

ХОЛЕВАН ТАРАС МИКОЛАЙОВИЧ

ОЦІНКА ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛІСТЕРОЛБЕТОНУ ПРИ ЙОГО
ВИКОРИСТАННІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

192 Будівництво та цивільна інженерія
магістр

2018

Зміст

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1	7
1.1. Роль утеплення в забезпеченні енергоефективності будівель і споруд	7
1.2. Недоліки утеплення	9
1.2.1. Шляхи втрати тепла з житлових будівель	9
1.2.2 Недостатній ефект від утеплення фасадів	10
1.2.3 Цінова політика компаній, що монтують системи утеплення.	11
1.3. Загальні положення з забезпечення теплоізоляційних і експлуатаційних показників будівельних виробів	12
1.3.1. Проектування теплоізоляційної оболонки будинків за теплотехнічними показниками її елементів.....	16
1.4. Мета і завдання дослідження	23
ВИСНОВКИ.....	24
РОЗДІЛ 2.....	25
2.1 Пінополістирол.....	25
2.2. Пінополістирол екструдований	30
2.3. Базальтова вата	33
2.4. Керамічні мікросфери.....	36
2.5. Полістиролбетон	37
ВИСНОВКИ.....	44
РОЗДІЛ 3.....	45
3.1. Конструкція лабораторного стенда.....	45
3.2. Методика проведення експерименту	47

	3
3.3. Аналіз результатів досліджень	50
3.3.1 Аналіз проведених експериментів.	53
3.4 Розрахунок термічного опору випробовуваних матеріалів	57
3.4.1. Термічний опір теплопередачі полістиролбетону.	58
3.4.2. Термічний опір теплопередачі екструдованого пінополістиролу.	58
3.4.3. Термічний опір теплопередачі пінополіуретану.....	59
3.4.4 Термічний опір теплопередачі гранульованого пінополістиролу	59
3.4.5 Термічний опір теплопередачі рідкої керамічної теплоізоляції	60
ВИСНОВКИ.....	60
РОЗДІЛ 4.....	62
ВИСНОВКИ.....	64
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАННОЇ ЛІТЕРАТУРИ	67

ВСТУП

Актуальність дослідження ґрунтується на тому, що на сьогоднішній день велика кількість будинків, включаючи деякі новобудови та існуючий житловий фонд, не відповідають нормативним показникам опору теплопередачі. Це пояснюється тим, що в 2016 році були оновлені нормативи, які тепер наближені до європейських. Таким чином існуючі будинки потребують модернізації. Одним з варіантів вирішення цієї проблеми є впровадження теплоізолюючої системи з полістиролбетону та повітряного карману. Отже, дослідження, пов'язані з визначенням теплотехнічних параметрів, властивостей та раціональності системи утеплювача.

Мета роботи – визначення впливу теплоізолюючої системи з полістиролбетону та іншими матеріалами на тепловтрати через стіни житлових будинків та обґрунтування раціонального використання для утеплення приватних споруд.

Основна ідея роботи полягає в урахуванні теплотехнічних характеристик стін будівель з використанням теплоізолюючих систем.

Об'єктом дослідження є теплоізолюючі системи з полістиролбетону та інших матеріалів.

Предметом дослідження є теплотехнічні характеристики теплоізолюючих систем.

Для досягнення поставленої мети сформульовані та вирішені наступні **основні задачі дослідження:**

1. - Виконати аналіз існуючих пропозицій теплоізолюючих матеріалів, які представлені на ринку України, з метою визначення їх експлуатаційних параметрів.
2. Виконати аналіз нормативної бази з питання проектування систем утеплення будівель та споруд.

3. Розробити методика, виготовити лабораторний стенд та провести лабораторні дослідження теплоізоляційних властивостей полістиролбетону та інших популярних матеріалів.

4. Здійснити порівняльний аналіз результатів лабораторних досліджень та обґрунтувати раціональні параметри системи утеплення на основі полістиролбетону.

Методи дослідження. В даній роботі мета досягнена шляхом використання комплексного підходу, що включає узагальнення і аналіз інформації, діючої нормативної бази та досвіду з улаштування та експлуатації теплоізолюючих системи. Розроблено конструкцію та виготовлено випробувальний стенд для проведення лабораторного експерименту. Виконано комплекс досліджень ефективності теплоізолюючих матеріалів.

Наукова новизна отриманих результатів:

- отримано закономірності розповсюдження тепла в цегляній стіні при використанні комплексного утеплення з полістиролбетону;
- розроблено методика дослідження ефективності теплоізоляції;
- розроблено конструкцію досліджувального стенду.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей зміни розповсюдження тепла в цегляній стіні при використанні комплексного утеплення з полістиролбетону.

Практичне значення роботи полягає в обґрунтуванні раціональних параметрів конструкції системи утеплення фасаду будівлі основним компонентом якої є полістиролбетон, що забезпечують дотримання мінімальних допустимих показників термічного опору теплопередачі.

Публікації. За результатами попередньо проведеної роботи опублікована стаття на п'ятій всеукраїнській науково технічній конференції «Молодь: наука та інновації», що проходила 28-29 листопада 2017 року в Національному гірничому університеті.

Структура та об'єм роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку використаної літератури з 35 найменувань на 4 сторінках

Данна робота викладена на 69 сторінках машинописного тексту, включає 11 рисунків та 12 таблиць. Загальний обсяг роботи складає 69 сторінок.

РОЗДІЛ 1

Актуальність досліджень та огляд літератури за темою дослідження.

Мета і завдання дослідження.

Масова хвиля заходів щодо кардинального поліпшення технологій утеплення будівель почала свій рух по всьому світу з Європи десь в 50-х роках ХХ-го століття. А в деяких країнах, наприклад, у Великобританії і Норвегії, вже в 70-х роках вона досягла обсягів державної програми. Це викликало не тільки бажання жити в затишній теплій хаті, не було це і простий даниною моді на екологічність. Гостра необхідність в скороченні фінансових втрат на опаленні будинку електроенергією або газом - ось головна причина.

1.1. Роль утеплення в забезпеченні енергоефективності будівель і споруд

З кожним днем все більше і більше людей задається питанням як же правильно і раціонально вирішити проблему енергозбереження і економії палива. Протягом останньої декади придумали багато ідей, які можуть дозволити створити затишний мікроклімат в приміщенні, і в той же час знизити витрати на опалення та охолодження.

Якщо взяти, наприклад, старі радянські будівлі то там втрата тепла становить 40%. Відповідно необхідно витратити гроші на утеплення будинку. Якщо взяти середній показник, який витрачається на опалення, то це буде близько 60% від всієї енергії. Тепло йде з дому через зовнішні стіни, підлогу, дах, вікна та двері.

15-20 м³ газу на 1 метр квадратний площі потрібно для опалення будинку, який побудований без утеплення. А ті будинки, які були утеплені при будівництві витрачають лише 6-12 м³ на 1 квадратний метр. Внаслідок цього люди часто утеплюють свої будинки додатково, і завдяки цьому знижую витрата на опалення на 50% і більше.

Якщо ми звернемося за допомогою до сучасних методів утеплення, то знайдемо велику кількість переваг:

1. Забезпечують нормальну температуру в приміщенні протягом року.
2. Стіни захищені від надмірної вологості і конденсації. І завдяки цьому на стінах не з'явиться грибок і пліснява.
3. Поліпшуються акустичні властивості будівлі.
4. Значно знижується рівень шуму в приміщенні. Поглинається до 95% звукових коливань.
5. Поліпшується гігієнічний стан приміщення.
6. Знижується енергоспоживання.
7. Знижується викид шкідливих речовин в атмосферу.
8. Підвищується термін служби будинків
9. Зменшується вартість будівництва.

Слід зазначити, що повністю виключити тепловтрати неможливо, але їх можна звести до мінімуму. Хороші і якісні роботи з утеплення будинку зможуть допомогти оселі зберігати прийнятну температуру і допоможуть скоротити витрати на опалення.

Найголовніше завдання робіт з утеплення будинку це створити комфортну температуру і мінімізувати втрати тепла.

Взимку тепле повітря потрібно зберегти всередині, а влітку навпаки потрібно, щоб тепле повітря не проникало всередину.

Якщо роботи з утеплення будинку будуть виконані якісно, то вони допоможуть вам вирішити питання мінімізації втрат тепла будинку. Це дуже важливо для тих, хто проживає в приватному будинку, так як утеплювати треба кожен куточок в будинку.

Але на жаль багато людей не мають необхідних знань про теплоізоляційних матеріалах, і в наслідок цього, будівельники можуть використовувати не найкращі матеріали для теплоізоляції [1].

1.2. Недоліки утеплення

Незважаючи на все збільшується кількість квартир з утепленими фасадами, самі виробники цих робіт визнають, що теплоізоляція не завжди справляється зі своїм завданням, а іноді навіть створює додаткові проблеми. Сирість, грибок, шкідливі випари, руйнування стін і збільшення тепловтрат - мінімальний набір недоліків, до яких може привести «утеплення» квартир.

1.2.1. Шляхи втрати тепла з житлових будівель

Різнобарвні фасади багатоквартирних будинків в останні роки стали звичним елементом міського пейзажу. Ті, хто заробляє на зовнішньому утепленні, запевняють, що воно дозволяє на третину скоротити споживання електроенергії в зимовий період і спокійно переносити холод.

Теплоізоляція не виключає втрат тепла - як через щілини на стиках перекриттів, так і через стіни, вікна та металеві конструкції. Різниця температур між повітрям всередині приміщення і зовні створює тиск повітря на конструкції будинку. Чим більше різниця, тим більше тиск, і якщо в конструкції є щілини, в холодний зимовий день можна навіть почути свист теплого повітря, що витікає назовні. Експерти пояснюють, що найбільш ненадійні в плані тепловтрат стики стін з перекриттями або покрівлею, укуси вікон, місця під підвіконнями, виходи на балкон або тераси.

У той же час, для кожного типу багатоквартирного будинку є свій характерний шлях тепловтрат. Так, в цегляному тепло може йти через щілини у вікнах і дверях, тріщини в стінах і «теплові мости» перекриттів. Для панельних будинків характерні втрати через самі стінові панелі, хоча тут часто зустрічаються і щілини в перекриттях. Індивідуальне зовнішнє утеплення дозволяє закрити щілини між перекриттями і панелями, а також знизити втрати тепла через недостатню товщини самої стіни. Однак закрити щілини у вікнах воно не зможе. Крім того, часто господарі квартири так «точно» розраховують площа зовнішнього утеплення (щоб сусідів задарма не дісталось), що воно не

перекриває стики стіни з міжповерховими перекриттями. В результаті, не дивлячись на утеплену стіну, тепло з квартири виходить через підлогу і стелю.

Уникнути подібних проблем можна, якщо утеплювати стіни відразу декількох квартир, всього під'їзду чи будинку. Це дозволить, зокрема, ізолювати «містки холоду» і перекрити місця масового витоку тепла, а також дасть істотну знижку при розрахунку вартості робіт.

Знижує ефект від теплоізоляції порушення технології. Так, листові утеплювачі, наприклад, пінопласт і стиролу (екструдований пінополістирол) необхідно наклеювати на стіну, а потім шарами один на одного, після чого зміцнити з'єднання 1-2 металевими дюбелями (кожен дюбель - це «місток холоду», тому їх число потрібно мінімізувати). До того ж, якщо строго дотримуватися технологію, треба очистити від пилу і прогрунтувати стіну будинку, на шар утеплювача наклеїти склосітку, і тільки потім нанести штукатурку. Однак в більшості випадків «бригади промислових альпіністів» просто кріплять листи пінопласту стик на 5-6 металевих дюбелів, а це завдає серйозної шкоди стіні. У панельних будинках сама стінова панель є несучою конструкцією, і при неправильному утепленні вона пошкоджується безліччю отворів. Чим більше таких «утеплених» квартир в будинку тим більше небезпека руйнування несучої конструкції.

1.2.2 Недостатній ефект від утеплення фасадів

Небезпеку становлять і самі утеплювальні матеріали, особливо популярний пінопласт, який при температурі вище 30 ° C випаровує цілий букет отруйних речовин аж до фосгену [1]. Крім того, пінопласт дуже крихкий, не витримує температурних перепадів і вітрових навантажень. В результаті шматок утеплення може відколотися, чому не тільки порушить цілісність гідроізоляції, але і створить небезпеку перехожим.

Пінополістирол гідрофобен практично на 100%, і це з одного боку перешкоджає проникненню вологи в приміщення, а з іншого - не випускає її назовні. В результаті на стінах з'являються грибок і пліснява. «Ці ж освіти

можуть з'явитися при неякісному пристрої верхнього козирка над утепленою стіною, коли вода накопичується між плитою утеплювача і стіною. У таких випадках коефіцієнт теплопровідності самого пінополістиролу з часом грає все меншу і меншу роль», - говорить експерт [2].

Ватні утеплювачі бояться намокання, яке може виникнути в результаті недотримання технології (відсутність гідробар'єру, його негерметичність). Тепловий опір мокрого ватного матеріалу на порядок нижче, ніж сухого, тому замість утеплення виходить зворотний ефект. Крім того, мокра вата руйнує огорожувальні конструкції. «На одному з об'єктів ми зіткнулися з тим, що мокра вата доставляла воду в щілини будинку. У мороз вода замерзала, розширювалася і руйнувала стіни », - розповідає фахівець. Втім, за його словами, така ситуація більш характерна для приватних будинків, адже в багатоквартирних будинках ватний утеплювач використовують рідко.

1.2.3 Цінова політика компаній, що монтують системи утеплення.

Сьогодні більшість компаній, які здатні якісно утеплити фасад багатоповерхового будинку, вважають за краще виконувати роботи площею понад 25 кв. м. При такі обсягах вартість робіт становить від 180 грн за кв. м.

У той же час площа фасаду однієї кімнати в типових панельних будинках складає лише близько 9 кв. м, і в цьому випадку утеплення обійдеться приблизно в 250 грн. за кв. м. До того ж, беруться за малі площі утеплюють компанії неохоче.

Втім, вже найближчим часом розцінки на зовнішнє утеплення багатоквартирних будинків можуть помінятися. Нещодавно в Україні вступили в силу нормативи [3], згідно з якими термін служби теплоізоляційного матеріалу повинен складати не менше 25 років. В Україні введено поняття терміну експлуатації матеріалу, але далеко не всі виробники мають такі гарантії. Скоро без підтвердження терміну експлуатації не менше 25 років ніхто не зможе продавати теплоізоляцію

На сьогоднішній день, середній термін експлуатації найбільш популярних пінополістирольних або пінопластових утеплювачів становить 3-7 років, ватних - 5-7 років. Найдовговічнішими називають пінні утеплювачі - по завіреннях будівельників, деякі виробники пропонують на нього довічну гарантію. Але оскільки утеплювати фасади квартир у нас почали лише кілька років тому, випробування часом в українських реаліях поки не пройшов жоден матеріал [2].

1.3. Загальні положення з забезпечення теплоізоляційних і експлуатаційних показників будівельних виробів

При проектуванні теплоізоляційної оболонки будинку на основі багат шарових конструкцій треба розташовувати з внутрішньої сторони конструкцій шари з матеріалів, що мають більш високу теплопровідність, теплоємність та опір паропроникненню.

При проектуванні нових будинків та реконструкції існуючих, шари із теплоізоляційних матеріалів слід розташовувати з зовнішньої сторони несучої частини стіни, використовуючи при цьому конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією згідно з ДБН В.2.6-33 [4] та ДСТУ Б В.2.6-34 [5]. Не рекомендується застосовувати конструктивні рішення з шарами із теплоізоляційних матеріалів з внутрішньої сторони конструкції через можливе надмірне накопичення вологи в теплоізоляційному шарі, що призводить до незадовільного тепловологісного стану конструкції й приміщення в цілому, а також до зниження теплової надійності оболонки будинку.

При проектуванні теплоізоляційної оболонки будинку з використанням термічно неоднорідних огорожувальних конструкцій для зменшення термічної неоднорідності в площині фасаду будинку необхідно забезпечувати щільне прилягання теплоізоляційних матеріалів до теплопровідних включень колон, балок, перемичок, внутрішніх перегородок, вентиляційних каналів тощо, і передбачати заходи відповідного контролю. Ненаскрізні теплопровідні включення слід розташовувати ближче до теплої сторони огорож. Наскрізні,

головним чином, металеві включення (профілі, стрижні, болти) мають бути ізольовані матеріалами з теплопровідністю не більше $0,35 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

Під час проектування будинків треба передбачати захист внутрішніх поверхонь стін від впливу вологи, зовнішніх - від атмосферних опадів з використанням опоряджувально-захисних шарів покриття (облицювання, штукатурки, фарбування), які вибираються залежно від матеріалу стін, їх конструктивного рішення та умов експлуатації. Огороджувальні конструкції контактують з ґрунтом, необхідно захищати від ґрунтової вологи шляхом розміщення в стінах (зовнішніх і внутрішніх) вище вимощення будинку, а також нижче рівня підлоги цокольного чи підвального поверхів горизонтальної гідроізоляції, а в підземній частині стін - вертикальної гідроізоляції. Зовнішні стінові конструкції, що контактують з ґрунтом, у будинках без підвалу необхідно утеплювати на глибину $0,5 \text{ м}$ нижче поверхні ґрунту, у будинках з підвалом - на глибину $1,0 \text{ м}$ нижче поверхні ґрунту.

Принципи проектування стін з повітряними прошарками.

1. Замкнуті повітряні прошарки влаштовують для підвищення теплоізоляційних показників огороджувальних конструкцій. Розмір замкнутого повітряного прошарку за висотою повинен бути не більше висоти поверху й не більше 6 м , розмір за товщиною - не менше ніж 20 мм і не більше ніж 100 мм .

2. Замкнуті повітряні прошарки рекомендується розташовувати ближче до холодного боку огорожі. Повітряний прошарок у цегляному муруванні при товщині зовнішнього шару мурування в одну цеглину й менше не є замкнутим. Улаштування замкнутих повітряних прошарків у огороджувальних конструкціях приміщень з вологим чи мокрим режимом експлуатації не допускається.

3. У разі встановлення відбивної ізоляції в конструкціях мають бути влаштовані один або два замкнуті повітряні прошарки по товщині стіни. Ізоляція встановлюється відбивним шаром у бік джерела теплової енергії.

4. Вентильовані повітряні прошарки створюють для видалення вологи з товщі конструкцій та запобігання вологонакопиченню у товщі конструкцій, а також для підвищення теплостійкості конструкцій.

5. Вентильовані повітряні прошарки мають бути завтовшки не менше ніж 40 мм і не більше ніж 150 мм. Оптимальна товщина вентильованого повітряного прошарку у стінах складає від 60 мм до 100 мм.

6. Вентильовані повітряні прошарки мають бути розташовані між зовнішнім захисно-опоряджувальним шаром та теплоізоляцією. Шари конструкції, що розташовані між повітряним прошарком та зовнішньою поверхнею конструкції огорожі, при розрахунку теплопередачі не враховуються.

7. Поверхню теплоізоляції, що повернена у бік вентильованого прошарку, потрібно захищати повітрогідрозахисним шаром.

8. Зовнішній захисно-декоративний шар стіни з вентильованим прошарком повинен мати вентиляційні отвори, площа яких визначається розрахунками за умови забезпечення руху повітря в обсягу, необхідному для видалення вологи з товщі конструкції.

9. Нижні (верхні) вентиляційні отвори мають сполучатись із цоколями (карнизами), при цьому для нижніх отворів доцільне сполучення функцій вентиляції та відведення води.

У вентильованих покриттях висота повітряного прошарку повинна бути від 40 мм до 60 мм. Довжина прошарку повинна бути не більше 24 м. Теплова тяга забезпечується при нахилі покрівлі не менше 6 %. На протилежних боках покрівлі мають бути влаштовані отвори для повітря з площею робочого перерізу не менше ніж $1/500$ площі поверхні покрівлі. Зв'язок між внутрішнім повітрям приміщень та повітрям прошарку має бути виключеним.

Проектування сонцезахисту необхідно здійснювати згідно з вимогами ДБН В.2.5-28 [6]. У всіх температурних зонах слід передбачати розміщення опалювальних приладів, як правило, під віконними прорізами стін з установленням тепловідбивної теплоізоляції між приладами й зовнішньою стіною.

Проміжки у місцях прилягання коробок вікон і балконних дверей до конструкцій зовнішніх стін мають бути заповнені синтетичними матеріалами, що спінюються. Усі стулки вікон і балконних дверей повинні бути укомплектовані ущільнювальними прокладками (не менше двох), виконаними з морозостійких матеріалів, термін ефективної експлуатації яких складає не менше 15 років. Глухі частини балконних дверей треба утеплювати теплоізоляційними матеріалами.

Віконні коробки в дерев'яних рамах чи рамах з ПВХ профілів незалежно від кількості шарів скла треба розташовувати у віконному прорізі на глибину обрамовуючої "чверті" (не менше ніж 50 мм) від лицьової поверхні фасаду. Віконні блоки треба закріплювати в більш міцному (зовнішньому чи внутрішньому) шарі стіни. У разі застосування мансардних вікон треба передбачати надійну в експлуатації гідроізоляцію прилягання покрівлі до віконного блока. Для запобігання зниженню температури внутрішньої поверхні конструктивних елементів вікон з ПВХ профілів, алюмінієвих профілів, а також дерев'яних брусків завтовшки менше ніж 100 мм на поверхні укосів з боку приміщення слід передбачати встановлення теплоізолюючих елементів з використанням утеплювачів або відбивної ізоляції.

Емісія шкідливих хімічних речовин в атмосферне повітря від теплоізоляційних матеріалів, які використовуються в конструкціях теплоізоляційної оболонки житлових та громадських будинків, не повинна перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК) і відповідати вимогам СанПіН 6027А, ДСП 201 [7].

Теплоізоляційні матеріали, що використовуються в конструкціях теплоізоляційної оболонки будинків, повинні відповідати вимогам ДГН 6.6.1.-6.5.001 [8], ДБН В.1.4-0.01 [9], ДБН В.1.4-0.02 [10], ДБН В.1.4-1.01 [11], ДБН В.1.4-2.01 [12], та супроводжуватися висновками державної санітарно-епідеміологічної експертизи МОЗ України.

Конструкції теплоізоляційної оболонки будинків повинні відповідати вимогам пожежної безпеки згідно з ДБН В.1.1-7, конструкції фасадної теплоізоляції – вимогам ДБН В.1.1-7 [13] та ДБН В.2.6-33 [4].

Розрахункові теплофізичні характеристики будівельних матеріалів при проектуванні приймають відповідно до положень цих норм та ДСТУ Б В.2.7-182.

Проектування теплоізоляційної оболонки будинків треба здійснювати із застосуванням теплоізоляційних матеріалів, термін ефективної експлуатації яких складає не менше ніж 25 років; для змінних ущільнювачів – з терміном ефективної експлуатації не менше ніж 15 років, із забезпеченням ремонтпридатності елементів теплоізоляційної оболонки. В конструкціях зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією повинні застосовуватися теплоізоляційні матеріали з терміном ефективної експлуатації не менше розрахункового терміну експлуатації комплексу конструкцій згідно з ДСТУ Б В.2.6-35, ДСТУ Б В.2.6-36. В проектній документації слід передбачати перевірку теплоізоляційних властивостей огороджувальних конструкцій після терміну експлуатації, що дорівнює ефективному (розрахунковому) терміну служби, з подальшою розробкою конструктивних заходів із забезпеченням необхідних теплоізоляційних властивостей оболонки будинку, а також наводити дані про ефективний термін експлуатації теплоізоляційних матеріалів, що застосовуються.

При проектуванні житлових та громадських будинків результати оцінки теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій та енергетичних показників будинку на відповідність вимогам цих Норм повинні наводитися у розділі проекту «Енергоефективність» згідно з ДСТУ Б А.2.2-8.

1.3.1. Проектування теплоізоляційної оболонки будинків за теплотехнічними показниками її елементів

Для зовнішніх огороджувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх конструкцій, що розділяють приміщення, температура повітря в яких відрізняється на 3 °С та більше, обов'язкове виконання умов:

$$R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q \text{ min}} , \quad (1.1)$$

$$\Delta t_{\text{пр}} \leq \Delta t_{\text{сг}} , \quad (1.2)$$

$$\tau_{\text{в min}} > t_{\text{min}} , \quad (1.3)$$

- де $R_{\Sigma \text{пр}}$ - приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції (для термічно однорідних огорожувальних конструкцій визначається опір теплопередачі), приведений опір теплопередачі світло-прозорої огорожувальної конструкції, м² · К/Вт;
- $R_{q \text{ min}}$ - мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, мінімальне значення опору теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції, м² · К/Вт;
- $\Delta t_{\text{пр}}$ - температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °С;
- $\Delta t_{\text{сг}}$ - допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °С;
- $\tau_{\text{в min}}$ - мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, °С;
- t_{min} - мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, °С.

Мінімально допустиме значення $R_{q \text{ min}}$ опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій і дверей житлових і громадських будинків встановлюється згідно з таблицею 1.1

залежно від температурної зони експлуатації будинку, що приймається згідно з рис. 1.1.

У разі реконструкції будинків, що виконується з метою їх термомодернізації, допускається для непрозорих огорожувальних конструкцій приймати значення $R_{q \min}$ згідно з таблицею 1 з коефіцієнтом 0,8.



Рисунок 1.1.- Карта-схема температурних зон України [3].

Таблиця 1.1 - Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків ($R_{q \min}$) [3]

№ поз.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	5,35	4,9
3	Горищні покриття та перекриття неопалювальних горищ	4,95	4,5
4	Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
6	Вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки та в громадські будинки	0,5	0,45
7	Вхідні двері в малоповерхові будинки та в квартири, що розташовані на перших поверхах багатоповерхових будинків	0,65	0,6

Таблиця 1.2 - Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій промислових будинків ($R_{q \min}$) [3]

Вид огорожувальної конструкції та тепловологісний режим експлуатації будинків	Значення $R_{q \min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, для температурної зони	
	I	II
Зовнішні непрозорі стіни будинків: - з сухим і нормальним режимом з конструкціями з: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$ - з вологим і мокрим режимом з конструкціями з: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$ - з надлишками тепла (більше ніж $23 \text{ Вт}/\text{м}^3$)	1,7 2,2 1,8 2,4 0,55	1,5 2,0 1,6 2,2 0,45
Покриття та перекриття неопалювальних горищ будинків: - з сухим і нормальним режимом з конструкціями з: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$ - з вологим і мокрим режимом з конструкціями з: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$ - з надлишками тепла (більше ніж $23 \text{ Вт}/\text{м}^3$)	1,7 2,2 1,7 1,9 0,55	1,6 2,1 1,6 1,8 0,45
Перекриття над проїздами й неопалювальними підвалами з конструкціями з: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$	1,9 2,4	1,8 2,2
Двері й ворота будинків: - з сухим і нормальним режимом - з вологим і мокрим режимом - з надлишками тепла (більше ніж $23 \text{ Вт}/\text{м}^3$)	0,6 0,75 0,2	0,55 0,70 0,2
Вікна й зенітні ліхтарі будинків: - із сухим і нормальним режимом - з вологим і мокрим режимом - з надлишками тепла (більше ніж $23 \text{ Вт}/\text{м}^3$)	0,45 0,5 0,18	0,42 0,45 0,18

Мінімально допустиме значення $R_{q \min}$ опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт промислових (сіль- ськогосподарських) будинків встановлюється згідно з таблицею 2.2 залежно від температурної зони експлуатації будинку, що приймається за рисунком 1.1, тепловологісного режиму внутрішнього

середовища, що визначають за додатком Г [с.21 дБн в.2.6-31:2006], і теплової інерції огорожувальних конструкцій D , що розраховується за формулою

$$D = \sum_{i=1}^n R_i S_{ip} , \quad (1.4)$$

де R_i - термічний опір i -го шару конструкції, що розраховується за формулою

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_w} , \quad (1.5)$$

де δ_i - товщина i -го шару конструкції, м;

λ_w - теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м · К), що приймають згідно з 2.11;

S_{ip} - коефіцієнт теплосвоєння матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м² · К), що приймають згідно з 2.11;

n - кількість шарів у конструкції за напрямком теплового потоку.

Примітка. Формула (1.4) наведена для багатошарової конструкції, що складається з однорідних шарів. Якщо шари складаються з різних матеріалів, то для конструкції чи її частини, що розраховується, треба враховувати середні термічні опори в межах товщини δ_i (за формулою $R_i = \delta_i / \lambda_{серр}$, де $\lambda_{серр}$ - середнє за площею значення теплопровідності в розрахункових умовах) і середні коефіцієнти теплосвоєння (за формулою Р.7) [3].

Мінімально допустиме значення $R_{q \min}$ опору теплопередачі внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розмежовують приміщення з розрахунковими температурами повітря, які відрізняються більше ніж на 3 °С (стіни, перекриття), і приміщень з поквартирним регулюванням тепло-споживання визначають за формулою

$$R_{q \min} = \frac{t_{e1} - t_{e2}}{\Delta t_{ce} \alpha_{e1}} , \quad (1.6)$$

де t_{v1} , t_{v2} - розрахункова температура повітря в приміщеннях, °С, що приймається згідно з таблицею Г.2 або розраховується згідно з додатком Д; $\Delta t_{сг}$ - те саме, що в формулі (1.2); α_{v1} - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкцій, Вт/(м²·К), що приймається згідно з додатком Е. 2.6 Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції $\Delta t_{сг}$, °С, встановлюється залежно від призначення будинку і виду огорожувальної конструкції згідно з таблицею 3.1.

Таблиця 1.3 - Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції $\Delta t_{сг}$, °С[3]

Призначення будинку	Вид огорожувальної конструкції		
	Стіни (зовнішні, внутрішні)	Покриття та перекриття го-рищ	Перекриття над проїздами та підвалами
Житлові будинки, дитячі установи, школи, інтернати	4,0	3,0	2,0
Громадські будинки, крім зазначених вище, адміністративні та побутові, за винятком приміщень з вологим або мокрим режимом експлуатації	5,0	4,0	2,5
Виробничі будинки з сухим та нормальним режимом експлуатації	7,0	5,0	
Виробничі будинки з вологим та мокрим режимом експлуатації	$t_e - t_p$	$0,8 (t_e - t_p)$	
Виробничі будинки з надлишками тепла (більше 23 Вт/м ³)	12	12	

Мінімально допустима температура внутрішньої поверхні t_{min} непрозорих огорожувальних конструкцій у зонах теплопровідних включень, у кутах і укосах віконних і дверних прорізів при розрахунковому значенні температури зовнішнього повітря, прийнятому залежно від температурної зони експлуатації будинку згідно з додатком Ж, повинна бути не менше ніж температура точки роси t_p за розрахунковими значеннями температури й відносної вологості внутрішнього повітря, які приймаються залежно від призначення будинку згідно з таблицею Г. 2 [3].

Мінімальна температура на внутрішній поверхні, t_{min} , світлопрозорих огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків при розрахунковому значенні температури зовнішнього повітря, прийнятого згідно з додатком Ж, повинна бути для коробок та штапиків, а також світлопрозорих зон, включаючи зони дистанційних рамок, не менше ніж $6\text{ }^{\circ}\text{C}$, для виробничих будинків – не менше ніж $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, а для непрозорих зон та елементів, включаючи стулки, імпости, стійки, ригелі тощо – не менше ніж температура точки роси, t_p , за розрахунковими значеннями температури й відносної вологості внутрішнього повітря, прийнятого залежно від призначення будинку відповідно до додатку Г [3].

Виконання умов за формулами (1.1) - (1.3) для огорожувальної конструкції, що проектується чи обстежується, перевіряється за результатами визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій за ДСТУ Б В.2.6-17 (ГОСТ 26602.1), ДСТУ Б В.2.6-101 акредитованими лабораторіями або за результатами розрахунків теплотехнічних показників конструкцій методами математичного моделювання теплових процесів та згідно з 2.10-2.14.

Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma\text{пр}}$, $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$ [3], непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції (для термічно однорідних огорожувальних конструкцій - опір теплопередачі, $R_{\Sigma\text{пр}}$, $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$) при перевірці виконання умови за формулою (1) розраховується згідно з додатком И [3].

Розрахункові умови експлуатації при розрахунках опору теплопередачі огорожувальних конструкцій приймаються залежно від розрахункового вологісного режиму експлуатації приміщення та конструктивного рішення огорожувальної конструкції згідно з додатком К. Розрахункові значення теплофізичних характеристик матеріалів приймаються згідно з таблицею Л.1 додатка Л [3] або встановлюються згідно з Л.2 [3].

Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma пр}$, м² · К/Вт [3], світлопрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (1.1) розраховується згідно з додатком М [3].

Температурний перепад $\Delta t_{пр}$ при перевірці виконання умови за формулою (1.2) для огорожувальних конструкцій розраховується в залежності від їх коефіцієнта скління згідно з додатком М [3].

Температура внутрішньої поверхні термічно неоднорідної огорожувальної конструкції у зонах теплопровідних включень, у кутах, укосах віконних і дверних прорізів, температура внутрішньої поверхні τ в тін світлопрозорих огорожувальних конструкцій у зонах стулки, коробки, імпортів, дистанційних рамок при перевірці виконання умови за формулою (1.3) визначається на підставі розрахунків двомірних або тримірних температурних полів [3].

1.4. Мета і завдання дослідження

Виходячи з аналізу попередньо викладеного матеріалу на українському ринку будівельних матеріалів є широкий спектр утеплювачів, які дозволяють з різним ступенем ефективності вирішувати питання енергоефективності будівель. Про те різні системи утеплення мають, як переваги так і недоліки. тому постає питання пошуку найбільш раціонального утеплювача для побутового користувача. Тому митою роботи є обґрунтування за комплексом показників раціональних параметрів систем утеплення на основі полістиролбетону.

Ідея роботи полягає у використанні порівняльного аналізу результатів лабораторних досліджень для вибору найбільш раціонального утеплювача.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішення наступних основних задач дослідження:

5. Виконати аналіз існуючих пропозицій теплоізолюючих матеріалів, які представлені на ринку України, з метою визначення їх експлуатаційних параметрів.

6. Виконати аналіз нормативної бази з питання проектування систем утеплення будівель та споруд
7. Розробити методика, виготовити лабораторний стенд та провести лабораторні дослідження теплоізоляційних властивостей полістиролбетону та інших популярних матеріалів
8. Здійснити порівняльний аналіз результатів лабораторних досліджень та обґрунтувати раціональні параметри системи утеплення на основі полістиролбетону.

ВИСНОВКИ

1. Доведено важливість теплоізолюючих матеріалів для поліпшення якості житла;
2. Розглянуто переваги та важливі недоліки різних теплоізоляційних матеріалів;
3. Позначені загальні положення з забезпечення теплоізоляційних і експлуатаційних показників будівельних виробів;
4. Сформульована мета по завданню дослідження.

РОЗДІЛ 2

Аналіз термоізолюючих матеріалів, пропонованих на ринку України

Сьогодні на ринку будівельних матеріалів представлений величезний асортимент теплоізоляції. Однак всі ці товари потрібно вміти правильно застосувати. Ознайомившись з основними видами теплоізоляційних матеріалів і їх властивостями, можна вибрати саме той, який буде відповідати всім необхідним вимогам. Тому перш ніж приступати до процесу утеплення, слід ознайомитися з рекомендаціями щодо вибору утеплювача, а також дізнатися, як виконати ці роботи правильно [14].

2.1 Пінополістирол

Пінополістирол являє собою газонаповнений матеріал, що отримується з полістиролу і його похідних, а також з стиролу. Звичайна технологія отримання пінополістиролу пов'язана з початковим заповненням гранул стиролу газом, який розчиняють в полімерній масі. Надалі проводиться нагрів маси парою. В процесі цього відбувається багаторазове збільшення вихідних гранул в обсязі, поки вони не займають всю блок-форму і не спікається між собою. У традиційному пінополістиролі використовуються добре розчинний в Стиролі природний газ для заповнення гранул, в пожежостійких варіантах пінополістиролу гранули наповнені вуглекислим газом [15]. Також існує технологія отримання вакуумного пінополістиролу, в якому відсутній будь-який з газів.

Склад пінополістиролу. Для отримання пінополістиролу найчастіше застосовується полістирол. Іншим сировиною служать полімонохлорстирол, полідихлорстирол, а також сополімери стиролу з іншими мономерами: акрилонитрилом і бутадієном. Як вспенюючого агентів служать легкокипящие вуглеводні (пентан, ізопентан, петролейний ефір, дихлорметан) або газоутворювач (діамінобензол, нітрат амонію, азобісізобутіронітріл). Крім того,

до складу пінополістирольних плит входять антипірени (клас горючості Г1), барвники, пластифікатори і різні наповнювачі [16].

Способи виготовлення. Значна частка одержуваного пінополістиролу проводиться вспениванием матеріалу парами низькокипящих рідин. Для цього використовується процес суспензійний полімеризації в присутності рідини, яка здатна розчинятися в вихідному Стиролі і нерозчинні в полістиролі, наприклад, пентана, изопентана і їх суміші. При цьому утворюються гранули, в яких легкокипящая рідина рівномірно розподілена в полістиролі. Далі ці гранули піддають нагріванню паром, водою або повітрям, в результаті чого вони значно збільшуються в розмірах - в 10-30 разів. Утворені об'ємні гранули спекают з одночасним формуванням виробів [17].

Властивості пінополістиролу. Пінополістирол, який був отриманий методом спінування легкозакипаючої рідини, являє собою матеріал, що складається з тонко-пористих гранул, що спеклися між собою. У середині гранул пінополістиролу є мікропори, між гранулами - порожнечі. Механічні властивості матеріалу визначаються його щільністю, що здається: чим вона вища, тим більше міцність і нижче водопоглинання, гігроскопічність, паро- і повітропроникність.

Водопоглинання. Пінополістирол здатний поглинати воду при безпосередньому контакті [18]. Проникнення води безпосередньо в пластмасу становить менш 0,25 мм за рік [19], тому водопоглинання пінополістиролу залежить від його структурних особливостей, щільності, технології виготовлення і тривалості періоду водонасичення.

Паропроникність. Пінополістирол є нізкопаропроницаемым матеріалом [20]. Особливістю паропроникності пінополістиролу є те, що вона не залежить від його ступеня спінування і щільності пінополістиролу завжди дорівнює 0,05 мг / (м * год * Па), що не еквівалентне паропроникності дерев'яного зрубу з сосни, ялини або дуба або мінеральної вати (0,55 мг / (м * год * Па)).

Хімічна активність пінополістирол. Пінополістирол ніяк не реагує на такі речовини, як сода, мило і мінеральні добрива. Він не взаємодіє з бітумом, цементом і гіпсом, вапном і асфальтовими емульсіями, ґрунтовими водами. А ось скипидар з ацетоном, деякі марки лаків, а також оліфа здатні не тільки пошкодити, але і повністю розчинити цей матеріал. Розчиняється пінополістирол і в більшості продуктів, одержуваних шляхом перегонки нафти, а також в деяких спиртах.

Не любить пінополістирол прямих сонячних променів. Вони його руйнують - при постійному ультрафіолетовому опроміненні матеріал стає спочатку менш пружним, втрачаючи міцність. Після цього справа руйнування довершують сніг, дощ і вітер.

Звукопоглинальні властивості. Якщо треба врятуватися від зайвого шуму, пінополістирол стовідсотково не допоможе. Ударний шум він трохи приглушити в стані, але лише за умови, що буде прокладений досить товстим шаром. А ось повітряні шуми, хвилі яких поширюються по повітрю, пінополістиролу не по зубах. Такі особливості конструкції і властивості пінополістиролу - жорстко розташовані осередки з повітрям всередині виявляються повністю ізольованими. Так що для звукових хвиль, що летять по повітрю, треба ставити перепони з інших матеріалів.

Біологічна стійкість. Цвіль на пінополістиролі жити не здатна. Це підтверджено американськими вченими, які в 2004 році провели ряд лабораторних досліджень. Дані роботи були замовлені фірмами-виробниками пінополістиролу з США. Результат їх повністю задовольнив.

Екологічна безпечність. На жаль, на повітрі пінополістирол окислюється. Причому спінений пінополістирол, що має більш рихлу структуру, більш схильний до цього процесу. Екструдований матеріал окислюється повільніше, але і його чекає така ж доля. Тільки що укладений пінополістирол ще і стирол виділяє, так як повна полімеризація матеріалу неможлива на стадії виробництва. А поки полімеризація не буде завершено процес, виділення стиролу не припиниться.

Виробники намагаються оскаржити інформацію про шкідливість пінополістиролу. Вони кажуть, що їх продукція менш шкідлива, ніж дерево. Мається на увазі виділення деревом шкідливих речовин при горінні. Дійсно, при горінні пінополістиролу утворюється двоокис вуглецю, окис вуглецю і сажа. Але якщо пінополістирол нагріти до температури, що перевищує 80 градусів, то відбувається виділення парів шкідливих речовин. У них містяться пари: стиролу, толуолу, етилбензолу, бензолу і оксиду вуглецю.

Горючість. Насправді будь-який пінополістирол горить. Лукавлять виробники, заявляючи, що він згасає самостійно, будучи менш небезпечним, ніж дерево - на жаль, це не так. Подібна заява явно суперечить нормам, за яким пінопласти по горючості зараховані до груп Г3 і Г4 - найнебезпечнішим.

Одним із способів перекрутити факти є ефектне підвішування пенополистирольной плити в повітрі, а потім її підпалювання. Для цього на плиту впливають знизу запаленим пальником. Результат говорить сам за себе - вигоряє лише той шматочок, який знаходився в контакті з пальником, а далі вогонь не йде. Але ж цей досвід ніяк не відповідає реальним умовам експлуатації, і може служити лише в якості фокусу. А ось якщо на площину з негорючого матеріалу покласти шматок пінополістиролу і підпалити, вона зовсім не згасне. Адже розпечені краплі пінополістиролі, що утворюються при нагріванні невеликого шматочка, перенесуть вогонь на всю його поверхню. Результат не змусить себе чекати - плита згорить повністю.

Якщо взяти пінополістирол, що не включає в себе антипірени, то його коефіцієнт освіти диму дорівнює тисячі сорок вісім квадратних метрів на кілограм. У пінополістиролу з ефектом самозатухання цей показник більше - 1219 квадратних метрів на кілограм. У гуми, наприклад, він становить 850 квадратних метрів на кілограм, а у дерева і того менше - всього 23 квадратних метра на кілограм. Щоб було зрозуміліше, наведемо такі цифри: якщо задимленість в кімнаті більше 500 квадратних метрів на кілограм, то, витягнувши руку, можна не побачити її пальців.

Антипірени (найчастіше гексабромціклододексан) додають в пінополістирол для збільшення його пожежної безпеки. Прийнято позначати такий пінополістирол буквою «З». Це повинно, по ідеї, означати, що матеріал має властивість затухати самостійно. Але на практиці з'ясовується, що пінополістирол з антипіреном горить нітрохи не гірше, ніж який не містить цієї добавки. Він лише зігріється гірше, не роблячи цього мимовільно при підвищеній температурі. Клас його горючості - Г2, але через кілька років він перетворюється в Г3 або Г4 - властивості антипірену з часом погіршуються.

Однак, слід зазначити, що пінополістирол в будівельних конструкціях ніколи не застосовується в відкритому вигляді. Поверх цього матеріалу завжди наноситься фасадна штукатурка або монтується стяжка. Тому будівельні конструкції, до складу яких входить пінополістирол є пожежобезпечними.

Довговічність. Якщо правильно експлуатувати пінополістирол, закриваючи його зверху штукатуркою або іншим захисно-декоративним шаром, то він прослужить років 30. Правда, на ділі все виявляється не так райдужно - то майстри сліплять теплоізоляцію нашвидку абияк, то замовник постаріється заощадити за рахунок матеріалів, то недосвідчений майстер помилок наробить при монтажі пінополістирольних плит.

Одна з таких помилок - неправильний розрахунок товщини утеплювача. Багатьом здається, що якщо взяти товсту тридцяти сантиметрову плиту пінопласту, то вона і прослужить довше, і в будинку тепліше буде. Але це не так - матеріал великої товщини від перепадів температури піде тріщинами і хвилями, під які буде проникати холодне повітря. Треба зауважити, що в Європі прийнята норма - утеплювати будинки зовні пінополістиролом не більше 3,5 сантиметра товщиною. Це дозволяє під час пожежі зменшити небезпеку отруєння [22].

Монтажні роботи. Гранульований пінополістирол легкий матеріал і його можна різати звичайним ножом, не застосовуючи особливих зусиль. Але незважаючи на це перевага, є ряд вагомих проблем. Кульки кришаться, розлітаються і примагнічується до рук, інструменту та поверхонь. І навіть при акуратному зверненні, плита може тріснути і зламатися в невідповідному місці.

Все це призведе до погіршення теплотехнічних властивостей і зменшить довговічність матеріалу [23].

2.2. Пінополістирол екструдований

Екструдований пінополістирол - синтетичний теплоізоляційний матеріал, вперше створений в США в 1941 році.

Екструдований пінополістирол має широку сферу застосування: теплоізоляція фундаментів і цоколів, шаруватої кладки і штукатурного фасаду, покрівлі (інверсійні, традиційні, експлуатовані та інші), підлог, в тому числі «тепліх». Також саме Екструдований пінополістирол застосовується при будівництві автомобільних і залізних доріг, знижуючи ризик промерзання ґрунтів земляного полотна і подальшого промерзання і спучування (морозне здимання ґрунту) Матеріал вирішує завдання теплоізоляції спортивних майданчиків, холодильних установок і льодових арен.

Екструдований пінополістирол і полістирол пінопласт складаються з однієї речовини, але відрізняються технологією створення гранул [24]. Звичайний пінопласт створюється шляхом «пропарювання» мікрогранул водяною парою їх гіперзбільшенням під впливом температури пари поки не буде заповнена піною пінополістиролу вся форма. Екструдований пінополістирол проводиться методом екструзії. Екструдований пінополістирол отримують шляхом змішування гранул полістиролу при підвищеній температурі і тиску з введенням спінюючого агента і подальшим видавлюванням з екструдера. Якісний екструдований пінополістирол володіє рівномірною, закритопористою структурою, з діаметром осередків 0,1-0,2 мм.

Спеціальний тип матеріалу, що володіє щільністю 38..45 кг / м³ і високою міцністю на стиск, застосовується при будівництві злітних смуг, автомобільних і залізниць. Висока міцність Екструдованого пінополістиролу є його головною перевагою і дозволяє його використовувати не тільки як утеплювач, але і як

будівельний матеріал виконує іноді навіть функції допоміжних або несучих конструкцій.

Властивості:

1. *Мала теплопровідність.* Низький коефіцієнт теплопровідності - 0,026 Вт / м • ° С (при середній температурі 10 ° С, Вт / Мк) - помітно виділяє екструдований пінополістирол серед інших утеплювачів.

2. *Низький показник водопоглинання через низьку капілярності матеріалу.* За рахунок даної характеристики практично не змінюється теплопровідність утеплювача, навіть якщо він знаходиться в умовах підвищеної вологості. І саме ця характеристика дозволила застосовувати матеріал для теплоізоляції цокольних приміщень, фундаментів, підлог і покрівельних систем, не використовуючи при цьому додаткову гідроізоляцію. Досліди показали, що водопоглинання відбувається виключно на поверхні матеріалу і тільки за рахунок того, що там є зруйновані дрібні осередки, які заповнюються водою дуже повільно - в перші 10 діб при повному зануренні. У наступні 30 діб відсоток водопоглинання від обсягу становить 0,4%.

3. *Низький показник паропроникності.* Плита ЕП товщиною 20 мм має такий же показник паропроникності, як і один шар руберойду.

4. Утеплювач має *високу механічну міцність на стиск.* Цей параметр безпосередньо залежить і від товщини матеріалу і від його щільності. Межа міцності на стиск при 10% лінійній деформації становить в середньому 0,2-0,35 МПа. Межа міцності при статичному вигині - 0,4-0,7 МПа.

5. За рахунок додавання антипиренов останнім часом отримують нові різновиди екструдованого пінополістиролу, які мають *гранично низькою горючістю.* Таким чином, сучасний екструдований пінополістирол відноситься до важкогорючих матеріалів.

6. *Діапазон експлуатаційної температури* для екструдованого пінополістиролу, коли не відбувається яких би то не було змін теплотехнічних і фізичних параметрах, знаходиться від -50 ° С до + 75 ° С. Також в ході численних

експериментів з'ясували, що зміна термічного опору не перевищує 5% протягом 1000 циклів "заморожування-відтавання".

7. *Не підтримує біологічну активність і життєдіяльність грибкових і цвілевих утворень.*

8. *Простий у використанні, що значно економить часові витрати на будівництво. Його легко різати ножом і просто монтувати при будь-яких погодних умовах.*

9. *Хімічно стійкий.* Виняток становлять органічні розчинники, бензин, безводні кислоти і кам'яновугільну смолу з її похідними.

10. *Є можливість вибору за щільністю і товщині в залежності від поставлених завдань. Товщина може бути 30, 40 і 50 мм. Щільність - від 33 до 38 кг, м³.*

Екологія. Є безліч доказів проти пінополістиролу. Багато хто стверджує, що цей матеріал дуже шкідливий для здоров'я. Але виробники даного будівельного матеріалу заявляють протилежне - що це повністю безпечний, екологічно чистий матеріал. Не можна заперечувати, що пінополістирол дуже популярний в будівництві і поки ще ніхто не відмовився від його використання.

На думку вчених, пінополістирол дуже шкідливий. Ця шкода полягає, по-перше, в його горючості. Насправді він має слабку горінням, але цей факт ніяк не може самостійно вплинути на пожежну безпеку. Від того, що цей матеріал буде присутній в будівлі, не можна гарантувати, що воно не загориться. Те ж саме можна говорити, наприклад, про дерев'яне оздоблення приміщень. Дерево запалюється набагато легше.

Другий аргумент проти пінополістиролу - при загорянні він може виділяти отруйні речовини. Абсолютно вірно. Дим, який утворюється в результаті горіння цього будматеріалу, дуже токсичний і може швидко долати перешкоди у вигляді міжстінний перегородок. Таким чином можна отруїти не тільки себе, але і всіх сусідів. Але так як спалахує матеріал досить повільно, то виявити і загасити пожежу вчасно не складе труднощів.

Була виявлена ще одна негативна здатність пінополістиролу. Під дією кисню при будь-якій температурі він може окислюватися і виділяти шкідливі речовини. А також починає розкладатися приблизно через п'ять років після установки. Це призводить до викиду в атмосферу шкідливих речовин [25].

2.3. Базальтова вата

Базальтова вата - це особливий матеріал, який використовується для звуко- та теплоізоляції. Вона складається в основному з розплавлених порід, продукту вулканічних вивержень.

Походження. Головним сировиною є гірські породи групи габро-базальтів, а також схожі за хімічними та фізичними властивостями інші породи і мергелі.

Такий матеріал, як базальтова вата, технічні характеристики і приблизний склад має наступні:

- діоксид натрію - 65-45%;
- оксиди алюмінію -20-10%;
- оксиди кальцію - 15-5%;
- оксиди магнію -10-5%;
- магнетит - 15-10%.

В'язуча речовина.

У складі даного ізоляційного продукту завжди є В'язуча речовина. Воно пов'язує волокна і надає потрібні показники щільності і форми. Типи в'язкої речовини:

- бітумні;
- синтетичні, звич, фенолоформальдегідні, фенолоспірти або смоли карбамідні.
- композиційні (склад з декількох речовин).
- бентонітові глини.

Виробники найчастіше використовують композиційні в'язкої речовини. Це синтетичний склад, який включає пластифікуючі і гідрофобізуючі добавки, а також фенолоформальдегідні смоли. В кінцевому матеріалі формальдегід і фенол пов'язані, і сполучна абсолютно інертно.

Виробництво. Методику виготовлення такого матеріалу, як вата базальтова, характеристики якої вказані вище, людині підказала сама природа. Знайдені найтонші нитки вулканічних порід (після виверження вулкана) стали прототипом сучасного затребуваного матеріалу.

Перша партія твердої вати була проведена в США. Сучасні виробники отримують вату в печах, де температурний режим надзвичайно високий і досягає 1500 градусів. Під впливом такого нагріву породи плавляться, перетворюючись в штучну «лаву», а потім їх перетворюють в волокна.

Методи отримання волокна:

- дугтевий;
- відцентрово-валковий
- відцентрово - дугтевий;
- відцентрово -фільтрно- дугтевий;
- інші.

Після отримання потрібних волокон вводиться різними способами сполучна. Маса з нанесеним на неї сполучною проходить термообробку, при якій відбувається поліконденсаційного реакція сполучного. Готовий продукт зазвичай містить близько трьох відсотків речовин органічного характеру. Заключним етапом виробництва є нарізка, упаковка і зберігання виробів.

Властивості:

1. *Негорючість.* Матеріал досить стійкий до спалахів і здатний витримати тисячу градусів за Цельсієм, а також відкрите полум'я. Виробники пояснюють таку властивість складом вати. У зв'язку з тим, що вона складається з вулканічних порід, її виробництво, за замовчуванням, має на увазі отримання вогнестійкого та теплоізолюючого продукту. Така якість базальтового матеріалу

використовується при утепленні певних трубопроводів, які пропускають через себе високотемпературні носії.

2. *Гідрофобність.* Плити гумові, мати і рулони, засновані на базальті, мають водовідштовхувальні властивості. Тому утеплювач базальтовий часто кладеться в приміщеннях, де рівень вологості підвищений, наприклад, це можуть бути басейни або лазні.

3. *Паропроникність.* Дуже важлива характеристика - паропроникність, здатність матеріалу «дихати». Пари вологи, утворені в будинках, проходять крізь базальт, таким чином, утеплювач сприяє створенню необхідного мікроклімату в приміщенні.

4. *Звукоізоляція.* Утеплювач з вулканічних природних порід справляється з гасінням звукових хвиль, тому його можна використовувати в звукоізоляційних цілях.

5. *Міцність.* У зв'язку з хаотичністю розташування волокон, базальтова вата має високу міцність. Навіть відчуваючи великі навантаження матеріал здатний зберегти вихідну форму. Іншими словами, утеплювач базальтовий стабільно стійкий щодо форми і структурної міцності.

6. *Стійкість.* Базальтова вата стійка до самих різних впливів хімічного і біохімічного характеру, тому як вона хімічно абсолютно пасивна. Тому утеплювач не піддається грибковим інфекціям і цвілі, а також не вступає в корозійні реакції з металами. Крім того, мінеральна вата не реагує на агресивні реагенти.

Шкідливість. Базальтова вата шкідлива для здоров'я? В даний період часу, не дивлячись на зростаючу популярність утеплювача з базальту, всі частіше мова заходить про його шкідливості для організму людини. Виробники мінеральної вати вказують на її натуральні складові, інертність і пасивність до самих різних впливів. Але саме сполучний компонент бентежить супротивників і допомагає конкурентам і опонентам вибудувувати негативні аргументи. Справа в тому, що і формальдегід, і фенол є дуже отруйними, навіть канцерогенними. Смоли фенолформальдегіда здатні викликати шкірні захворювання. Безумовно, існують

норми і постанови щодо можливого змісту цього з'єднання в промислових матеріалах, і заявлені в сертифікатах дані строго відповідають вимогам чинного законодавства. І все ж базальтова вата шкідлива для здоров'я [26].

2.4. Керамічні мікросфери

Керамічні мікросфери - рідка надтонка керамічна теплоізоляція, що складається з керамічних порожнистих мікросфер в сполучному на водній основі з акрилових полімерів і цільових добавок.

Витрата: 1,5 л на м / кв (при нанесенні в три шари і товщині 1,5 мм).

Термостійкість: від - 50 С до + 260 С (робоча температура + 200 С).

Теплопровідність: 0,07 Вт / Мк.

Щільність: 1 літр / 0,8 кг.

Довговічність: зовні приміщень понад 10 років (всередині в рази довше)

Консистенція: пастоподібна, після полімеризації - тверде покриття.

Тезолат має світло-сірий колір.

Призначення. Тезолат застосовується в якості теплоотражаючого покриття з властивостями енерготепло- заощадження.

Використання енергозберігаючого покриття Тезолат скоротить витрату енергії на опалення, кондиціонування.

З трьох основних видів перенесення теплоти: теплопровідності, конвекції і теплового випромінювання - Тезолат перешкоджає двом - теплопровідності і випромінювання.

Нанесення. Для підвищення адгезії (зчеплення) з мінеральної поверхнею (стіни з бетону і цегли та ін.) Поверхню нанесення бажано обробити ґрунтовкою для стін. Якщо поверхню нанесення з металу то можна застосовувати ґрунтовки для металу. Перед застосуванням ретельно перемішати. Наносити за допомогою кисті, валика, розпилювача (сопло хв. 2,3 мм), шпателем. Адгезія становить майже 100% до всіх конструкцій і будматеріалів. Поверх теплоізоляції можна нанести фарбу [27].

2.5. Полістиролбетон

Полістиролбетон - різновид легкого бетону - являє собою композиційний матеріал, до складу якого входить портландцемент, пористий заповнювач - гранули спіненого полістиролу, вода, а також повітровтягуюча добавка (СДО). У разі необхідності отримання важких щільності полістиролбетону, в його склад може входити мінеральний наповнювач (пісок). Завдяки поєднанню теплоізоляційного матеріалу, яким є полістирольні гранули та бетону в одному продукті вдалося отримати оптимальну комбінацію характеристик для будівельного матеріалу - стійкість до гниття, гідрофобність, найвищі показники несучих характеристик, теплоізоляції, вогнезахисту, звукопоглинання, морозостійкості і періодів замерзання / розморожування (термін експлуатації).

Полістиролбетон застосовується в конструкціях каркасних будинків, несучих стінах і перегородках, як утеплювач стін, підлог, горищ, покрівлі, використовується для виробництва будівельних блоків і фасадних декоративних матеріалів утеплювачів панелей, рідкого розчину для заливки моноліту. Полістиролбетон має гарну конструкційної міцністю. Полістиролбетонніє блоки поєднують в собі переваги бетону (міцність), деревини (легкість обробки) і пінополістиролу (високі тепло- і звукопоглинальні властивості). Полістиролбетон широко застосовується в якості будівельної термоізоляції (теплопровідність 0,055 - 0,145 Вт / (м • К)) [1]. Полістиролбетон відповідає таким вимогам пожежної безпеки (по СНиП 21-01-97): група по горючості - Г1 (слабогорючие) [джерело не вказано 1738 днів], група по займистості - В1 (важкозаймисті), група за димоутворювальною здатністю - Д1 (з малою димоутворювальною здатністю для щільності від D400 до D600) і Д2 (з помірною димоутворювальною здатністю для щільності від D200 до D350), група токсичності продуктів горіння - Т2 (помірнонебезпечні).

Історія винаходу. Наповнювач зі спіненого полістиролу (під торговою назвою Styropor®) для бетону був розроблений Фріцом Стестні (нім. Fritz Stastny), вченим з німецької компанії BASF в 1951 році [28], незабаром після

створення пінополістиролу. Компанія BASF провела перші орієнтовні випробування по використанню пінополістиролу як заповнювач для виробництва полістиролбетону (стіропорбетона). Спочатку висока вартість даної сировини не дозволила рентабельно використовувати його в якості легкого заповнювача. У вересні 1967 року були проведені нові дослідження спрямовані на зниження собівартості та поліпшення технологічності виготовлення заповнювача. До цього часу пінополістирол, незважаючи на ціну, став поступово витісняти інші легкі мінеральні наповнювачі і ставав все більш популярним матеріалом на будівельному ринку. Найбільшими споживачами в світі пенополистиролбетона є Канада, США і Західна Європа (перш за все Німеччина і Франція). Найбільшими виробниками сировини для наповнення полістиролбетону в світі є BASF, Dow Chemical і Nova Chemicals.

Полістиролбетон використовується:

- в класичному будівництві будинків
- в монолітному житловому будівництві
- для тепло- і звукоізоляції стін, дахів, підлог, плит, перекриттів.

Нестандартні рішення:

Переважно виготовляють полістиролбетонні блоки щільністю від 200 до 600 кг / м³:

- D 200-300 - застосовується як утеплювач;
- D 300-350 - застосовується в якості несучих стін;
- D 400-600 - зовнішні несучі стіни малоповерхових будівель [3];
- D 450-600 - застосовується в якості несучих, огорожувальних конструкцій в малоповерховому будівництві.

Переваги. Завдяки пористій структурі полістиролбетон має низку переваг:

- Відмінними теплоізоляційними і звукоізоляційні властивості, ніж звичайний бетон. Це дозволяє уникнути додаткового утеплення за допомогою пінопласту, мінеральної вати або піноскла.

- Економічність. Полістиролбетон одночасно є і конструкційним, і ізоляційним матеріалом, і як сказано вище, не вимагає додаткової ізоляції.
- Низьке навантаження. Полістиролбетонні конструкції мають меншу, в порівнянні з бетонними, масу, що знижує витрати на транспортування, кладку і обробку. Масова навантаження споруди виходить меншою, що істотно знижує витрати на зведення фундаменту.
- Екологічна чистота аналогічна бетону. При виробництві полістиролбетону використовуються цемент, вода і гранули харчового полістиролу.
- Водопоглинання полістиролбетону істотно нижче, ніж у пінобетону, тому як пори в матеріалі ізольовані один від одного і вода вбирається тільки поверхнею. У звичайного бетону, однак, цей показник ще нижчий.
- Низька паропроникність.
- Завдяки низькому водопоглинанню має високий коефіцієнт морозостійкості.
- Висока міцність монтажу кріпильних матеріалів (дюбель-саморізів, анкерів)
- Стіни з полістиролбетону мають високі показники зчеплення з штукатурною сумішшю, а значить, не вимагають додаткової підготовки перед оштукатурюванням.
- Усадка полістиролбетону в три рази менше, ніж у автоклавного газобетону і пінобетону

Недоліки. Властивості матеріалу в значній мірі визначаються бетонної складової.

Блоки з полістиролбетону відносяться до групи горючості НГ, тобто вони не горючі, але і не вогнестійкі. Під впливом високої температури, поблизу джерела вогню, кульки полістиролу поступово руйнуються, втрачаючи свої теплозахисні властивості, і хоча залишається бетонний каркас не дозволяє зруйнується блокам до кінця, їх міцність і опір теплопередачі при цьому знижується.

Автор Беляков В.О. в своїй дисертації на тему: "Міцнісні, деформаційні та експлуатаційні властивості полістиролбетону для будівельних конструкцій і виробів" виконав [29], ґрунтовні дослідження. Автором наведено велику кількість експериментальних даних які підтвержені уповноваженими органами сертифікації будівельних матеріалів. Нижче наведені найбільш важливі і цікаві результати отримані в цієї роботи.

Експлуатаційні характеристики конструкційного полістиролбетону.

1. Морозостійкість. Аналізуючи всі дані, отримані після проведення експерименту, можна відзначити, що полістиролбетон середньою щільністю 850 кг / м витримав 50 циклів заморожування і відтавання, а полістиролбетонні зразки із середніми щільностями 950 кг / м і 1000 кг / м витримали 100 циклів випробувань.

Проведені 150 циклів заморожування і відтавання не суттєво впливали на стан поверхні зразків, особливо у випадку з густиною 1350 і 1450 кг / м. Втрата міцності зразків-кубів складу полістиролбетону не перевищила показники нормовані ГОСТ 10060.1 - 95. Втрата маси зразків-кубів складів полістиролбетону щільністю 800-1500 кг / м менше нормативного показника для легких бетонів в 5%.

Значення коефіцієнта морозостійкості за результатами дослідів варіювалася від 0,81 до 0,91 і в середньому дорівнювала 0,86.

Встановлено, що обсяг залученого повітря (V_v) - фактор, значно впливає на морозостійкість полістиролбетону. Збільшення V_v с 2 до 14% підвищує морозостійкість на 50% (100 циклів).

Міцність на стиск контрольних і основних зразків досліджувалася в залежності від двох факторів: щільності ПСБ (X_1) і кількості циклів замерзання і відтавання (X_2).

На підставі результатів випробування на морозостійкість отримано шість рівнянь регресії, що описують зміну міцності матеріалу при стисненні в діапазоні від 0 до 150 циклів заморожування-відтавання в залежності від щільності ПСБ зразків. Коефіцієнти при невідомих отриманих рівнянь наведені в

таблицях 5.1.1 і 5.1.2 [29]. За рівнянням регресії були побудовані поверхні відгуків для кожної ділянки області дослідження на основних рівнях варіювання другого чинника X_2 (кількість циклів заморожування і відтавання).

Для більш повного уявлення про залежність міцності на стиск ПСБ від тривалості випробувань, від виду застосовуваного інертного заповнювача в матеріалі (кварцового піску або доменного гранульованого шлаку) побудовані відповідні графіки залежності. Вид графіків наочно демонструє кінетику зниження міцності на стиск матеріалів зі збільшенням тривалості випробувань.

За даними порівняння отриманих показників морозостійкості серій зразків ПСБ на різних заповнювачах, проведених автором, встановлено, що морозостійкість конструкційного полістиролбетону на заповнювачі з доменного гранульованого шлаку в основному не поступається, а в деяких випадках перевищує морозостійкість полістиролбетону на заповнювачі з кварцового піску.

Проведені експерименти дозволяють сформулювати основні положення високої довговічності полістиролбетону наступним чином:

Введення гранул пінополістиролу до складу бетону істотно зменшує їх «ефективну» пористість, так як гранули роз'єднують капіляри і в зв'язку їхньою невеликою проникністю для води сприяють незначного поглинання вологи.

Для прийнятої нами в даній роботі методики випробувань, пінополістирол, проникний для водяної пари, практично не пропускає крізь себе рідку воду [30], що в чималому ступені пояснює високу морозостійкість полістиролбетона.

Вищенаведені результати випробувань ставлять конструкційний полістиролбетон в ряд морозостійких матеріалів, який можна використовувати в як зовнішньої огорожувальної конструкції.

2. Теплопровідність

1. Залежність коефіцієнта теплопровідності від щільності конструкційного полістиролбетону при однакових умовах випробувань є відносно лінійної.

2. Підвищення вологості полістиролбетону на 1% за обсягом призводить до збільшення теплопровідності на 0,001 , 0,01 Вт / (м · К) в залежності від його щільності.

3. Паропроникність

Отримані результати випробувань узгоджуються з наявними літературними даними (дослідження Вайсбурд А.М., Тер-Осіпянца ф.Т) [11].

Величина коефіцієнта паропроникності зменшується зі збільшенням частки полістиролу в полістиролбетону щільної структури, і також як і у інших легких бетонів, з підвищенням його щільності.

На підставі аналізу результатів проведених автором роботи [29], досліджень і результатів досліджень авторів [31, 32], встановлено, що паропроникність конструкційного полістиролбетону в 4 рази менше керамзитобетону і в 3 рази - пористого бетону на заповнювачах з кварцового піску при порівнянних значеннях середніх щільності (в порівнянні зі значеннями коефіцієнтів з додатку 3 СНиП II-3-79 *) [29].

Даний показник пов'язаний з особливостями внутрішньої композиційної структури матеріалу і говорить про високі експлуатаційні якості полістиролбетону при використанні його в конструкціях будівель.

Результати, отримані при дослідженні теплоізоляційних характеристик полістиролбетону, були враховані при розробці Територіальних містобудівельних норм Свердловської області «Бетонні та залізобетонні конструкції з полістиролбетону».

Робота полістиролбетону в зігнутих елементах.

1. Отримані нові експериментальні дані про роботу полістиролбетонних балок при згині. Встановлено, що напружено-деформований стан балок, виготовлених з полістиролбетону, відрізняється від напруженодеформованого стану залізобетонних балок з пористого бетону, керамзитобетону, випробування яких послужили основою для розробки розрахункових методик покладених в сучасні будівельні норми. Значення граничних деформацій у

стислій зоні в балках з полістиролбетону були в два рази вище значень аналогічних граничних деформацій у балках з пористого бетону тієї ж щільності. Балки з полістиролбетону володіли підвищеною тріщиностійкістю.

2. Конструкційний полістиролбетон більш однорідний, в ньому тріщини розвиваються більш рівномірно, за рахунок впливу основного заповнювача – гранул пінополістиролу. Багато тріщин одного рівня, особливо мікротріщин. Далі, коли мікротріщини перестають стримувати один одного, виникають через стадію крихкого руйнування мезотрецини. Їх кількість у 2,5 – 4 рази менше. Далі при достатній кількості мезотрецин з'являються макротріщини.

У ніздрюватий бетон більш великі мезо - і макротріщини з'являються на більш ранніх стадіях навантаження.

Таким чином, полістиролбетон при однаковому класі бетону в порівнянні з комірчастим бетоном більш передбачуваний і тому більш надійний. Наведені аналіз і висновки спричинили за собою необхідність формулювання рекомендацій у проектуванні несучих конструкцій з полістиролбетону.

При проектуванні несучих конструкцій з ПСБ, рекомендується застосовувати підвищені значення розрахункового опору на розтяг R_{bt} щодо величини, прийнятої для ніздрюватого бетону класу В10 в табл [29]. Посібники з проектування бетонних і залізобетонних конструкцій з ніздрюватих бетонів приблизно на 20%. Це також відповідає отриманим в результаті експериментів підвищеним значенням міцності на осьовий розтяг, дані про яких наводяться в розділі 3.2 [29].

Наведені результати характеризують полістиролбетон не тільки як утеплювач а матеріал який за певних умов може використовуватися для виготовлення навіть несучих конструкцій будівельного виробництва. Це значно розширює сферу користування полістиролбетону.

ВИСНОВКИ

1. Узагальнена інформація щодо властивостей, характеристик, технологічних аспектів виробництв та експлуатації теплоізолюючих матеріалів, що пропонується на будівельному ринку України.

2. Показано що в залежності від своїх властивостей кожен теплоізолюючий матеріал має найбільш раціональну сферу використання.

3. Виконано аналіз властивостей, переваг та недоліків полістиролбетону з точки зору його використання як декоративного утеплювача будинків.

РОЗДІЛ 3

Лабораторні випробування ефективності теплоізолюючих матеріалів

В рамках магістерської роботи було проведено низку експериментів для визначення теплотехнічних властивостей декількох теплоізолюючих матеріалів.

Сутність експерименту полягає в тому, щоб відстежити динаміку зростання температури в стіні з утеплювачами і без них.

3.1. Конструкція лабораторного стенда

Для проведення експериментів бу виготовлений макет приміщення, який являє собою короб розміром 645x590x344мм. Конструкційна схема макету наведена на рис. 3.1.

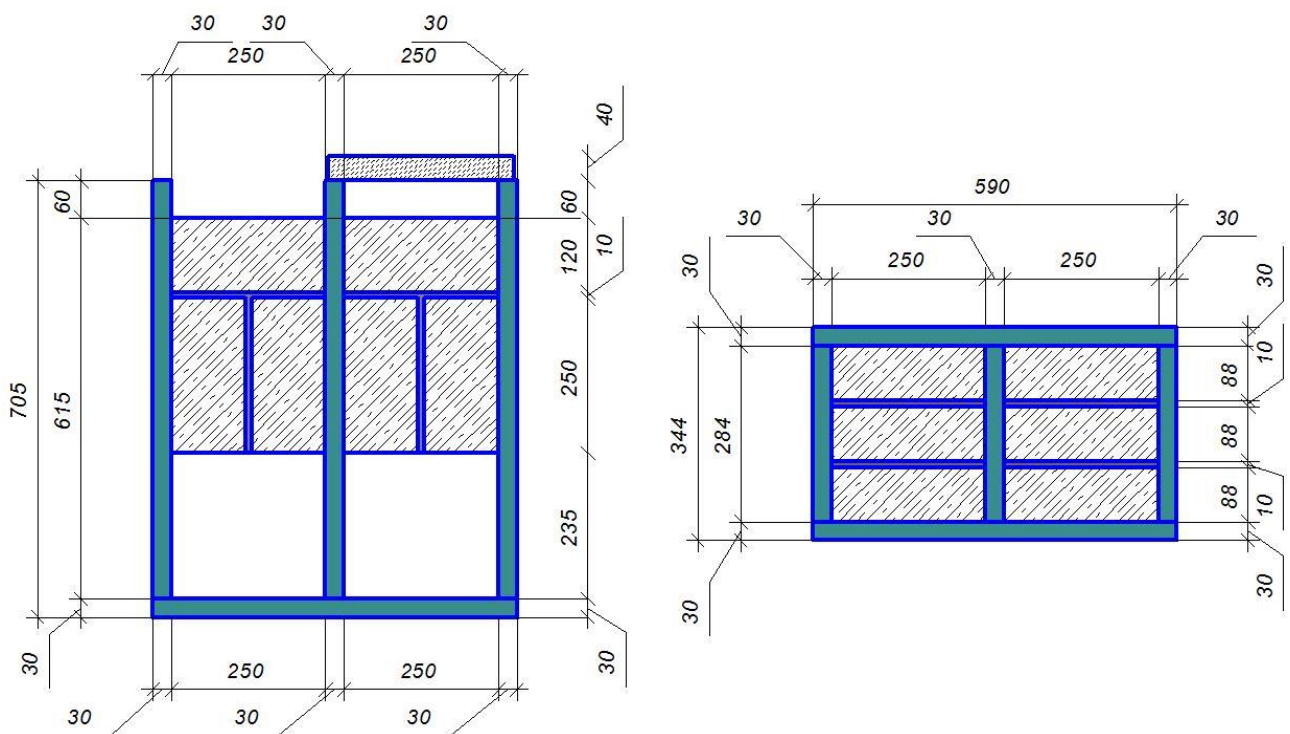


Рисунок 3.1 – Конструкція макету «приміщення», який використовувався під час лабораторних експериментів

Короб є закритим з усіх сторін, окрім фасадної частини. Для виготовлення макету використовувалася силікатна цегла розміром 250x120x88мм, панелі екструдованого пінополістиролу розміром 600x1200мм та допоміжні матеріали (клей на цементній основі, пластилін, герметик тощо). З силікатної цегли і клею на цементній основі було зведено дві стіни завтовшки 370 мм, які розміщувалися в передній частині макета та які являють собою імітацію «фасаду будівлі». Три стандартні листа екструдованого пінополістиролу були розрізані ножом, з отриманих блоків було зведено вертикальні бокові та внутрішня перегородки макету, а також задня, верхня та нижня стінки. В задній частині макета залишалась повітряна камера, яка імітувала «приміщення». Всі стики і щілини були замазані пластиліном і герметикам.

Фасадна частина стіни залишилася голою, на неї ми монтували досліджувані матеріали. Також зверху макета в стіні були просвердлені 7 отворів для вимірювання температури під час експерименту. Схема розміщення отворів та загальний вигляд зібраного макету в лабораторії наведені на рис. 3.2.

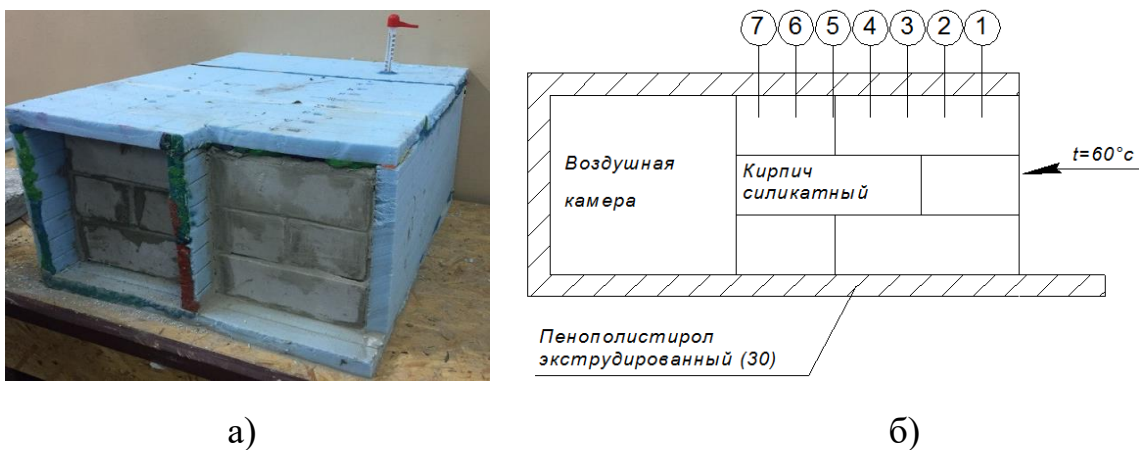


Рисунок 3.2 Макет для лабораторного експерименту: а) загальний вигляд в лабораторії; б) схема з положення отворів для вимірювання температури (номера отворів позначені в колах)

3.2. Методика проведення експерименту

Для втілення експериментів знадобилися вимірювальні матеріали:

- Контактний термометр PeakMeter PM6501 був застосований для зняття показань в стіні. Можна звичайно обійтися і безконтактним термометром, але нам потрібно відстежувати температуру в динаміці з чіткою локалізацією - а на це безконтактний термометр нездатний. рис. 3.3(а) [33];
- Інфрачервоний термометр LaserSight був застосований для перевірки і стабілізації температури на поверхнях, що нагріваються. рис. 3.3(б) [34].



а)



б)

Рисунок 3.3 - Застосунки для вимірювання температури: а) контактний термометр PeakMeter PM6501; б) інфрачервоний термометр LaserSight

Як джерело тепла був застосований інфрачервоний нагрівач типу UFO потужністю 1200 кВт.

Для всіх дослідів були створені однакові умови:

- Початкова температура стіни – 17⁰ С.
- Інфрачервоний термометр допоміг вивести середню температуру 60⁰ С на поверхні, що нагрівається.
- Протягом експерименту з однаковими інтервалами у часі знімалися показання температур в просвердлених отворах.

В кожному основному циклі експерименту досліджувалися параметри різних матеріалів, для чого на фасадну частину стіни монтувався досліджуваний матеріал і за допомогою зовнішнього джерела тепла (УФО) на протязі трьох годин на нього впливали. Під час нагріву кожні 60 хвилин за допомогою

контактного електронного термометру через замірні отвори контролювалася зміна температури стіни. Отримані результати заносилися у таблицю та в подальшому аналізувалися за допомогою стандартних функцій аналізу та візуалізації даних електронних таблиць.

Після завершення основних циклів експерименту додатково було досліджено вплив довготривалого нагріву на ефективність теплоізоляційного матеріалу. Для цього камери макету, з фасадної частини закриті екструдованим пінополістиролом та полістиролбетоном, піддавалися нагріву протягом дванадцяти годин. При цьому з метою збереження працездатності нагрівача було використано два джерела тепла типу UFO. Порядок та періодичність контролю температури відповідали стандартній методиці, прийнятій на час проведення основних циклів експерименту.

Монтаж теплоізолюючих матеріалів. Кожен матеріал був вмонтований в макет згідно норм їх монтажу.

➤ Полістиролбетон за нормами має бути вмонтований на фасад з повітряною камерою шириною 6 см. З пінополістиролу були зроблені маяки довжиною 6 см і вмонтовані в макет. Полістиролбетон вмонтували на маяки і закріпили на саморізи. Всі шви для герметичності були оброблені пластиліном і герметиком. На рис. 3.4 наведено детальну схему макета із встановленим полістиролбетоном.

➤ Пінополістирол, пінополістирол екструдований і пенополеуретан були вмонтовані в щільну до фасадної частини стіни і закріплені на саморізи (рис.3.5). Всі шви для герметичності були оброблені пластиліном і герметикам. В процесі експерименту екструдований пінополістирол під впливом зовнішнього джерела тепла UFO почав плавитися, при цьому температура на його поверхні не досягала й 60°C. Для усунення цього ефекту було прийнято рішення нанести на екструдований пінополістирол захисний шар фіброцементного покриття завтовшки 15 мм.

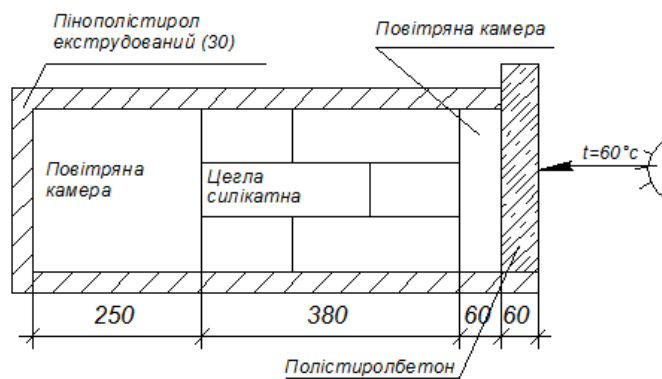
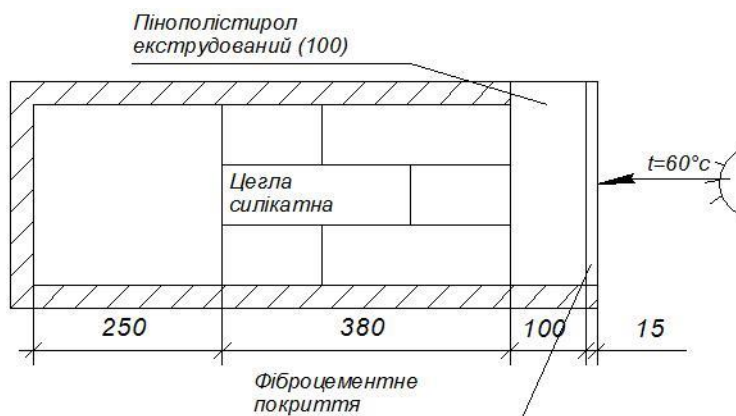
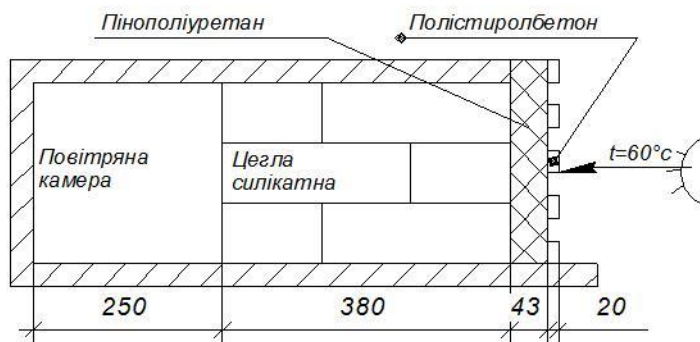


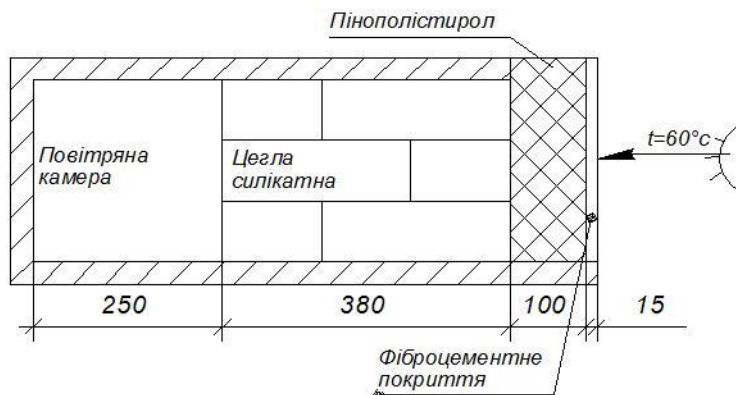
Рисунок 3.4 - Схема макета з встановленим полістиролбетоном



а)



б)



в)

Рисунок 3.5 - Схема макета з встановленим: а) пінополістирол екструдований;
б) пінополістирол; в) пенополіуретан

➤ Рідка керамічна теплоізоляція (мікросфера) була нанесена на фасадну частину стіни (безпосередньо на цеглу) в 4 шари. Перший шар був нанесений вертикально. Через годину фарба підсохла і поверх першого шару був нанесений другий шар фарби, але вже горизонтально. Дотримуючись такого алгоритму, було нанесено ще два шари (рис 3.6).



Рисунок 3.6 - Схема макета з встановленим рідким керамічним термоізоляцією (мікросфера)

3.3. Аналіз результатів досліджень

Перший експеримент був проведений на цегляній фасадній стіні, яка була вільні від будь-якого теплоізолятора. Результати вимірювань наведені в табл.3.1, де t_n – температура на поверхні, яка піддана нагріванню. За даними, отриманими в експерименті, видно, що по всій ширині стіни температура виростала стрімко.

Другий експеримент був зроблений з полистиролбетоном і пінополістиролом (100мм). Були випробувані два матеріалу відразу, оскільки конструкція макету дозволяє проводити експеримент одночасно для двох матеріалів. В табл. 3.2 і 3.3 наведені результати експерименту. За попереднім аналізом отриманих даних з двох експериментів можна побачити, що температура в стіні з утеплювачем значно нижче, ніж у випадку «голої» стіни.

Таблиця 3.1 - Результати зміни температури в «голій» стін

Час спостережень, годин	Температура, 0С, у замірних точках згідно рис. 3.2, б:					
	T _n	T ₁	T ₂	T ₃	T ₅	T ₆
0:00	19	19	19	19	19	19
0:10	48	26	20	19	19	19
0:20	64	31	21	19	19	19
0:30	66	24	22	19	19	19
0:40	71	33	24	19	19	19
0:50	77	39	29	25	20	19
1:00	83	43	31	25	20	19
1:10	84	46	32	25	21	19
1:20	84	48	33	26	21	20
1:30	85	54	39	28	22	20
1:40	86	55	41	28	25	20
1:50	90	57	41	28	22	20
2:00	90	59	41	29	22	20

Таблиця 3.2 – Результати зміни температури з полістиролбетоном

Час спостережень, годин	Температура, 0С, у замірних точках згідно рис. 3.2, б:					
	T _n	T ₁	T ₂	T ₃	T ₅	T ₆
0:00	19	17	17	17	17	17
0:05	63	17	17	17	17	17
0:20	60	17	17	17	17	17
1:00	60	19	17	17	17	17
1:30	60	20	18	17	17	17
2:00	60	21	19	17	17	17
3:00	60	22	21	19	17	17

Таблиця 3.3 - Результати зміни температури з екструдованим пінополістиролом
(100мм)

Час спостережень, годин	Температура, °С, у замірних точках згідно рис. 3.2, б:					
	T _п	T ₁	T ₂	T ₃	T ₅	T ₆
0:00	19	17	17	17	17	17
0:05	68	17	17	17	17	17
0:20	60	17	17	17	17	17
1:00	60	18	17	17	17	17
1:30	60	18	18	17	17	17
2:00	60	19	18	17	17	17
3:00	60	20	19	18	17	17

Третій експеримент проводився з гранульованим пінополістиролом. Результати представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Результати зміни температури з гранульованим пінополістиролом
(100мм)

Час спостережень, годин	Температура, °С, у замірних точках згідно рис. 3.2, б:					
	T _п	T ₁	T ₂	T ₃	T ₅	T ₆
0:00	18	18	18	18	18	18
1:00	19	18	18	18	18	18
2:00	20	19	18	18	18	18
3:00	20	19	18	18	18	18

Четвертий експеримент був проведений з пінополіуретаном і рідкою керамічною термоізоляцією. Результати експериментів представлені в таблицях 3.5 і 3.6.

Таблиця 3.5 - Результати зміни температури з пінополіуретаном

Час спостережень, годин	Температура, °С, у замірних точках згідно рис. 3.2, б:					
	T _n	T ₁	T ₂	T ₃	T ₅	T ₆
0:00	18	18	18	18	18	18
1:00	19	18	18	18	18	18
2:00	20	19	18	18	18	18
3:00	20	19	19	18	18	18

Таблиця 3.6 - Результати зміни температури з рідкої керамічної термоізоляцією

Час спостережень, годин	Температура, °С, у замірних точках згідно рис. 3.2, б:					
	T _n	T ₁	T ₂	T ₃	T ₅	T ₆
0:00	17	17	17	17	17	17
1:00	30	25	21	19	19	18
2:00	31	26	22	19	19	18

У п'ятому експерименті було вирішено провести довгостроковий нагрів екструдованого пінополістиролу і полістиролбетону. Результати наведені в таблицях 3.7 і 3.8.

3.3.1 Аналіз проведених експериментів.

Зробивши аналіз всіх експериментів видно що кожен утеплювальний матеріал ефективніше голої стіни. Цей висновок дуже добре ілюструють залежності, наведені на рис. 3.7, які представляють температуру у замірній точці T₁ (згідно рис. 3.3, б), тобто на відстані 5 см від поверхні, що нагрівається. Після трьох годин нагріву температура у випадку незахищеної стіни досягла 59 градусів, тоді як найбільша температура у випадку стіни з рідкою керамічною мікросферою не піднімалася вище 34 градусів, а при використанні полістиролбетону – 22 градуса, тобто теплозахист стіни при використанні теплоізоляційних матеріалів підвищився у 1,7-2,7 разів.

Таблиця 3.7 - Результати зміни температури з полістиролбетоном протягом
12 годин

Час спостережень, годин	Температура, °С, у замірних точках згідно рис. 3.2, б:					
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₅	T ₆	T ₇
0:00	16	16	16	16	16	16
1:00	19	17	16	16	16	16
2:00	19	18	16	16	16	16
3:00	21	19	18	17	17	17
4:00	21	20	19	17	17	17
5:00	22	20	19	18	17	17
6:00	23	21	20	18	18	17
7:00	24	23	21	20	19	19
9:00	24	23	21	20	19	19
10:00	24	23	21	20	20	19
11:00	25	24	22	21	20	19
12:00	25	23	22	21	20	19

Таблиця 3.8 - Результати зміни температури з екструдованим пінополістиролом протягом 12 годин

Час спостережень, годин	Температура, °С, у замірних точках згідно рис. 3.2, б:					
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₅	T ₆	T ₇
0:00	16	16	16	16	16	16
1:00	17	17	16	16	16	16
2:00	17	17	16	16	16	16
3:00	18	17	17	17	17	17
4:00	18	17	17	17	17	17
5:00	19	18	17	17	17	17
6:00	20	18	17	17	17	17
7:00	20	19	19	18	18	18
9:00	21	19	19	18	18	18
10:00	20	19	19	19	18	18
11:00	20	19	19	19	18	18
12:00	20	19	19	19	18	18

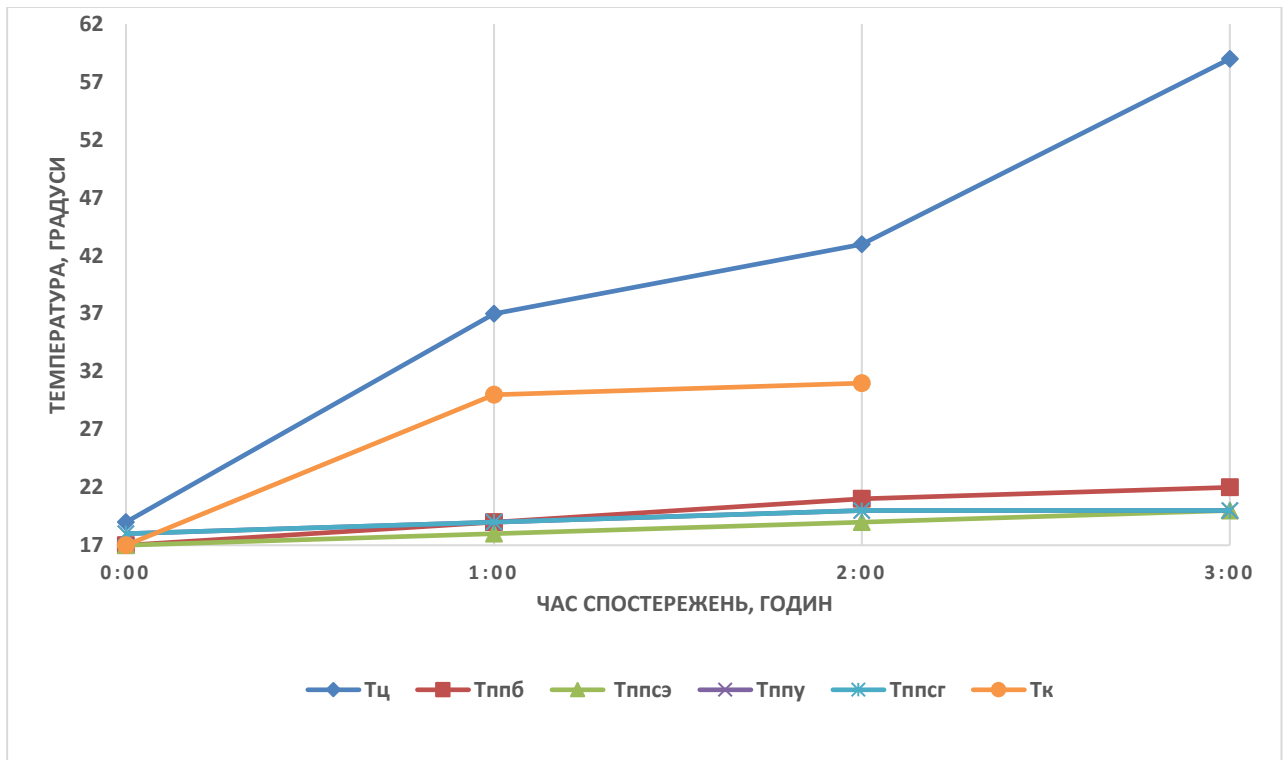


Рисунок 3.7 – Залежність температури у замірній точці Т1 від терміну нагріву поверхні

У порівнянні між собою з точки зору ефективності теплозахисту всі розглянуті матеріали за виключенням рідкою керамічною термоізоляцією показали дуже близькі результати – розкид температур в контрольованій точці стіни (на відстані 5см від поверхні нагріву) після трьох годин експерименту не перевищує 2 градуси. В трьохгодинному експерименті найгірші показники має рідка керамічна термоізоляція – температура в зазначеній контрольованій точці вища за інші матеріали на 12 градусів. Такій досить великий розкид показників теплоефективності для фарби та інших матеріалів дозволяє припустити, що при більш довгому прогріві стіни цей матеріал буде най менш ефективним. Залежності температури в замірній точці від часу прогріву в трьохгодинному експерименті, що наведені на рис.3.7 для всіх розглянутих матеріалів можуть бути описані з коефіцієнтом апроксимації не менше 0,9 логарифмічною функцією виду:

$$T_1 = a \times \ln(t) + b,$$

де t - час прогріву стіни, годин; a, b – коефіцієнти апроксимації, залежні від типу матеріалу утеплювача.

Так само варто навести зведену діаграму 12-годинного експерименту з полістиролбетоном і екструдованим пінополістиролом (рис. 3.8 та 3.9 відповідно). На діаграмах видно, що у разі використання полістиролбетону загальний прогрів стіни (рівень підвищення температури по товщині стіни) є сильнішим, ніж при використанні екструдованого пінополістиролу – в замірній точці T1 (на відстані 5 см від поверхні стіни з боку прогріву) в стіні, закритій полістиролбетоном, температура після 12 годин прогріву досягла величини 25 градусів, тоді як у випадку екструдованого пінополістиролу – тільки 20 градусів. При цьому така температура трималася в разі екструдованого полістиролу протягом останніх 6 годин експерименту, тоді як під час використання полістиролбетону вона зростала протягом всього експерименту та стабілізувалася тільки наприкінці дослідів, на 11 годині прогріву.

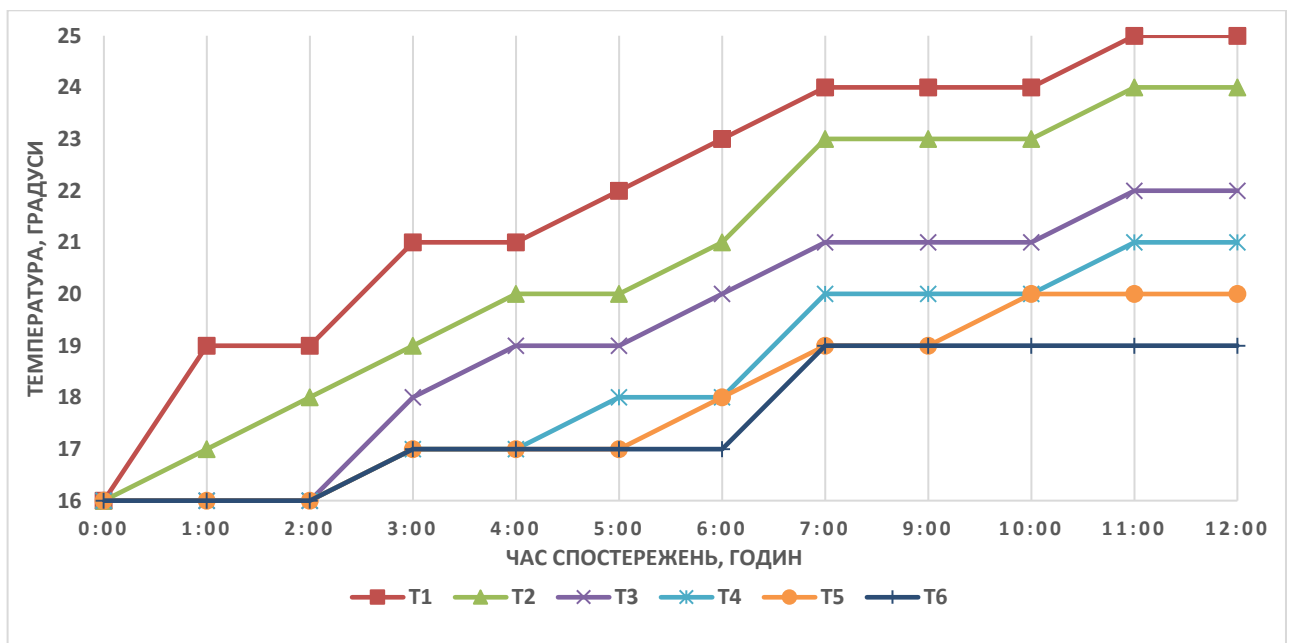


Рисунок 3.8 – Аналіз результатів 12-годинного експерименту з полістиробетоном

Разом із тим, в останній замірній точці стіни (T_6) температура у полістиролбетону лише на один градус вище, ніж у екструдованого

пінополістиролу після 12 годин прогріву. При цьому температура в останній точці T_6 в обох випадках стабілізувалася майже одночасно – після 7 годин прогріву. Можна зробити висновок, що в кінцевому результаті ці два матеріали особливо не відрізняються.

Слід зазначити що полістиролбетон показує стабільну характеристику $T_1 = f(t)$ як в 3-годинному так і 12-годинному експерименті – вказана залежність в обох випадках описується однаковими функціями з однаковими коефіцієнтами та похибкою апроксимацій що дозволяє прогнозувати поведінку конструкції захищеної полістиролбетоном.

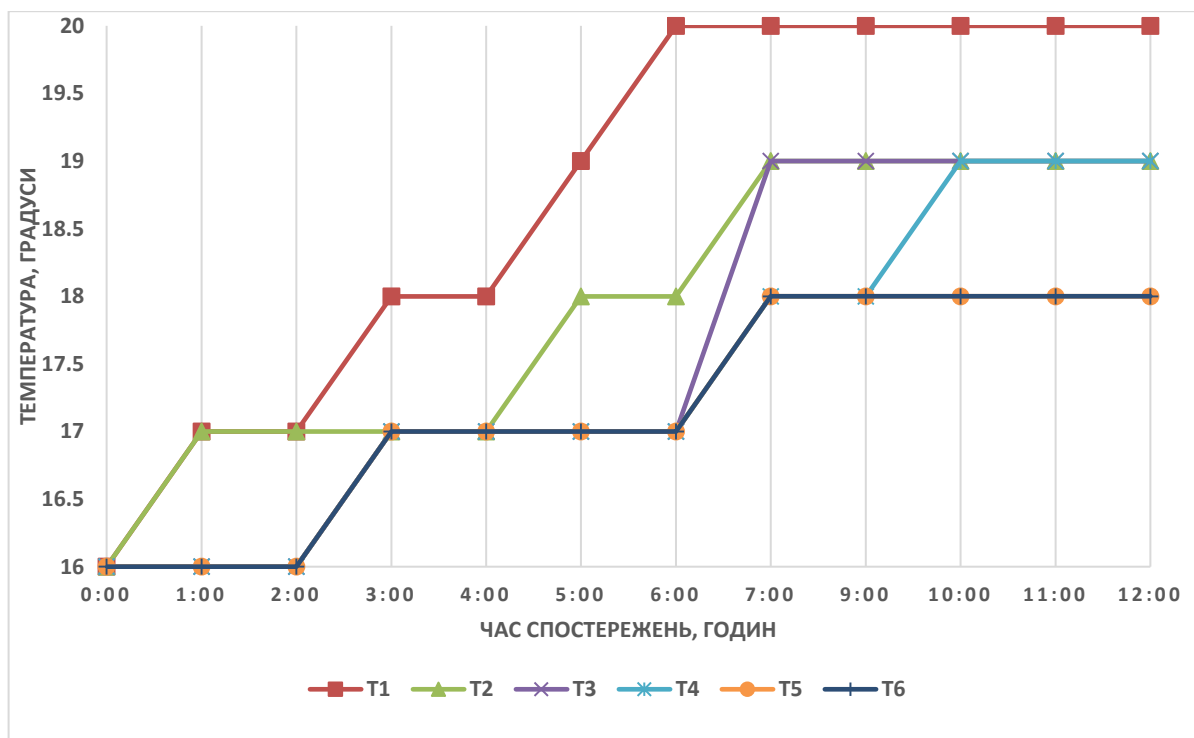


Рисунок 3.9 - Аналіз результатів 12-годинного експерименту з екструдованим пінополістиролом

3.4 Розрахунок термічного опору випробовуваних матеріалів

Згідно з пунктом 1.3.1, термічний опір шару багатшарової огорожувальної конструкції, а також однорідної (одношарової) огорожувальної конструкції розраховується за формулою (1.5).

При цьому, згідно з таблицею 1.1, мінімально припустимий термічний опір огорожувальної конструкції має бути не менше:

$$R_{\min} \geq 3,3 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{BT}.$$

3.4.1. Термічний опір теплопередачі полістиролбетону.

$$\sum R_1 = (R_{\text{псб}} + R_{\text{пк}} + R_{\text{ссц}}) \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{BT};$$

$$R_{\text{пк}} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,06}{0,0024} = 2,5 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{BT};$$

$$R_{\text{псб}} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,06}{0,18} = 0,33 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{BT};$$

$$R_{\text{ссц}} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,38}{0,79} = 0,48 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{BT};$$

$$\sum R_1 = 0,48 + 0,33 + 2,5 = 3,31 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{BT};$$

В наведених вище формулах використані наступні позначення:

$R_{\text{пк}}$ – термічний опір повітряної камери;

$R_{\text{псб}}$ – термічний опір полістиробетона;

$R_{\text{ссц}}$ – термічний опір силікатна цегла.

3.4.2. Термічний опір теплопередачі екструдованого пінополістиролу.

$$\sum R_2 = (R_{\text{эпс}} + R_{\text{ссц}}) \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{BT};$$

$$R_{\text{эпс}} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,1}{0,033} = 3,03 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{BT};$$

$$R_{\text{ссц}} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,38}{0,79} = 0,48 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{BT};$$

$$\sum R_2 = 0,48 + 3,03 = 3,51 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{BT}.$$

В наведених вище формулах використані наступні позначення:

$R_{\text{эпс}}$ - термічний опір екструдованого пінополістиролу.

3.4.3. Термічний опір теплопередачі пінополіуретану.

$$\sum R_3 = (R_{\text{ппу}} + R_{\text{сцц}} + R_{\text{псб}}) \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{Вт};$$

$$R_{\text{ппу}} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,06}{0,025} = 2,4 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{Вт};$$

$$R_{\text{сцц}} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,38}{0,79} = 0,48 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{Вт};$$

$$R_{\text{псб}} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,02}{0,18} = 0,11 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{Вт};$$

$$\sum R_3 = 0,48 + 2,4 + 0,11 = 2,99 < 3,3 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{Вт};$$

$$R_{\text{min}} = 3,3 - 2,99 = 0,31 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{Вт}.$$

Отже, необхідно додати товщину ППУ:

$$d = R \times \lambda = 0,31 \times 0,025 = 0,008 \text{ м}.$$

Таким чином, необхідна товщина ППУ становить:

$$d = 60 + 8 = 68 \text{ мм}.$$

В наведених вище формулах використані наступні позначення:

$R_{\text{ппу}}$ - термічний опір пінополіуретану.

3.4.4 Термічний опір теплопередачі гранульованого пінополістиролу

$$\sum R_4 = (R_{\text{гпс}} + R_{\text{сцц}}) \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{Вт};$$

$$R_{\text{гпс}} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,1}{0,042} = 2,38 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{Вт};$$

$$R_{\text{сцц}} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,38}{0,79} = 0,48 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{Вт};$$

$$\sum R_4 = 2,38 + 0,48 = 2,86 < 3,3 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{Вт};$$

$$R_{\text{min}} = 3,3 - 2,86 = 0,44 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{Вт};$$

Отже, необхідно додати товщину:

$$d = R \times \lambda = 0,44 \times 0,042 = 0,0185 \text{ м};$$

Таким чином, необхідна товщина ГПС становить:

$R_{\text{гпс}}$ - Термічний опір гранульованого пінополістиролу

3.4.5 Термічний опір теплопередачі рідкої керамічної теплоізоляції

$$\begin{aligned}\sum R_5 &= (R_{\text{ркт}} + R_{\text{сцц}}) \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{Вт}; \\ R_{\text{ркт}} &= \frac{d}{\lambda} = \frac{0,002}{0,0018} = 1,11 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{Вт}; \\ R_{\text{сцц}} &= \frac{d}{\lambda} = \frac{0,38}{0,79} = 0,48 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{Вт}; \\ \sum R_4 &= 1,11 + 0,48 = 1,59 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{Вт};\end{aligned}$$

ВИСНОВКИ

1. Описана експериментальна частина дипломного проекту.
2. Розроблено методика проведення лабораторного експерименту з дослідження ефективності теплоізолюючих матеріалів.
3. Розроблено конструкцію та виготовлено випробувальний стенд для проведення лабораторного експерименту. Виконано комплекс досліджень ефективності теплоізолюючих матеріалів.
4. Доведено що всі дослідженні теплоізоляційні матеріали дозволяють забезпечити ефективний тепловий захист стіни умовної будівлі у порівнянні із ситуацією відсутністю захисту на стіні.
5. У порівнянні між собою з точки зору ефективності теплозахисту всі розглянуті матеріали за виключенням рідкої керамічної теплоізоляції показали дуже близькі результати – розкид температур в контрольованій точці стіни (на відстані 5см від поверхні нагріву) після трьох годин експерименту не перевищує 2 градуси. В трьохгодинному експерименті найгірші показники має рідка керамічна теплоізоляція – температура в зазначеній контрольованій точці вища за інші матеріали на 12 градусів.
6. Залежності температури в замірній точці від часу прогріву в трьохгодинному експерименті для всіх розглянутих матеріалів можуть бути описані з коефіцієнтом апроксимації не менше 0,9 логарифмічною функцією.
7. У 12-годинному експерименті встановлено, що у разі використання полістиролбетону загальний прогрів стіни (рівень підвищення температури по

товщині стіни) є сильнішим, ніж при використанні екструдованого пінополістиролу.

8. Температура залишалася постійною на рівні 20 градусів в разі екструдованого полістиролу протягом останніх 6 годин експерименту, тоді як під час використання полістиролбетону вона зростала протягом всього експерименту та стабілізувалася тільки наприкінці дослідів, на 11 годині прогріву.

9. Різниця температур в останній замірній точці (t_6) між двома матеріалами (екструдований пінополістирол та полістиролбетон) становить 1 градус, тобто тепло передається від стіни в приміщення з однаковою динамікою незалежно від матеріалу.

10. Полістиролбетон показує стабільну характеристику $T_1 = f(t)$ як в 3-годинному так і 12-годинному експерименті – вказана залежність в обох випадках описується однаковими функціями з однаковими коефіцієнтами та похибкою апроксимацій що дозволяє прогнозувати поведінку конструкції захищеної полістиролбетоном.

11. Проведено розрахунок термічного опору матеріалів з параметрами які застосовувані в експерименті. Доведено що полістиролбетон і екструдований пінополістирол відповідають мінімальним значенням термічного опору згідно ДБН [3], а гранульований пінополістирол, пенополеуретан і рідка керамічна мікросфер потребують збільшення товщини теплоізоляційного матеріалу в порівняльні з експериментальною товщиною.

12. Згідно з отриманими результатами для утеплення стіни будівлі з додержанням мінімально припустимих показників термічного опору може бути рекомендована конструкція полістиролбетону з наступними параметрами: товщина плитки полістиролбетона щільність 300 кг/м³-60мм; ширина замкнутої повітряної камери між стіною и плиткою полістиролбетону – 60мм; загальна товщина теплоізолюючої системи 120мм; показник термічного опору теплопередачі системи «полістиролбетон замкнута повітряна камера» – 2,83 М²×С°/Вт.

РОЗДІЛ 4

Порівняльний аналіз досліджуваних теплоізолюючих матеріалів

У таблиці 4.1 наведені матеріали які часто використовуються в утеплення зовнішніх будівель і споруд:

1. Пінополістирол;
2. Пінополістирол екструдований;
3. Вата базальтова;
4. Плитки з пінополіуретана;
5. Керамічні мікросфері;
6. Полістиролбетон.

Ці матеріали були порівняні між собою за такими критеріями (табл. 4.1):

1. Товщина термоізолятора;
2. Термічного опору теплопередачі;
3. Вогнестійкість;
4. Паропроникність;
5. Термін ефектвної роботи;
6. Повна длительность життя;
7. Загальна вартість, грн/м².

Зазначені параметри приймалися для аналізу згідно даних від виробників та продавців цих матеріалів.

Аналіз даних, наведених в табл. 4.1, дозволяє зробити наступні висновки.

Полістиролбетон на фоні всіх матеріалів виглядає дуже привабливо. Всі його характеристики і властивості краще або рівні іншим матеріалам. Довговічність матеріалу це дуже важлива характеристика і у полістиролбетону вона велика чого не можна сказати про інші матеріали. Так само полістиролбетон не втрачає свою ефективність, як інші матеріали.

За загальної вартості матеріалів полістиролбетон поступається тільки рідкої керамічної мікросфері, але показники ефективності у полістиролбетону набагато вище, це і пояснює різницю в ціні.

Керамічну мікросферу краще застосовувати для утеплення архітектурно важливих споруд, щоб не зіпсувати зовнішній вигляд будівлі. Або використовувати керамічну мікросферу в парі з іншим утеплювачем для підвищення ефекту. Наприклад: після монтажу полістиролбетонних плит поверхню фарбують фарбою. Можна перед фарбуванням поверхні фарбою нанести керамічну мікросферу.

Таблиця 4.1 - Порівняльний аналіз досліджуваних теплоізолюючих матеріалів

Системи зовнішнього утеплення фасадів						
Назва термоізолятора	Пінополістирол	Пінополістирол екструдований	Вата базальтова	Плитки з пінополіуретану	Керамічні мікросфери	Полістирол бетон
Товщина термоізолятора	120 мм	100 мм	140 мм	80 мм	1,5-2 мм	120мм
Термічного опору теплопередачі	3,3	3,3	3,3	3,3	1,11	3,31
Вогнестійкість	Г1	Г2	НГ	Г3	НГ	НГ
Паропроникність	0,017-0,02	0,013	0,3-0,55	0,55	0,02	0,05
Термін ефективної роботи	15	50	15	50	15	100
Повна тривалість життя	30	50	30	50	15	100
Ціна, грн/м ²	320	550	550	590	250	400
Установка вартість, грн/м ²	200	200	200	150	100	200
Загальна вартість, грн/м ²	520	750	750	740	350	600

ВИСНОВКИ

1. Виконаний порівняльний аналіз всіх розглянутих в роботі ізолюючих матеріалів за такими показниками як термічний опір теплопередачі, вогнестійкість, паропроникність, термін ефективної роботи, повна тривалість життя, загальна вартість.

2. Доведено що полістиролбетон має характеристики і властивості краще або рівні іншим матеріалам. Важливою суттєвою перевагою є його значно більша повна тривалість життя ніж у інших матеріалів, що у сукупності з ціною робить полістиробетон привабливим для утеплення приватних будинків.

3. Керамічну мікросферу краще застосовувати для утеплення архітектурно важливих споруд, щоб не зіпсувати зовнішній вигляд будівлі, або використовувати керамічну мікросферу в парі з іншим утеплювачем.

ВИСНОВКИ

Основними результатами отриманими в роботі є наступні:

1. Виконано аналіз властивостей, переваг та недоліків полістиролбетону з точки зору його використання як декоративного утеплювача будинків.
2. Розроблено методика проведення лабораторного експерименту з дослідження ефективності теплоізолюючих матеріалів.
3. Розроблено конструкцію та виготовлено випробувальний стенд для проведення лабораторного експерименту. Виконано комплекс досліджень ефективності теплоізолюючих матеріалів.
4. Доведено що всі дослідженні теплоізоляційні матеріали дозволяють забезпечити ефективний тепловий захист стіни умовної будівлі у порівнянні із ситуацією відсутністю захисту на стіні.
5. Полістиролбетон показує стабільну характеристику $T_1 = f(t)$ як в 3-годинному так і 12-годинному експерименті – вказана залежність в обох випадках описується однаковими функціями з однаковими коефіцієнтами та похибкою апроксимацій що дозволяє прогнозувати поведінку конструкції захищеної полістиролбетоном.
6. Проведено розрахунок термічного опору матеріалів з параметрами які застосовували в експерименті. Доведено що полістиролбетон і екструдований пінополістирол відповідають мінімальним значенням термічного опору згідно ДБН, а гранульований пінополістирол, пенополеуретан і рідка керамічна мікросфер потребують збільшення товщини теплоізоляційного матеріалу в порівнянні з експериментальною товщиною.
7. Згідно з отриманими результатами для утеплення стіни будівлі з додержанням мінімально припустимих показників термічного опору може бути рекомендована система утеплення на основі полістиролбетону з наступними параметрами: товщина плитки полістиролбетона щільність 400 кг/м^3 -60мм; ширина замкнутої повітряної камери між стіною и плиткою полістиролбетону – 60мм; загальна товщина теплоізолюючої системи 120мм; показник термічного

опору теплопередачі системи «полістиролбетон - замкнута повітряна камера» – $2,83 \text{ M}^2 \times \text{C}^\circ / \text{Вт}$.

8. Виконаний порівняльний аналіз всіх розглянутих в роботі ізолюючих матеріалів за такими показниками як термічний опір теплопередачі, вогнестійкість, паропроникність, термін ефективної роботи, повна тривалість життя, загальна вартість. Доведено що полістиролбетон має характеристики і властивості краще або рівні іншим матеріалам. Важливою суттєвою перевагою є його значно більша повна тривалість життя ніж у інших матеріалів, що у сукупності з ціною робить полістиробетон привабливим для утеплення приватних будинків.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Куди йде тепло і навіщо утеплювати будинок? [Електронний ресурс] // Інформаційний ресурс «тепло26.рф». – Заголовок з екрану. Режим доступу: <http://тепло26.рф/stati/kuda-uhodit-teplo-ili-zachem-uteplyat-dom.html>
2. Утепили фасад - чекай неприємностей? [Електронний ресурс] // Інформаційний рес <http://licceramic.com.ua.рф>. – Заголовок з екрану. Режим доступу: <http://licceramic.com.ua/article/271-insulate-facade-expect-trouble>
3. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. – [чинний від 01.04.2017]. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства, 2017. – (Державні будівельні норми).
4. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації: ДБН В.2.6-33:2008. – [чинний від]. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства, 2008. – (Державні будівельні норми).
5. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги: ДСТУ Б В.2.6. -34: 20. – [чинний від]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – (Національні стандарти України).
6. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28-2006. – [чинний від]. – К. : Мінбуд України, 2006. – (Державні будівельні норми).
7. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами): ДСП-201-97 - [чинний від 09.07.97]. – К. : Міністерство охорони здоров'я України – (Державні санітарні правила)
8. Норми радіаційної безпеки України: ДГН 6.6.1.-6.5.001-98 – [чинний від 01.12.1997]. – К. : Міністерство охорони здоров'я – (Державні гігієнічні нормативи).
9. Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. Основні положення: ДБН В.1.4-0.01-97.- [чинний від 01.01.1998]. – К. : НВФ "Роса" - (Державні гігієнічні нормативи).

10. Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. Типові документи: ДБН В.1.4- 0.02. - [чинний від 01.01.1998]. – К. : НВФ "Роса" - (Державні гігієнічні нормативи).
11. Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві: ДБН В.1.4-1.01-97. - [чинний від 24 07 1997]. – К. : Державний комітет України у справах містобудування та архітектури- (Державні гігієнічні нормативи).
12. Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. Посібник: ДБН В.1.4-2.01-97. [чинний від 09.01.1996]. – К. : НВФ "Роса" - ДБН (Державні Будівельні Норми)
13. Пожежна безпека об'єктів будівництва: ДБН В.1.1.7–2002. – [чинний від]. – К. : Держбуд України, 2003. – (Державні будівельні норми).
14. Характеристики современных теплоизоляционных материалов [Електронний ресурс] // Інформаційний ресурс «www.stroy-dom.net». – 11.04.2015. Режим доступу: <http://www.stroy-dom.net/?p=4039>
15. Кабанов В. А. и др. т.2 Л - Полинозные волокна // Энциклопедия полимеров. — М.: Советская Энциклопедия, 1974. — 1032 с.
16. Пенополистирол [Електронний ресурс] // Інформаційний ресурс «mfina.ru». – 11.04.2015.– Режим доступу: <http://www.stroy-dom.net/?p=4039>
17. Классификация пенополимеров [Електронний ресурс] // Інформаційний ресурс «helpiks.org». – 11.04.2015. Режим доступу: <http://helpiks.org/3-92759.html>
18. Павлов В. А. Пенополистирол. — М.: «Химия», 1973
19. Хренов А. Е. Миграция вредных примесей из полимерных материалов при возведении подземных сооружений и прокладке коммуникаций // Горный информационно-аналитический бюллетень. — № 7. — 2005.
20. Таблица строительных материалов [Електронний ресурс] // Інформаційний ресурс «teplo-ppu.ru». – 11.04.2015. Режим доступу: http://www.teplo-ppu.ru/index.php?id_page=36
21. Семенов С. А. Разрушение и защита полимерных материалов при эксплуатации в условиях воздействия микроорганизмов // Диссертация на

соискание степени доктора технических наук, РАН Институт химической физики им. Н. Н. Семенова. — М., 2001.

22. Пенополистирол - характеристики и критерии выбора [Электронный ресурс] // Інформаційний ресурс «srbu.ru». – 11.04.2015. Режим доступу: <http://srbu.ru/stroitelnye-materialy/73-penopolistirol-kharakteristiki-uteplitelya.html>

23. Пенополистирол: технические характеристики теплоизолятора [Электронный ресурс] // Інформаційний ресурс «microklimat.pro». – 11.04.2015. Режим доступу: <http://microklimat.pro/uteplenie/ekstrudirovannyj-penopolistirol-technicheskie-kharakteristiki-teploizolyatora.html>

24. Сравнение экструдированного пенополистирола и пенопласта [Электронный ресурс] // Інформаційний ресурс «teplex.ru». – 11.04.2015. Режим доступ <http://www.teplex.ru/material/penoplast/>

25. Вред и польза экструдированного пенополистирола [Электронный ресурс] // Інформаційний ресурс «1poteply.ru». – 11.04.2015. Режим доступ <http://1poteply.ru/utepliteli/vreden-li-penopolistirol-ekstrudirovannyj.html>

26. Базальтовая вата: технічні характеристики, застосування і шкоду [Электронный ресурс] // Інформаційний ресурс «ukroporadi.ru». – 11.04.2015. Режим доступ <http://ukroporadi.ru/budinok-i-rodina/12546-bazaltova-vata-tehnichni-harakteristiki.html>

27. ТЕЗОЛАТ жидкая керамическая теплоизоляция [Электронный ресурс] // Інформаційний ресурс «dnepkraska.com.ua». – 11.04.2015. Режим доступ <http://dnepkraska.com.ua/catalog/600/tezolat/>

28. Styropor: a BASF invention [Электронный ресурс] // Інформаційний ресурс «plasticsportal.net»
Режим доступ https://www.plasticsportal.net/wa/plasticsEU~en_GB/portal/show/common/content/literature/plastics/0208/plastics_styropor_a_basf_invention

29. Беляков В.О. "Міцнісні, деформаційні та експлуатаційні властивості полістиролбетону для будівельних конструкцій і виробів" Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – с. 132-134; 146

30. Панталеенко В.Н., Крупенская Л.С. Исследование режимов микротрещинообразования стиропорбетона / Сб. научн. тр. Способы строительства и материалы, применяемые при нефтегазовом строительстве в условиях севера./ ВНИИСТ – М.: 1980. – С. 123-130.
31. Вайсбурд А.М., Тер-Осипянц Ф.Т. Применение полистиролбетона в СССР и за рубежом. Обзорн. инф. / Уз НИИНТИ – Ташкент, 1976. – 40 с.
32. Отчет испытания качества симпролит изоляционных панелей / Институт материалов и конструкций при Строительном факультете Белградского университета; Рук. М. Муравлев, Д. Йевтич – Инв. 13094. – Белград, 2001. – 8 с.
33. Цифровой контактный термометр PeakMeter PM6501, от -50 до 750 градусов [Электронный ресурс] // Информацийний ресурс «prom.ua» Режим доступ: <https://prom.ua/ua/p492301109-tsifrovoj-kontaktnyj-termometr.html>
34. Optris LaserSight Пирометр инфракрасный [Электронный ресурс] // Информацийний ресурс «energytools.com.ua» Режим доступ: <https://energytools.com.ua/p37774658-optris-lasersight-pirometr.html>