і вилежки гранул, пневмотранспорт для подачі гранули.

2. Змішувач для полістіролбетонної суміші.

3. Вібропрес серії "Ілля Муромець".

4. Змінні оснащення для вібропресу.

5. Комплект піддонів з розрахунку 350 шт. одна зміна.

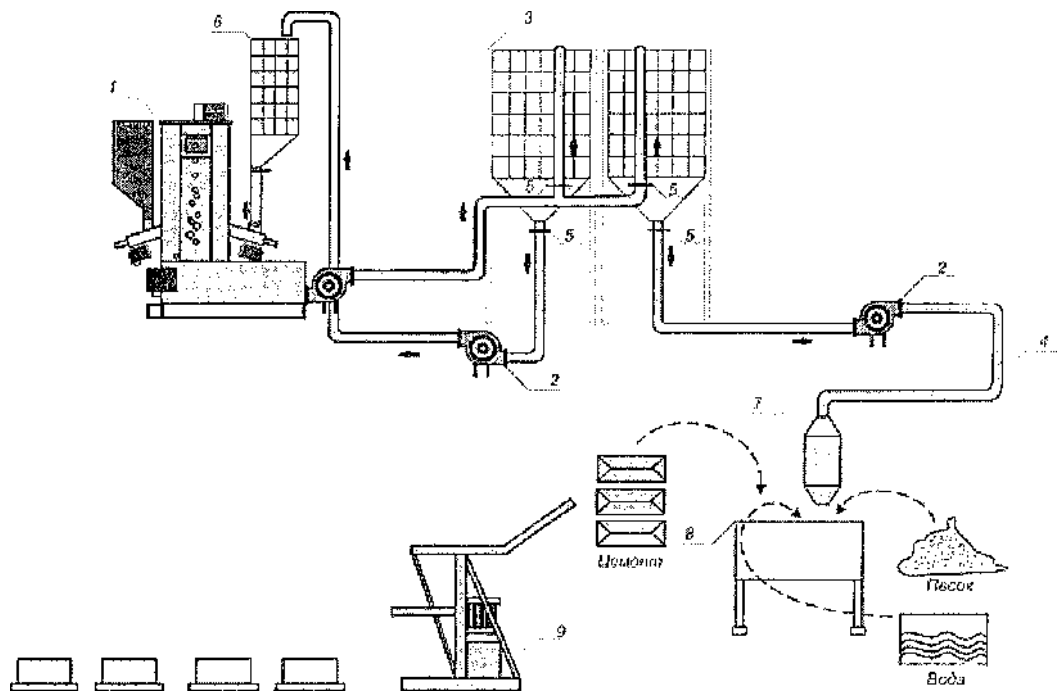


Рисунок 3.3 - Виготовлення полістіролбетонних блоків методом об'ємного вібропресування

1 - Напівавтоматичний комплекс спінювання і теплової обробки ПАРТНЕР 200;

2 - Блок пневматичної подачі гранул БП 50 (2 шт.),

2 - Бункер вилежки гранул БВ 20 (2 шт.);

4 - Труба для пневмотранспорту оцинкована 0125 мм (40 м) ;

5 - Заслінка з ручним приводом 0125 мм (4 шт.);

6 - Витратні бункер;

7 - Об'ємний дозатор полістиролу ДПО 300;

8 - Бетнозмішувач Скаут 300 ПРОФЕСІОНАЛ;

## 9 - Електромеханічний вібропресс ВП7 ІЛЛЯ МУРОМЕЦЬ.

При покупці комплекту устаткування кожен клієнт отримує методичні вказівки з виготовлення полістролбетонних сумішей. Розроблена рецептура дозволяє отримувати блоки щільністю від 400 до 800 кг / м<sup>3</sup> з міцністю від 14 кг / см<sup>2</sup> до 50 кг / см<sup>2</sup>. Застосування фіброволокна в складі полістролбетонної суміші дозволяє знизити щільність вироблених полістролбетонних блоків до 350 кг / м<sup>3</sup> і підвищити міцність готового виробу будь-якої щільності на 10-20%

### 3.4 Опис полістеролбетону

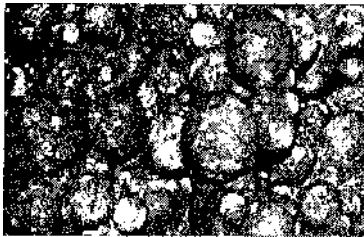
Представник класу легких бетонів - є теплоізоляційний матеріал, до складу якого входить портландцемент, кварцевий пісок, теплоізоляційний заповнювач - "кульки пінопластів", а також модифікуючі добавки (прискорювачі схоплювання, пластифікатори і т. д.). Полистиролбетон ідеальний при теплоізоляції покрівлі, підлоги, межтажних перекриттів і теплоізоляції профнастила (залівка полистиролбетона по металлопрофилю). У будівельній практиці західних держав теплоізоляція полистиролбетоном, набула популярності вже досить давно, більше 40 років тому полистиролбетон міцно завоював провідне місце серед теплоізоляційних конструкційних матеріалів. Полистиролбетон в Україні став з'являтися тільки років 15 назад. Причиною тому була проблема забезпечення, енергозбереження і раціонального використання енергоносіїв - нафти, газу. У нашій країні історично склався стереотип про неосяжні запаси нафти і газу в надрах Батьківщини, що привело до безконтрольного і марнотратного витрачання енергоносіїв. Проблема економії газу, нафти і інших енергоносіїв найменше враховувалася при будівництві, і як наслідок - низька увага до теплоізоляції. Останнім часом у світлі енергетичної кризи, яка як ніколи гостро змусила замислитися про енергозбереження, теплоізоляція полистиролбетоном вийшла на перше місце, як оптимальний, економічний, безальтернативний вид утеплювача. Утеплення покрівлі, підлоги,

міжповерхових перекриттів полистиролбетоном - на сьогодні найекономічніше та ефективніше рішення в області енергозбережного будівництва.

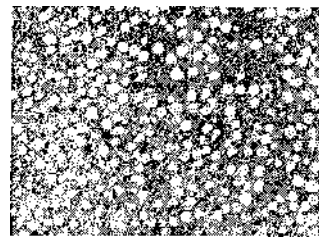


Рисунок 3.4 – «пінопластові шарики» + добавки, присадки=полістиролбетон

Бетон захищає полістиролові гранули від вогню та атмосферних дій полістирол надає бетону легкість та теплоізоляційні властивості:



полістиролбетоний розчин



зріз готового полістиролбетона

Рисунок 3.5 - Основні фізико-технічні характеристики полистиролбетона:

Таблиця 3.2 - класифікація полістиролбетону

| Марка полістиролбетону<br>(цифровий індекс - маса<br>кубометра в кілограмах,<br>кг/м <sup>3</sup> ) | Клас по<br>міцності на<br>стиск | Середня<br>міцність на<br>стиск R, МПа | Межа<br>міцності на<br>розтяг при<br>згині, МПа | Коефіцієнт<br>теплопровідності,Вт/м °С |                                     |       | Марка по<br>морозо-<br>стійкості |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|-------|----------------------------------|
|                                                                                                     |                                 |                                        |                                                 | в сухому<br>стані                      | при<br>експлуатаційний<br>вологості |       |                                  |
|                                                                                                     |                                 |                                        |                                                 |                                        | А                                   | Б     |                                  |
| D150                                                                                                | М 2,5                           | -                                      | 0,10                                            | 0,055                                  | 0,057                               | 0,060 | F25                              |
| D200                                                                                                | М 3,5                           | -                                      | 0,15                                            | 0,065                                  | 0,070                               | 0,075 | F25-F35                          |
| D250                                                                                                | В 0,35                          | -                                      | 0,25                                            | 0,075                                  | 0,085                               | 0,090 | F35-F50                          |
| D300                                                                                                | В 0,5                           | 0,73                                   | 0,35                                            | 0,085                                  | 0,095                               | 0,105 | F35-F50                          |
| D350                                                                                                | В 0,75                          | 1,09                                   | 0,50                                            | 0,095                                  | 0,110                               | 0,120 | F50-F75                          |
| D400                                                                                                | В 1,0                           | 1,45                                   | 0,60                                            | 0,105                                  | 0,120                               | 0,130 | F50-F75                          |
| D450                                                                                                | В 1,5                           | 2,16                                   | 0,65                                            | 0,115                                  | 0,130                               | 0,140 | F75-F100                         |
| D500                                                                                                | В 2,0                           | 2,90                                   | 0,70                                            | 0,125                                  | 0,140                               | 0,155 | F75-F100                         |
| D550                                                                                                | В 2,5                           | 3,60                                   | 0,73                                            | 0,135                                  | 0,155                               | 0,175 | F100-F150                        |
| D600                                                                                                | В 2,5                           | 3,60                                   | 0,75                                            | 0,145                                  | 0,165                               | 0,185 | F150-F200                        |

Порівняльна таблиця фізико-технічних і теплоізоляційних характеристик поширених матеріалів і полістиролбетону:

Таблиця 3.3 – теплоізоляційні характеристики поширених матеріалів та полістиролбетону

| Показники                        | Цегла будівельний |               | Стіновий або монолітний матеріал |                                     |                                    |                 |
|----------------------------------|-------------------|---------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------|
|                                  | силікатна цегла   | глиняну цеглу | керамзитобетон                   | Пінобетон / піноблок (Неавтоклавні) | газобетон / газоблок (Автоклавний) | Полістиролбетон |
| щільність, кг/м <sup>3</sup>     | 1700-1950         | 1550-1700     | 900-1200                         | 300-1200                            | 300-1200                           | 150 - 600       |
| Маса 1м <sup>3</sup> , кг        | 1450-2000         | 1200-1800     | 500-900                          | 90-900                              | 90-900                             | 150 - 600       |
| Теплопровідність, Вт/м*К         | 0,85-1,15         | 0,6-0,95      | 0,75-0,95                        | 0,07-0,38                           | 0,07-0,38                          | 0,055 - 0,145   |
| Морозостійкість, цикл            | 25                | 25            | 25                               | 35                                  | 35                                 | 25-200          |
| Водопоглинання, % по масі        | 16                | 12            | 18                               | 20                                  | 14                                 | 4 - 8           |
| Межа міцності при стисненні, МПа | 5-30              | 2,5-25        | 3,5-7,5                          | 0,15-25,0                           | 0,10-12,5                          | 0,73 - 3,6      |

Висока якість полістиролбетону обумовлено унікальною рецептурою, розробленою фахівцями. Вона дозволяє добитися рівномірного розташуванню гранул полістиролу в розчині, по максимуму заповнюючи обсяг бетону.

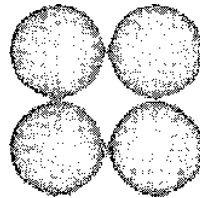


Рисунок 3.6 (а) полістиролбетон рядної укладання

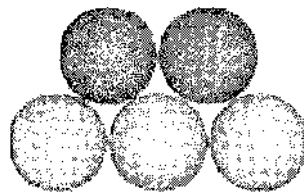


Рисунок 3.7 (б) шахова укладання гранул полістиролбетону

Рисунок 3.6 (а) ілюструє стан гранул полістиролу "рядної" укладання. У даному випадку обсяг порожнеч між гранулами складе 47.6%, на рисунок 3.6 (б) показана більш щільна, "шахова" укладання гранул полістиролу. При такій схемі укладання обсяг порожнеч між гранулами складе 30%.

Для найбільш часто зустрічаючихся у виробництві полістиролбетона укладання сферичних тіл аналогічного розміру обсяг порожнеч між сферами складає в середньому 42%. Використовуючи спінені гранули полістиролу одного розміру, навіть без урахування товщини шару цементного клею, скріплює гранули між собою, залишається від 39 до 45% вільного об'єму. Цей вільний обсяг між гранулами неминуче заповнюється цементом і піском. Враховуючи об'ємна вага цементного каменю, стає ясно, що щільність матеріалу, який складається на 61-55% із спінених гранул полістиролу (об'ємна вага  $10-30 \text{ кг/м}^3$ ) і 39-45% піску і цементу (об'ємна вага  $1800 - 2100 \text{ кг/м}^3$ ) складе ніяк не менше  $800 \text{ кг/м}^3$ . Таким чином, Просте "всмоктування пінопластових кульок" ще не робить з піскоцементної композиту справжній полістиролбетон, з його "коронними" теплофізичними властивостями.

Для зменшення щільності полістиролбетону можна використовувати метод «капсулювання» заповнювача. Великопористі бетони, які не мають у своєму складі дрібного заповнювача (піску) - яскравий приклад можливості отримання утеплювача підвищеного теплосопротивлення на основі компонентів, що мають відносно високу теплопровідність. Природно, при відсутності дрібного заповнювача порожнечі між крупним заповнювачем залишаються незаповненими. Саме повітряні порожнечі дозволяють збільшити теплоізоляцію крупнопористого бетону.

Полістиролбетон, що отримується методом «капсулювання» спінених полістирольних гранул характеризується великопористої структурою (рис.3.8):

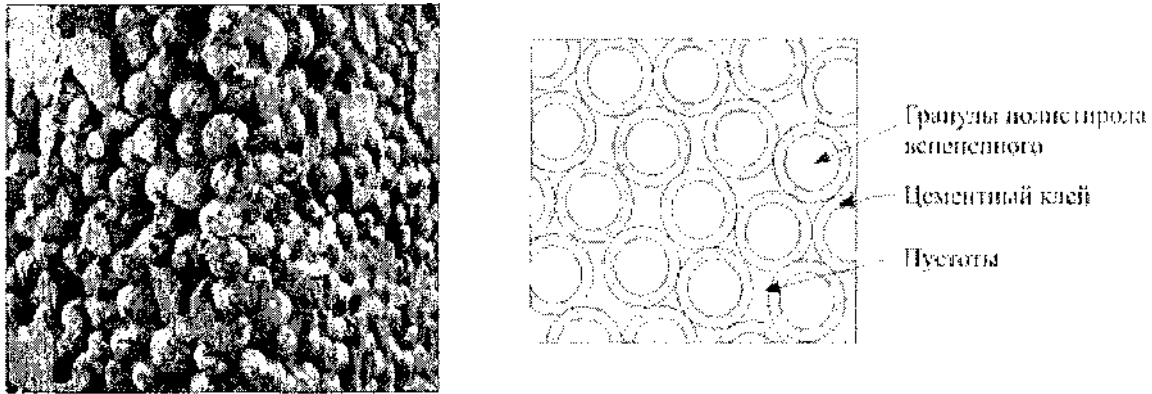


Рисунок 3.8 - Полістиролбетон «капсулювання» методом спінених гранул

+: Можливість отримання полістиролбетону щільністю  $< 200 \text{ кг/м}^3$

Можливість використання одноразмерних гранул

- : Низька міцність полістиролбетону на стиск і розтягання при вигині

Розшарування суміші при транспортуванні, укладанні, напірної подачі Цемент рівномірним шаром розподіляється по поверхні гранул спіненого полістиролу, які потім з'єднуються один з одним. Порожнечі між гранулами залишаються не заповненими, що дозволяє отримувати полістиролбетон щільність менше  $200 \text{ кг/м}^3$ . Однак гранули спіненого полістиролу сферичної форми в подібному побудові стикаються тільки в шести точках, що істотно знижує міцність такого бетону. До того ж для отримання полістиролбетону великопористої структури необхідно покрити кожен гранулу тонким шаром цементного клею, що, враховуючи сферичну форму й гладку поверхню полістирольного заповнювача, досить складно, А без використання спеціального змішувального обладнання і хімічних добавок практично неможливо.

Ще один спосіб - Порізація цементного тесту. У цьому випадку гранули спіненого полістиролу будуть грати роль великого заповнювача (гравію), а утворені повітряні пори замінять собою дрібний заповнювач (пісок). При цьому поризований розчин заповнить собою простір між гранулами.

Отриманий матеріал буде правильно називати вже не полістиролбетоном, а пінополістиролбетон, теплоізоляція якого вище, так як пори в цьому матеріалі утворені та піноутворюючі добавками, і гранулами спіненого полістиролу (рис. 3.9).

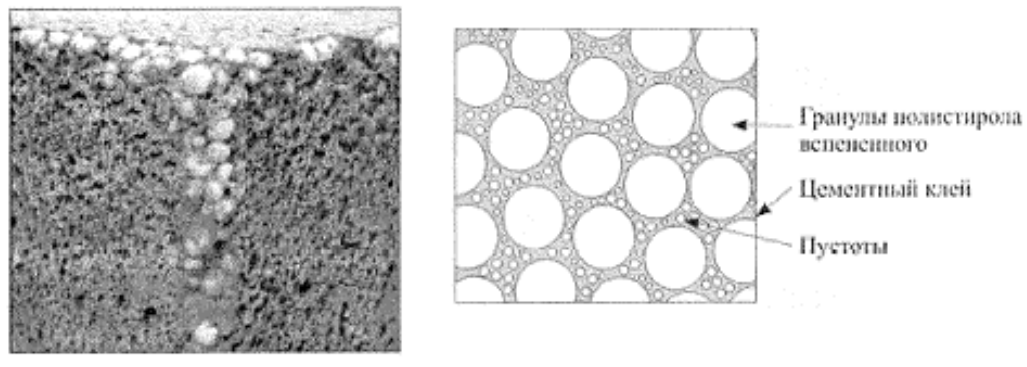


Рисунок 3.9 - зріз пінополістиролбетон.

+: Можливість отримання піно полістиролбетона щільністю  $< 300 \text{ кг/м}^3$   
 Можливість використання одноразмерних гранул

Можливість зміни щільності пінополістиролбетону в широкому діапазоні

-: Складність виробництва пінополістиролбетону

Втрати бульбашок повітря при транспортуванні, Укладанні і напірної подачі Труднощі отримання пінополістиролбетону стабільних характеристик  
 Однак у пенополістиролбетон (не у полістиролбетону, а саме у пінополістиролбетон, який виробляють "кулібіни", справляючись з спливанням використовуючи звичайну піну для пінобетону) є і цілий ряд серйозних недоліків в порівнянні з полістиролбетоном. Перш за все, для отримання матеріалу малої щільності доводиться вводити кульки в поризований цементно-піщаний розчин або, іншими словами, в пінобетон. Про недоліки пінобетону написано досить багато і немає необхідності зупинятися на них детально.

Наступний варіант отримання теплоізоляційного матеріалу - це полістиролбетон щільної структури, але низької щільності. На відміну від полістиролбетону поризованого або крупнопористого, в полистиролбетоне щільної структури висока міцність матеріалу на стиск і розтяг досягається при меншій витраті цементу. Для щільного полістиролбетону характерна найбільш раціональна схема розподілу пористого заповнювача в обсязі бетону. Щільна укладання легкого заповнювача забезпечує можливість отримання матеріалу щільністю менше  $300 \text{ кг/м}^3$ . У своїй будові полистиролбетон щільної структури

створюється згідно фізичній поняттю "гранулометрії заповнювач". У порожнинах між зернами великої Фракції (великих кульок) знаходяться в Певної співвідношенні зерна дрібної Фракції (дрібних кульок). При цьому цементний клей, покривши Цю суміш гранул, пов'язує полістиролбетонні композит в єдиний моноліт (рис. 3.10):

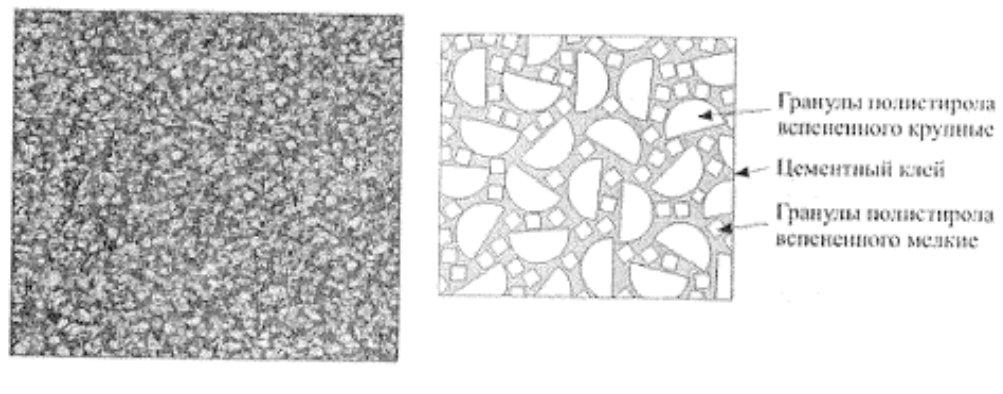


Рисунок 3.10 - полістиролбетон щільної структури

+: Можливість отримання матеріалу щільністю  $< 300 \text{ кг/м}^3$

Висока стабільність характеристик полістиролбетону

Збереження основних характеристик при транспортуванні, Укладанні і напірної подачі

Можливість зміни щільності в широких межах

Можливість формування виробів методом об'ємного вібропресування

Необхідність використання спеціалізованого технологічного обладнання

За основними фізико-експлуатаційним характеристикам міцності і теплоізоляції полістиролбетон щільної структури значно перевершує великопористий і поризований полістиролбетон. Зокрема, для полістиролбетону щільної структури характерна підвищена водонепроникність, і висока теплоізоляція. Такий полістиролбетон з витратою цементу близько  $300 \text{ кг/м}^3$  не пропускає воду навіть при тиску 2 МПа. На відміну від поризованого полістиролбетону, полістиролбетон щільної структури - матеріал набагато більш стабільний, що дозволяє йому легше переносити транспортування, напірну подачу, віброущільнення, а при щільності вище  $400 \text{ кг/м}^3$  і формування виробів з

використанням вібропресового обладнання. На перший погляд, нічого складного, проте, як було сказано, без чіткої класифікації полістирольного заповнювача по фракціях дана схема побудови полістіролбетонної композиту не може бути реалізована. Таким чином міцнісні характеристики отриманого полістіролбетону задовольняють практично будь-які вимоги у будівництві, незважаючи на суб'єктивне припущення, що такий теплий і легкий утеплювач не може бути досить міцним.

У промисловості будівельних матеріалів (теплоізоляційні матеріали, плити) і спостерігається стрімке зростання інтересу до полістіролбетону, викликаний безліччю переваг, чому полістіролбетон краще ніж пінобетон, керамзит та інші утеплювачі для підлоги, покрівлі, міжповерхових перекриттів, Профнастилу (залівка по металопрофілю) перед альтернативами такими як газобетон. Підіб'ємо підсумок ознайомлення з полістіролбетоном і коротко опишемо.

### **3.5 Переваги полістеролбетону**

Мають найнижчу теплопровідність в порівнянні з традиційними видами конструкційних матеріалів (силікатна цегла, керамічна цегла, залізобетон, керамзитобетон, пінобетон (піноблок), газобетон (газоблок), деревина). Полістіролбетонніє блоки - це унікальний матеріал, сам по собі є ефективним теплоізолятором. Огороджу вальні конструкції, зовнішні стіни, побудовані з полістіролбетонних блоків, Взагалі не вимагають утеплення;

- Більш низька вартість полістіролбетону в порівнянні з іншими утеплювачами;
- Значне зниження матеріалоемності;
- Економія до 70% розчину;
- Кладка ведеться на клейовій основі для пенобетонов і керамічної плитки, Що дозволяє отримати міжблочний шов не більше 2-3 мм і уникнути утворення містків холоду;

- Великорозмірні блоки спрощують укладання стін. (Один блок заміняє 17 цеглин і важить не більше 22 кг); Швидкість зведення стінових конструкцій при використанні блоків з полістиролбетону зростає в 10 разів у порівнянні з традиційною цегляною кладкою. Продуктивність робіт з кладки з полістиролбетон блоків становить близько 1,73 чол / год на 1м<sup>3</sup> кладки. Фактично бригада з 2-3 чоловік зводить стіни середнього котеджу за 7-10 днів, стяжка швидко укладається;
- Не потрібне використання важкої вантажопідйомної техніки при будівництві будинку;
- Висока технологічність будівництва - блоки з полістиролбетону легко пиляються, гвоздяться, штробяться (надання будь-якої геометричної форми, улаштування каналів для прихованої проводки);
- Економія корисної площі приміщення за рахунок мінімальної товщини зовнішніх стін;
- Оскільки в основу полістиролбетону закладений цемент, можлива будь-яка обробка поверхні, як-то: Оштукатурювання, шпатлювання, нанесення фактурних поверхонь, обкладання облицювальною цеглою, керамічною плиткою підлоги тощо;
- Полістиролбетон володіє високою морозостійкістю (марка F15 - не менше 15 циклів почергової зміни заморожування і відтавання. Якщо застосовувати в температурному діапазоні від - 60 ° С до 70 ° С); Легкість полістиролбетону - значительное снижение нагрузки на фундамент, что позволяет вести строительство в сложных инженерно-геологических условиях или при перерасходе металла или железобетона в конструкции здания;
- зниження вартості 1 м<sup>2</sup> стіни щодо інших технічних рішень з аналогічним значенням опору теплопередачі (наприклад, Щодо варіанту з пінобетоном - дешевше мінімум на 20%);
- Полістиролбетон не схильний до гниття (не є живильним середовищем для мікроорганізмів і грибків);
- Полістиролбетон не приваблює гризунів (на відміну від дерева і

пінопласту);

- Довговічність полістиролбетону більше 100 років;
- Прекрасна шумоізоляція покрівлі, Підлоги (індекс зниження приведенного рівня ударного шуму стяжки полістиролбетону становить ~ 46 дБ;
- Низька експлуатаційна вологість (в межах 4 - 8% за масою) і мала величина усадки, (що не перевищує 1 мм / м), має низьку сорбційну вологість, що дозволяє матеріалу зберігати низькі значення теплопровідності та в умовах підвищеної вологості підлоги та покрівлі. (На відміну від мінераловатних плит, які дуже легко вбирають вологу з повітря, а ввівши всього 10% вологості відразу ж втрачають 50%.

Відмінна гідрофобність (не схильність вбирати вологу з навколишнього середовища) при збереженні паропроникності (марка Д400-0,085 мг/м-ч -Па, марка Д500-0,075 мг/м-ч-Па);

Стіни з полістиролбетонних блоків не перешкоджають повітрообміну, тобто здатні "дихати", А завдяки високій паропроникності - регулювати вологість повітря. У результаті у внутрішніх приміщеннях встановлюється сприятливий мікроклімат, близький до мікроклімату дерев'яних будинків; зберігає тепло взимку і прохолоду влітку (взимку будинок площею ~ 100 м<sup>2</sup> з вимкненими опаленням за добу остигає в середньому на 1 °С);

Полістиролбетон негорючий (є повний пакет сертифікатів, Включаючи пожежний сертифікат про негорючості полістиролбетону і виробів з нього); Полістиролбетон екологічно і гігієнічно безпечний згідно висновку санепідемстанції. За ефективною сумарною питомою активності радіонуклідів у сировинних матеріалах полістиролбетону згідно з ДБН В. 1.4-1.01 не перевищує 370 Бк / кг і відноситься до 1 класу використання.

Переваги полістиролбетону в порівнянні з базальтової теплоізоляцією мінераловатними плитами:

- значно знижена трудомісткість укладання теплоізоляції (на 25 - 30%);
- полістиролбетон має практично постійне розрахункове масове

співвідношення вологи від 4% до 8%, Тоді як при збільшенні вмісту вологи в базальтовій мінваті всього на 1% її теплоізолююча здатність зменшується майже на 20%;

- істотно краще санітарно-гігієнічні умови експлуатації приміщення за рахунок більш сприятливих умов вологи-масопереносу через конструкцію, що захищає з полістиролбетону, Вище комфортність приміщення;

- надійність в експлуатації і довговічність теплоізоляції покрівлі, підлоги вище в 2 - 4 рази;

- полістиролбетон, при влаштуванні теплоізоляції покрівлі, теплоізоляції підлоги є екологічно чистим матеріалом, на відміну від мінвати, в якій, з плином часу (якщо немає вентиляваного шару) з'являються цвіль. Мінвата оксидує, розпадається і осідає, або переходить в голчастий пил, небезпечну для здоров'я людини (особливо для дітей);

- Міцність на стиснення у полістиролбетону набагато більше, ніж у мінвати, яка потребує захисному шарі (наприклад, полістиролбетон без деформації може витримати навантаження більше  $1000 \text{ кг} / \text{м}^2$ , А мінвата витримує від 3 кг до  $40 \text{ кг} / \text{м}^2$  при деформації хв. 10%);

- цемент у полістиролбетоні (у кількості більше  $200 \text{ кг} / \text{м}^3$ ) захищає арматуру від корозії, у мінваті, схильної до яскраво вираженої здатності вбирання вологи, розчинювальних солі, утворюються розчини особливо агресивні для металу, і тому поверхня металу, яка знаходиться у контакті з мінватою необхідно ретельно захищати антикорозійним покриттям;

- Підвищена вологість мінвати зменшує її морозостійкість і довговічність. З метою зменшення всмоктування вологи і збільшення її довговічності останнім часом мінвату гідрофобізуючі (органічними смолами, або маслами), але внаслідок цього зменшується паропроникність та пожежостійкість, більшість виробів з мінвати можна застосовувати при температурі до  $700^\circ \text{C}$ , а вироби і: Гідрофобізованої мінвати - максимум до  $250^\circ \text{C}$ , після чого гідрофобізуючі добавки випаровуються, або згорають утворюючи шкідливі випари.

- Так як мінвата має властивість легко вбирати вологу, обов'язково в пристрій покрівлі укладається пароізоляція. Полістиролбетон пароізоляції не потребує і дозволяє заощадити на ній і на роботах з її укладання;

- Чергова стаття здешевлення від пристрою покрівлі полістиролбетоном - гідроізоляція. Надійну гідроізоляцію мінвати, може забезпечити лише дорога мембрана. А по полістиролбетону досить наплавлення руберойду.

- Досвід експлуатації та пристрою дахів, утеплених мінераловатою вказує на її неминучу усадку, тому в проекти закладається завищена товщина 150-200 мм. Полістиролбетон практично не має усадки і дозволяє укласти 100 мм товщини, що на 50-60% дешевше порівняно з мінераловатними плитами.

Переваги полістиролбетону в порівнянні з пінобетоном.

Співвідношення вологи за умов експлуатації, в полістиролбетоні нижче в 5 разів, ніж в пінобетоні. Цим пояснюється відсутність мікроорганізмів (цвілі) всередині конструкцій з полістиролбетону;

Конструкція або стяжка з полістиролбетону тепліше на 0,015 Вт / мК, ніж конструкція з дерева (при рівних товщинах стін, підлог), тобто, на 10%, не кажучи вже про конструкції з пінобетону;

За морозостійкості полістиролбетон вище на 50%, ніж пінобетон при тій же марці;

При рівних марках стінові блоки і стяжки підлоги з полістиролбетону міцніше пінобетонних на 20%;

Полістиролбетонні стінні блоки добре працюють на розтяг, На відміну від пінобетонних блоків;

На відміну від пінобетону, полістиролбетон стійкий до впливу розчинників, бензину, масел, слабких розчинів кислот і лугів, які можуть проливатися на підлогу наприклад на автомайстерень або підлогу в цеху.

Особливою популярністю серед будівельників і проектувальників останнім часом стала користуватися технологія утеплення з допомогою полістиролбетону підлог і міжповерхових перекриттів. Щоб підлога вийшов

«теплим», досить товщини шару полістиролбетону всього в 5 см, що покращує також і шумоізоляцію. Полістиролбетон відіграє при цьому практично ту ж роль, що і цементно-піщана стяжка - на його поверхню можна відразу укласти кахель і керамічний граніт. На даний момент полістиролбетон впевнено конкурує з іншими утеплювальними матеріалами в області заливки підлог. Особливо важлива та його особливість, що відпадає необхідність в укладанні пароізоляції. Також необов'язково і железнение, тоді як без нього не обійтися при укладанні інших утеплювачів (мінераловатні, полістирольні плити).

При будівництві будівель на плити перекриття з основною функцією її вирівнювання зазвичай кладеться цементна стяжка товщиною 30 мм - 50 мм. З умов звукоізоляції й теплоізоляції під цементну стяжку кладуться відповідні шари звуко-і теплоізоляції. З метою запобігання тріщин в цементну стяжку додається поліпропіленова фібра. Із застосуванням полістиролбетону як наливний цементної стяжки відразу вирішуються всі ці проблеми, тому що заливний полістиролбетон є (рис. 3.11) :

- вирівнюючим шаром;
- звукоізолюючим шаром;
- теплоізоляційним шаром.



Рисунок 3.11 - наливна стяжка з полістеролбетону

Використовуючи полістиролбетон в якості теплоізоляції і шумоізоляції підлоги, значно зменшується навантаження на конструктивні елементи будівлі, а згодом зменшуються їх розміри, потрібна арматура і вага несучих елементів, що безпосередньо впливає на вартість конструкції будівлі (наприклад, В 9-ти поверховому об'єкті зменшується навантаження на фундамент більше 1 тона/м<sup>2</sup>, а відповідно і на конструктивні елементи кожного поверху).

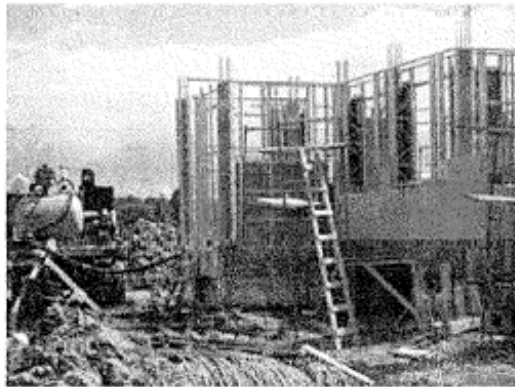


Рисунок 3.12 - Полістиролбетон як теплоізоляція і шумоізоляція стін.

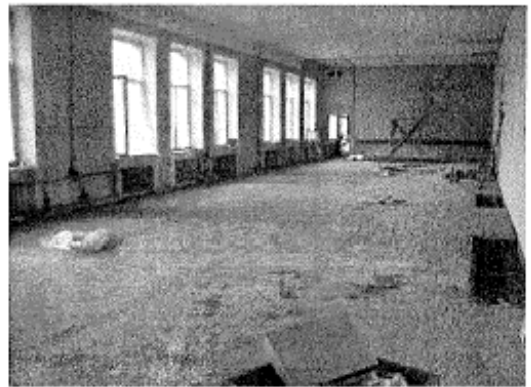


Рисунок 3.13 - Теплоізоляція підлоги

Перевага улаштування теплоізоляції, шумоізоляції підлоги полістеролбетоном

Переваги пристрою теплоізоляції, шумоізоляції підлоги полістиролбетоном порівняльна таблиця вартості 1 м<sup>2</sup> стяжки підлоги полістиролбетону і різних варіантів і матеріалів тепло-і шумоізоляції виходячи з порівнянних теплосвукоізоляційних властивостей

Таблиця 3.4 - Переваги улаштування теплоізоляції, шумоізоляції підлоги полістеролбетоном

| Позиція                            | Керамзит<br>(70 мм) +<br>ЦП (40 мм) | Пінобетон<br>(60 мм) +<br>ЦП (40 мм) | Пінопласт<br>(40 мм) +<br>ЦП (40 мм) | Мінвата<br>(50 мм) +<br>ЦП (40 мм) | Полістиролбетон<br>(50 мм) +<br>ЦП (30 мм) |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|
| Грунтовка                          |                                     |                                      | +                                    | +                                  |                                            |
| Гідробар'єр                        |                                     |                                      | +                                    | +                                  |                                            |
| утеплювач                          | +                                   |                                      | +                                    | +                                  |                                            |
| Роботи по утеплювачу               | +                                   | +                                    | +                                    | +                                  |                                            |
| армована сітка                     |                                     |                                      | +                                    | +                                  |                                            |
| розчин                             | +                                   | +                                    | +                                    | +                                  | +                                          |
| Робота по основній стяжці          | +                                   | +                                    | +                                    | +                                  | +                                          |
| Загальна вага 1 м.кв.              | 115 кг                              | 82 кг                                | 64 кг                                | 72 кг                              | 48 кг                                      |
| Товщина «пирога»                   | 110 мм                              | 100 мм                               | 80 мм                                | 90 мм                              | 80 мм                                      |
| Середня ціна, грн / м <sup>2</sup> | 95                                  | 81                                   | 79                                   | 90                                 | 67                                         |

Полістиролбетон, виготовлений відповідно до ДСТУ, ТУ. Цей матеріал для України відносно новий і відчувається брак фахівців-технологів. У результаті можна отримати шлюб або просто невідповідний ДСТУ, ТУ та сертифікатам якості полістиролбетон. Багато компаній прикриваючись солідним досвідом в інших видах будівельних робіт беруться за освоєння Производство полістиролбетону, вважаючи що це всього лише "Шаріка", втрутитися в цементно-піщаний розчин, застосовують для цього обладнання для виробництва пінобетону і т.д.

Інші виробники свідомо не намагаються домогтися якості, і намагаються залучити споживача за рахунок заниженої ціни, наприклад використовуючи піногенератор, який використовується тільки для пінобетону з символічним змістом полістирольних гранул, або застосовуючи цемент 400-ї марки сумнівної якості, Або замінюючи полістирольні гранули подрібненим пінопластом (при цьому відбувається зниження теплового опору і зниження міцності на 30%), або ж застосовуючи пісок навіть при виробництві легких, теплоізоляційних марок полістиролбетону. Від заниженої ціни виникає ризик отримати щось, лише зовні схоже на полістиролбетон.

Фахівці заводу Теплоінтех дають кілька порад як відрізнити справжній

полістиролбетон від підробки. Полістиролбетон, вироблений з порушенням ДСТУ.

По-перше справжній полістиролбетон на зрізі має велику кількість полістирольних гранул. Гранули мають однаковий розмір, щільно прилягають один до одного, по максимуму заповнюючи доступне простір, рівномірно розташовуються в бетоні. Бракований, виготовлений з порушеннями стандартів і ТУ псевдополістиролбетон на зрізі має вигляд затверділої піни, звичайного пінобетону з деякою кількістю гранул, які можуть мати різний діаметр (це і зумовлює зниження теплового опору та міцності), нерівномірно розташовуються в розчині.

По-друге Питома вага одного кубічного метра полістиролбетонних блоків завжди дорівнює його щільності (марки), наприклад їм  $^3$  полістиролбетону марки 0450 важить 450 кг. Якщо вага менша, то міцність нижче. Але не спокушайтеся, якщо раптом вага 450 щільності виявиться 480, а то й 500 кг. Це теж не є добре, т.к. ймовірність того, що виробник «підкинув» трохи більше цементу невелика, швидше за все такі недобросовісні виробники регулюють вагу за рахунок застосування піску, що абсолютно неприпустимо при виробництві полістиролбетона марок нижче П500.

Полістиролбетон, вироблений з порушенням ДСТУ, ТУ (Гранули не тримаються в бетоні і на зламі залишаються в одному або іншому уламку) По-третє зверніть увагу на поверхню полістиролбетону на зламі - правильно проведений полістиролбетон має високу адгезію до полістирольні гранули і коли злам проходить через гранулу, вона лопається, Залишаючись частково в одному і іншому уламку полістиролбетону. Шлюб відрізняється тим, що на зламі навіть якщо тріщина потрапляє прямо на полістирольну гранулу, вона залишається цілою, і в одному уламку залишається тільки поглиблення під нею, а в іншому уламку з бетону виступає півсфера гранули. Якщо на Ваше прохання показати сертифікати, ви почуєте, що продукція не підлягає обов'язковій сертифікації - це буде свідчити про те, що Ви звернулися до недобросовісного постачальника. Особливо це стосується випадків, коли Вас відверто намагаються обдурити,

пред'явивши російський ДСТУ на полістиролбетон по ГОСТ, який НЕ ДІЙСНИЙ в Україну. Полістиролбетон, виготовлений відповідно до ГОСТу, ТУ (Гранули мають високу адгезію до бетону і на зламі лопаються, залишаючись в обох осколках) Ну і відповідно по-п'яте це ціновий фактор. Ціна на справжній полістиролбетон не може бути нижче 620-670 грн за 1 м<sup>3</sup> (без урахування вартості робіт) з причини використання в даному виді бетону цементу ПЦ-500-ІІ марки у великій кількості і імпортного полістиролу. Контроль якості підтримується за рахунок випробувань, що теж несе чималі накладні витрати. Нашими фахівцями влаштована шумоізоляція, гідроізоляція та теплоізоляція крівлі, перекриттів, підлог із застосуванням полістиролбетону десятків тисяч квадратних метрів. Заводом "Теплоінтех" пропонується комплексна теплоізоляція крівлі і підлог з використанням даного ефективного енергозберігаючого матеріалу - полістиролбетону, зокрема:

Техніко-економічні показники та порівняння з іншими матеріалами.

До основних гідних характеристик системи «Соттос» можна віднести наступне:

Полістиролбетон відноситься до важкогорючих матеріалів, має групу горючості - Г1

Високих адгезію до других матеріалів.

Добра паропроніцаємість, тобто стіні «діхають».

Морозостійкість Б 100 - 150 циклів Низьку теплопровідність - 0,12 - 0,057 Вт / м ° С Довговічність від 80 років.

Екологічно безпечного.

Висока міцність на стиск від 8.5 до 39 кг / см<sup>2</sup> низьких водопоглинанням від 4 до 6%

Монтаж у будь-який час року.

Економія на утепленні у 3 - 3.5 разів.

Одним із найбільш розповсюдження матеріалом утеплення є мін вата.

На сьомий прикладі, я хочу провести аналіз між системою утеплення

фасадів, з Використання мін вати, RockWool та ситеми утеплення фасадів, з Використання архітектурно-декоративних елементів з полістеролбетону, Sottos. Основним показники теплоізоляційних матеріалів є теплопровідність. Коефіцієнт теплопровідності мін вати RockWool складає  $0,036 \text{ Вт} / \text{м}^2$ . Коефіцієнт теплопровідності системи Sottos складає від  $0,12$  до  $0,057 \text{ Вт} / \text{м}^2$ . Це Досить не погані показатели обох теплоізолюючих матеріалів. Щільність мін вати складає  $65 \text{ кг} / \text{м}^3$ , архітектурно-декоративних елементів з полістіролбетону складає  $650 \text{ кг} / \text{м}^3$ .

Ціна теплоізолюючого матеріалу RockWool складає  $56,45 \text{ грн} / \text{м}^2$  (ця ціна була надана дилерами мін вати RockWool в запорізькій області.

Ціна теплоізолюючого матеріалу системи Sottos складає  $84 \text{ грн} / \text{м}^2$  (ця ціна булу надана ООО Sottos).

Для того щоб змонтувати  $1 \text{ м}^2$  мін вати RockWool з наступним оздобленням з цегли необхідно:

Цегла 50 шт. за ціною 3грн за шт .. та робота каменящика 3грн за одну Цеглину.

Для того щоб змонтувати  $1 \text{ м}^2$  полістеролбетонних елементів системи Sottos з наступний оздоблення з цегли необхідно:

Цокольна або звичайна термопанель 4 шт. за ціною 21 грн. за шт.. монтаж  $1 \text{ м}^2$  складає  $60 \text{ грн} / \text{м}^2$ ., та оздоблення різноманітнім кольори -  $20 \text{ грн} / \text{м}^2$ .

Якщо порахувати загальну вартість монтажу  $1 \text{ м}^2$  теплоізоляційного елементів то будемо мати, що загальна вартість системи утеплення мін вати RockWool складає  $356,45 \text{ грн} / \text{м}^2$ , а загальна ВАРТІСТЬ архітектурно-декоративних елементів з полістіролбетону системи Sottos складає  $193 \text{ грн} / \text{м}^2$ . Це майже у 2 рази дешевше, гарантована довготривалість у 4 рази краще. Дуже низьке водопоглинання, добра паропроніцаємість та економія на опалені. При цьому маємо гарну та привабливу архітектуру будинку.

## ВИСНОВКИ

У роботі були розглянуті основні види та способи утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій, різні види матеріалів для утеплення зовнішніх стін. Було з'ясовано:

1. Архітектурно - декоративні елементи із полістирол бетону системи БойоБ, поряд з відмінними тепло- і звукоізоляційними якостями в порівнянні з іншими ізоляційними матеріалами має цілу низку незаперечних переваг, що робить їх застосування більш кращим у будівельних конструкціях, розрахованих на довгий термін служби.

2. Полістиролбетонні плити не горючі, стійкі до високих температур, не гігроскопічні, не схильна до гниття і дії різних агресивних середовищ. Крім цього вони є екологічно чистим матеріалом і прості в монтажі: плити легко ріжуться за допомогою ножа, більш щільні вироби підлягають розпилюванню шліфмашини.

3. Низька теплопровідність полістирол бетонних плит забезпечується пористою структурою яка з роками становиться краще, тому що гранули полістирола зменшуються в розмірі, а потів взагалі зникають.. Висока паропроникність матеріалу дозволяє стінам «дихати».

4. Загальна вартість монтажу  $1\text{ м}^2$  теплоізоляційного елементу системи утеплення мін вати RockWool та Sottos складає різницю у майже 2 рази дешевше.

5. Гарантована довготривалість у 4 рази більше.

6. Дуже низьке водопоглинання. Добру паропроніцаємість та економію на отопленні. При цьому ще маєте гарну та привабливу архітектуру будинку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування
2. ДБН В.2.6-220:2017 Покриття будівель і споруд
3. ДСТУ 8328:2015 Геліоенергетика. Модулі фотоелектричні. Загальні технічні вимоги
4. ДСТУ 8635:2016 Геліоенергетика. Площадка для фотоелектричних станцій. Приєднання станції до електричної системи
5. ДСТУ 8902:2019 Енергетичне маркування світлопрозорих огорожувальних конструкцій
6. ДСТУ XXXX:20XX1) Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні
7. ДСТУ XXXXX:20XX1) Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будинків
8. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель
9. ДСТУ Б В.2.6-17-2000 (ГОСТ 26602.1-99) Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення опору теплопередачі
10. ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги
11. ДСТУ Б В.2.6-35:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентильованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови
12. ДСТУ Б В.2.6-36:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови

- 13.ДСТУ Б В.2.6-79:2009 Конструкції будинків і споруд. Шви з'єднувальні місць примикань віконних блоків до конструкцій стін. Загальні технічні умови
- 14.ДБН В.2.6-31:2021 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель».
- 15.Монастырев П.В. Нормирование теплозащиты стен зданий // Жилищное строительство. - №7. – с. 9-10
- 17.Соловьева Р.Ф. Определение коэффициента теплопроводимости в зависимости от потенциала влажности – Строительные конструкции, строительная физика. Вып.9, 1978. – М., ЦИНИС Госстроя СССР.
- 18.ДСТУ Б В.2.7-105-2000 (ГОСТ 7076-99) Матеріали і вироби будівельні. Метод визначення теплопровідності і термічного опору при стаціонарному тепловому режимі.
- 19.Осипов Г.Л., Матросов Ю.А. Стратегия устойчивого развития строительного комплекса России. – Реконструкция жилья. Вып. 8, 2007. – К., УкрНИИпроектреконструкция. – С. 265-274.
- 20.Исследования процессов высыхания и теплового потока стен из газобетона AEROC /Вилнист М.Я., Новикс Ю.О., Паплавскис Я.М.// Збірник Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2007. -№24 – С.101-105.
- 21.Афанасьев А.А., Матвеев Е.П., Монастырев П.В. Индустриальные методы облицовки фасадов зданий при их утеплении // Промышленное и гражданское строительство. – 1997. -№6. –с. 49-51
- 22.Афанасьев А.А., Матвеев Е.П., Монастырев П.В. Технология утепления и облицовки фасадов при реконструкции зданий // Экспресс – информация.
- 23.Технология, механизация и автоматизация в строительстве. – 1997. –Вып. 1. –
- 24.с. 7-13
- 25.Булгаков С.Н. технологичность бетонных конструкций и проектных решений. – М.: Стройиздат, 1983. – 303 с.

- 26.Менейлюк А.И. Современные технологии в строительстве. К. «Освіта України» 2010 р. – 550 с.
- 27.Бойко М. Д. Техническая эксплуатация зданий / Бойко М.Д.: Комплект учебных плакатов – Л.: Стройиздат, 1979 – 104 с.
- 28.Бойко М. Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений / Бойко М. Д. – М.: Стройиздат, 1993-208 с.
- 29.Козачун Г.У. Реконструкция районов типовой малоэтажной капитальной застройки / [Козачун Г.У., Козлов Л.Н., Овечкина Л.М. ] ; под ред. Г.У. Козачуна- Киев: Будівельник, 1985-65 с.
- 30.Гурулев О.К. Архитектура жилых и общественных зданий для села.- М.: - Стройиздат, 1988 – 256 с.
- 31.Стерлинг Р. Проектирование заглубленных жилищ/ [Стерлинг Р., Кармоди Дж. и др.] – М.: Стройиздат, 1983. – 193 с.
- 32.Оглоблин В.Ф., Ильницкий К.Н. Подземные этажи / В.Ф. Оглоблин., К.Н. Ильницкий – Донецк: «Донбас», 1978.- 144 с.
- 33.Реконструкция зданий и сооружений / Под ред. А.Л. Шагина: Учебное пособие для строит. спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1991. -352 с.
- 34.Товстенко Т. Д. Реконструкция исторической застройки городов / Т. Д. Товстенко-К.: Будівельник, 1984. – 72 с.
- 35.Бердышев Н.Ю. Поновлювальны та альтернативні джерела енергії [конспект лекцій] / Н.Ю. Бердішв, Ю.Г. Качан – Запоріжжя: ЗДІА, 2005. – 150 с.
- 36.Будинок «нуль» енергії...тому що Земля і Сонце не виставляють рахунків: Збірник статей / Укладач О.Б.Денис.-Вид.4-е, допов. – Львів: ЕКОінформ, 2009. – 336 с..
- 37.Савайовский В.В. Ремонт и реконструкция гражданских зданий / В.В. Савйовский, О.Н. Болотских – Х.: Ватерпас, 1999.- 287 с.