

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)

Кафедра будівельної механіки
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Розроблення та дослідження теплоізоляційного матеріалу**
на основі листя дерев

Виконала : студентка 6 курсу, групи МБ_{нм}-61
спеціальності 192

Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Громосьяк Н.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Ковальчук Я.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Данильченко С. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Ясній В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ясній В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« » 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

студентці Громосяк Надії Андріївни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення та дослідження теплоізоляційного матеріалу на основі листя дерев

Керівник роботи Ковальчук Ярослав Олексійович, к.т.н., доцент.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « » 20 року № .

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Розробити теплоізоляційний матеріал на основі листя дерев та різними типами в'язучих речовин та дослідити їх теплотехнічні характеристики

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналіз останніх публікацій та огляд літературних джерел за темою досліджень; методика проведення експериментальних досліджень; результати експериментальних досліджень; Аналіз результатів експериментальних досліджень; охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях; загальні висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Прилад для експериментального визначення коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів; процес виготовлення зразків; металева опалубка для формування; натурні зразки; динаміка залежності проходження теплового потоку через зразки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основний розділ	Ковальчук Я.О., к.т.н., доц.		
Охорона праці	Каспрук В.Б. к.т.н., доц.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С., ст. викл.		
Нормоконтроль	Данильченко С.М., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури	05.10.2020	
2	Виготовлення зразків суцільного перерізу	12.11.2020	
3	Зняття опалубки	02.12.2020	
4	Тарування приладу	20.12.2020	
5	Дослідження теплопровідності	10.01.2021	
6	Аналіз отриманих результатів	28.01.2021	
7	Виготовлення зразка пустотного перерізу	02.02.2021	
8	Дослідження теплопровідності	27.02.2021	
9	Статистична обробка результатів	01.03.2021	
10	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	14.03.2021	
11	Загальні висновки	20.03.2021	

Студентка

_____ (підпис)

Громосяк Н.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Ковальчук Я.О.

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1	8
СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ТЕПЛОІЗОЛЮВАННЯ БУДІВЕЛЬ	8
1.1 Проблематика забезпечення енергетичної ефективності будівель.....	8
1.2 Процес теплообміну в огорожувальних конструкціях. Сучасні теплоізоляційні матеріали та їх характеристики	9
1.3 Огляд літературних джерел за тематикою дослідження.....	11
1.4 Аналіз і узагальнення відомих результатів досліджень.....	17
1.5 Формулювання завдань для власних досліджень	17
1.6 Висновки за розділом 1.....	18
РОЗДІЛ 2	19
МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	19
2.1 Обґрунтування вибору наповнювача теплоізоляційного матеріалу.....	19
2.2 Підбір та обґрунтування в'язучих речовин.....	20
2.3 Конструкція приладу для визначення коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів	21
2.4 Методика виконання експериментальних дослідів.....	25
2.5 Висновки за розділом 2.....	29
РОЗДІЛ 3	30
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	30
3.1 Визначення теплопровідності натурних зразків.....	30
3.1.1 Тарування приладу для дослідження теплотехнічних характеристик	30
3.1.2 Дослідження теплотехнічних характеристик зразка на основі листя дерев у поєднанні з рідким склом	34

3.1.3 Дослідження теплотехнічних характеристик зразка на основі листя дерев у поєднанні з клеєм ПВА.....	37
3.1.4 Дослідження теплотехнічних характеристик зразка на основі листя дерев у поєднанні з вапном.....	41
3.1.5 Аналіз отриманих результатів для виявлення напрямку подальших досліджень.....	45
3.1.6 Дослідження теплотехнічних характеристик зразка з пустотами на основі листя дерев у поєднанні з рідким склом.....	46
3.2 Порівняння отриманих результатів з аналогічними для інших теплоізоляційних матеріалів	50
3.3 Рекомендації для практичного застосування розроблених теплоізоляційних матеріалів	51
3.4 Висновки за розділом 3.....	52
РОЗДІЛ 4	53
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	53
4.1. Охорона праці.....	53
4.1.1. Законодавча та нормативна база України про охорону праці.....	53
4.1.2 Вимоги з техніки безпеки та охорони праці на виробництві при виготовленні теплоізоляційних матеріалів та виробів.....	55
4.1.3 Основні вимоги та правила техніки безпеки під час роботи в науково-випробувальній лабораторії будівельних матеріалів, виробів і конструкцій ТНТУ ім. І Пулюя	57
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	58
4.2.1 Підвищення стійкості роботи будівельних підприємств у воєнний час	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	63
БІБЛІОГРАФІЯ.....	64

ВСТУП

Будівельна галузь є однією з швидкозростаючих серед усіх галузей народного господарства [1]. У ХХ столітті завдяки розвитку індустріалізації було розроблено низку різноманітних видів теплоізоляційних матеріалів, що містять хімічно похідні інгредієнти. Дослідження останніх років показали, що такі матеріали негативно впливають на людський організм у довгостроковій перспективі. Їх переробка - це складний та дороговартісний процес, тому з'являється скупчення небезпечних відходів. У ХХІ столітті увага приділяється здебільшого розробці нових екологічно чистих теплоізоляційних матеріалів.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи зумовлена постійним підвищенням вартості енергоносіїв і збільшенням вимог до енергозбереження при експлуатації будівель в державній і галузевій нормативно-технічній документації, яка адаптована до міжнародних норм. Ці аргументи стосуються не лише нових будівельних об'єктів, але й будівель, які знаходяться в експлуатації. Дослідження згідно теми кваліфікаційної роботи, крім цього, дають можливість вирішити сезонну проблему утилізації листя, отримавши при цьому екологічно чистий теплоізоляційний матеріал з нульовою вартістю основного компонента.

У роботі досліджено інноваційні рішення – використання листя дерев у поєднанні з різними типами в'язучих матеріалів як основного компонента для елементів утеплення будівель. Результати досліджень дають можливість підвищити енергоефективність будівельних об'єктів та зменшити вартість їх експлуатації, тим самим підвищити їх конкурентоздатність на будівельному ринку.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконано на основі енергетичної стратегії України на період до 2030 року [2], враховуючи Галузеву програму підвищення енергоефективності у будівельній галузі на 2010-2014 роки [3] згідно тематики науково-дослідних робіт кафедри будівельної механіки ТНТУ імені Івана Пулюя.

Метою роботи є отримання теплоізоляційних матеріалів на основі листя дерев, які доцільно використовувати для теплоізоляції огорожувальних конструкцій в житловому і промисловому будівництві.

Задачі роботи. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- сформувані можливі технологічні варіанти отримання матеріалів на основі листя дерев;
- виявити закономірності теплопередачі через такі матеріали;
- порівняти властивості цих матеріалів з аналогічними властивостями відомих теплоізоляційних матеріалів;
- розробити рекомендації щодо їх практичного застосування.

Об'єктом дослідження є зразки, виготовлені на основі сухого листя дерев з різними видами в'язучих матеріалів.

Предметом дослідження є процес теплопровідності отриманих будівельних матеріалів на основі листя дерев.

Методами дослідження є аналіз існуючих досліджень щодо енергоефективності будівель, натурний експеримент з отриманими зразками приладом для визначення коефіцієнта теплопровідності, апроксимація результатів експериментальних досліджень, їх порівняння та узагальнення.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що:

- вперше виявлено теплоізоляційні властивості матеріалів на основі листя дерев у поєднанні з рідким склом, вапном і клеєм ПВА;
- розширено методіку визначення коефіцієнта теплопередачі отриманих матеріалів на основі листя дерев;
- запропоновано метод підвищення енергоефективності будівель шляхом застосуванням теплоізолюючих матеріалів з низьким коефіцієнтом теплопровідності на основі листя дерев.

Практичне значення отриманих результатів полягає в створенні дешевого теплоізоляційного матеріалу на основі листя дерев для підвищення енергоефективності будівель в процесі будівництва та реконструкції.

Апробація результатів магістерської роботи виконана на IV Міжнародній студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» [4].

Публікація результатів магістерської роботи здійснена у збірнику матеріалів Міжнародної студентської науково-технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» [4].

Ключові слова: листя дерев, рідке скло, теплоізоляційні матеріали, теплові витрати, коефіцієнт теплопровідності, огороджувальні конструкції.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ТЕПЛОІЗОЛЮВАННЯ БУДІВЕЛЬ

1.1 Проблематика забезпечення енергетичної ефективності будівель

Важливою проблемою сучасності є для людства є створення максимально комфортного та зручного житла. Будівельна галузь розвивається швидкими темпами, інвестуючи 30–40% загальних світових базових ресурсів. Створюються нові будівельні матеріали та технології їх застосування. Однією з причин такого динамічного розвитку стала проблема подорожчання енергетичних ресурсів.

Енергія використовується на кожному етапі життєвого циклу будівлі (проектуванні, будівництві, прийомі в експлуатацію, експлуатації, ремонті, реконструкції, припиненні експлуатації будівлі). Сучасне будівництво стало третім за величиною споживачем видобувної енергії після промисловості та сільського господарства [5]. Споживання енергії зростає внаслідок збільшення чисельності населення та урбанізації. Приблизно половина усіх невідновлювальних ресурсів (води, енергії, сировини), які споживає людство, використовується саме у будівництві [6].

Оскільки вартість енергоресурсів збільшується, то виникає питання підвищення енергетичної ефективності будівель на всіх стадіях формування будівельної продукції (розробленні проектної конструкторської та технологічної документації, виборі матеріалів і конструкцій, виконанні будівельних робіт, реконструкції існуючого житлового фонду).

Енергетично ефективним будинком можна називати той будинок, який характеризується доцільним використанням енергетичних ресурсів та поліпшеними узагальненими показниками тепловитрат у порівнянні з нормативними. Проектування енергетично ефективної будівлі зорієнтовано на створення об'єкта з компактністю забудови, з мінімальним впливом зовнішнього середовища на будівлю, яка буде захищена, в першу чергу, від значних температурних перепадів атмосферного характеру.

У приміщеннях, згідно [7] повинні бути забезпечені загальні вимоги щодо енергоефективності будівель, що враховують: теплотехнічні, питомі та геометричні, енергопотреби будівлі; місцеві кліматичні умови; функціональне призначення, довговічність огорожувальних конструкцій під час експлуатації будівлі; санітарно-гігієнічні умови, що визначають мікроклімат внутрішнього середовища.

Мікроклімат та його параметри визначаються Державними стандартами (ДСТУ) [8...10] та характеризуються такими чинниками як температура та вологість повітря, швидкість переміщення повітряних мас, стан повітря. При цьому враховується вид діяльності та кількість людей, що перебуватимуть у приміщенні.

Головним огорожувальним елементом будівлі є зовнішні стіни. Вони зазнають постійного атмосферного впливу та дії різних чинників навколишнього середовища таких як вітер, сонячна радіація, опади, вологість, температура повітря та інше. На стадії проектування та під час експлуатації будівлі повинні бути враховані можливі впливи цих чинників. Для зменшення втрат теплової енергії через огорожувальні конструкції у будівлі та створення комфортних умов потрібно забезпечити стіни достатніми теплозахисними властивостями. Одним з варіантів для досягнення цього є нанесення додаткових захисних шарів.

1.2 Процес теплообміну в огорожувальних конструкціях. Сучасні теплоізоляційні матеріали та їх характеристики

Під процесом теплообміну розуміють фізичний процес передачі енергії у вигляді теплоти від об'єктів з вищою температурою об'єктам з нижчою до настання термодинамічної рівноваги [11]. Теплопровідність – це процес передачі теплоти між структурними частинами за їхнього безпосереднього контакту без переносу речовини. В зоні нагріву збільшується інтенсивність руху молекул, енергія поширюється на молекули поряд, досягаючи областей з меншою температурою. Теплопровідність відноситься до твердих тіл, у середовищах рідких чи газоподібних воно супроводжене конвекцією.

Теплоізоляційні матеріали є ефективними будівельними елементами, оскільки дають можливість суттєво зменшити витрати на експлуатацію будівель. Матеріали повинні відповідати національним нормативним вимогам [12]. Метою теплоізоляції є пониження можливих втрат тепла та забезпечення термостійких умов в межах встановлених норм комфортності у приміщенні при коливаннях температури за межами будинку. Для забезпечення чималого теплового опору потрібно або створювати огороження великої товщини, що є економічно недоцільним, або використовувати теплоізоляційні матеріали, що дозволяють зменшити товщину огороження. Актуальним є питання виготовлення екологічно чистого та високоефективного композиційного матеріалу, що володітиме високими теплотехнічними характеристиками, буде безпечним та довговічним. У цей час більшого набуває поширення заміна будівельних пінопластів на матеріали в поєднанні з рідким склом. Перевагами таких матеріалів є:

- відштовхування вологи (виконує роль гідрофобного ізолятора, усуваючи можливі негативні наслідки від впливу води на матеріали);
- антисептичні властивості (знищує гриби, цвіль, бактерії та запобігає їх розмноженню);
- нейтралізація статичної електрики;
- забезпечення вогнестійкості матеріалу;
- мінімальні витрати матеріалів;
- невисока вартість;
- довгий термін служби.

Теплоізоляційні матеріали на основі рідкого скла характеризуються низькою густиною та теплопровідністю, високою пористістю, стійкістю до дій кислот, необмеженим терміном служби [13]. Діапазон температур експлуатації у межах від $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$ [14]. Ці матеріали не виділяють шкідливих речовин та не пошкоджуються цвіллю, бактеріями, що дає перевагу над сучасними токсичними полімерами з обмеженим строком експлуатації.

Загалом ефективні сучасні будівельні теплоізоляційні матеріали повинні задовольняти таким критеріям: середнє значення густини не повинно перевищувати 300 кг/м^3 , а коефіцієнт теплопровідності – $0,060 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$; місцева доступність, оскільки перевозити на великі відстані великий об'єм сировини при малій вазі є економічно не вигідним, мінімальне витрати енергії та сировини та виробництво.

1.3 Огляд літературних джерел за тематикою дослідження

Через збільшення тарифів на енергоносії виникла підвищена потреба у енергозбереженні будівель. Вагомим елементом технічного прогресу є створення нових ефективних теплоізоляційних матеріалів, у виробництві яких можна використовувати місцеві ресурси або відходи промисловості чи сільського господарства, тобто натуральну сировину [15...24]. Теплоізоляційний матеріал повинен мати високий опір теплопередачі та зберігати форму при експлуатаційних чи технологічних навантаженнях. Основною передумовою до забезпечення високого термічного опору є висока пористість (менша густина).

Серед відомої гама нових теплоізоляційних матеріалів, які досліджено і рекомендовано до застосування в сучасному будівництві найближчим до тематики досліджень, виконаним в магістерській кваліфікаційній роботі, є теплоізоляційні матеріали, отримані з морської трави з поєднанні з різними в'язучими речовинами [25]. Одним із джерел сировини є нагромадження морської трави (камки, зостери) у басейнах Чорного та Азовського моря [26]. На 1 м^2 може зосереджуватись біля 3-4 кг зостери. Століття тому її використовували як армуючий та теплоізоляційний матеріал для перекриттів горищ. Серед характеристик виділяють волокнисту будову, міцність та стійкість, здатність протидіяти гниттю чи горінню, захист від гризунів та мікроорганізмів [27...28].

Аби обрати раціональніший вид в'язучого матеріалу та порівняти отримані зразки використано неорганічні (вапно, рідке скло, цемент) та органічні в'язучі речовини (емульсія ПВА та целюлоза). В'язучі матеріали перемішувались з

заповнювачем механічним шляхом та розміщались у форму розміром 100x100x100 мм. Зразок піддавали пресуванню до розмірів 100x100x50 мм. Після висихання в'язкість розчину зростала, ланцюги молекул огортали заповнювач, створюючи міцне клейове з'єднання (рис. 1.1).

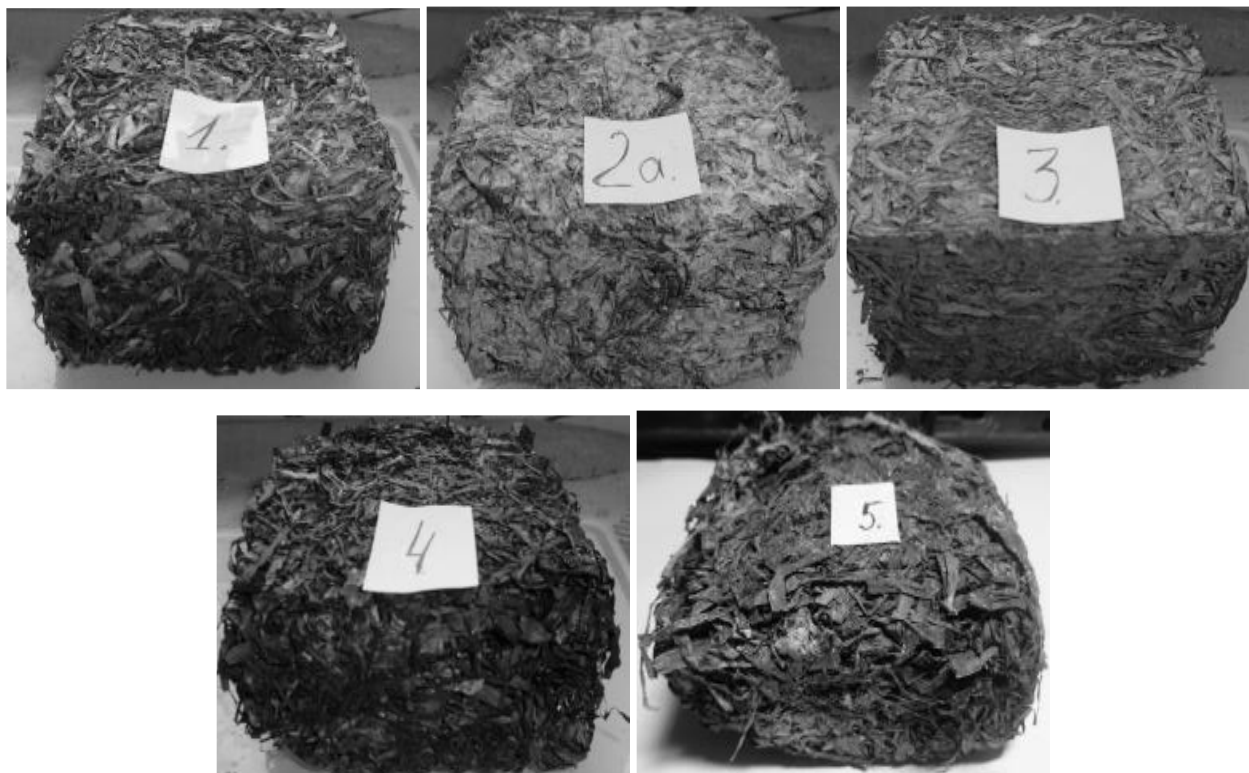


Рисунок 1.1 – Зразки теплоізоляційних матеріалів на основі морської трави з різними в'язкими матеріалами та їх номери

Зразок №1 отримано 50 г зостери та 50 г рідкого скла. Густина у сухому стані 180 кг/м³. Зразок мав незначне відгалуження морської трави, виявив велику міцність на стискання при невеликій густині (табл.1.1).

Зразок №2 містив 100 г вапна, 100 г води та 50 г зостери. Характеризувався великою густиною 400 кг/м³ (табл.1.1) та помітними розшаруваннями.

Зразок №3 отримано з 50 г цементу М400, 100 г води та 50 г морської трави. Виявлено високу міцність на стискання, проте мав високий коефіцієнт теплопровідності через низьку пористість (табл.1.1).

Зразок №4 складався з 75 г емульсії ПВА, 25 г води та 50 г зостери. Густина становила 180 кг/м^3 , мав задовільну міцність на розтяг та стиск, але утворились відгалуження трави (табл.1.1).

Зразок №5 включив 50 г клею КМЦ, 500 г води та 80 г зостери. Утворений взірець розшарувався та унеможливив застосування цих компонентів для ефективного теплоізоляційного матеріалу.

З вище перелічених в'язучих матеріалів для подальших досліджень обрано ПВА, рідке скло і цемент. З кожним із видів виготовлено по чотири взірці та прослідковано залежність міцності на стиск та густину матеріалу в залежності від вмісту в'язучої речовини. Графіки залежностей наведено на рис. 1.2, 1.3.



Рисунок 1.2 – Залежність густини матеріалу від вмісту в'язучої речовини

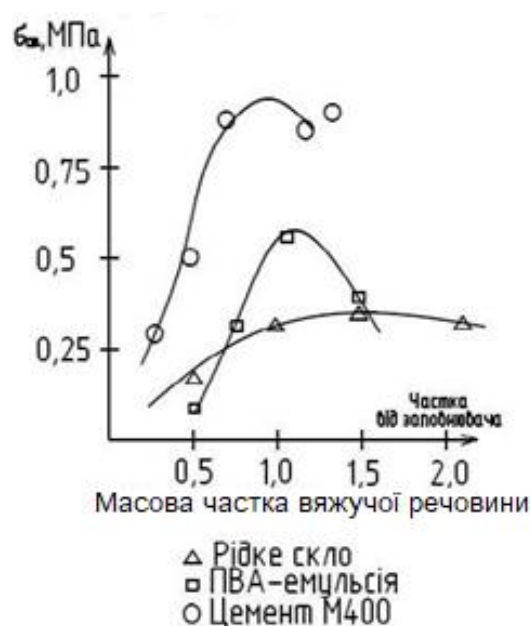


Рисунок 1.3 – Залежність міцності матеріалу на стиск при 10%-ій деформації від вмісту в'язучої речовини

Порівнюючи отримані результати, виявлено, що оптимальне співвідношення між заповнювачем з морської трави та в'язучим матеріалом рідким склом є 1:1 або 1:1,2.

Таблиця 1.1 – Основні технологічно-експлуатаційні показники ТІМ на основі зостери

№	Назва показників	Одиниці виміру	Значення				
			200	300	400	500	600
1	Об'ємна маса	кг/м ³	200	300	400	500	600
2	Коефіцієнт теплопровідності для об'ємної маси	Вт/м·К	0,049	0,062	0,071	0,075	0,087
3	Вологопоглинання протягом 10 днів -без гідрофобізатора -з гідрофобізатором	%	24,4				
		%	7,5-14				
4	Границя міцності на стиск для об'ємної маси	МПа	0,246	0,284	1,176	1,764	2,94
5	Границя міцності на згинання для об'ємної маси	МПа	0,21	0,35	0,78	1,45	2,24
6	Границя міцності на розтяг для об'ємної маси	МПа	0,025	0,028	0,034	0,041	0,055
7	Вогнестійкість		Складногорючий				
8	Стійкість до дії грибків		Біостійкий				
9	Вологість по вазі,	%	8-12				

У роботі досліджено технологічно-експлуатаційні характеристики теплоізоляційного матеріалу на основі зостери різної об'ємної маси від 200 до 500 кг/м³ та порівняно з показниками матеріалів на основі природних сировинних матеріалів (соломіт, арболіт, торфоплита, фіброліт) (табл.1.1, 1.2).

Таблиця 1.2 – Основні технологічно-експлуатаційні показники ТІМ на основі природних матеріалів

№	Назва показників	Одиниці виміру	Солюміт	Фіброліт	Арболіт	Торфоплита
1	Об'ємна маса	кг/м ³	180	400-500	400-800	170-220
2	Коефіцієнт теплопровідності для об'ємної маси	Вт/м·К	0,052	0,09-0,1	0,08-0,17	0,05-0,075
3	Вологопоглинання протягом 10 днів	%	17,0	35-45	40-85	70
4	Границя міцності на стиск для об'ємної маси	МПа	0,3	0,50-3,5	04-4,5	0,1-0,5
5	Границя міцності на згинання для об'ємної маси	МПа	0,27	0,35-1,3	0,4-1,0	0,3
6	Вогнестійкість		■	+	+	■
7	Стійкість до дії грибків		Небіостійкий	Біостійкий	Біостійкий	Небіостійкий

У роботі [29] опубліковано результати дослідження теплопровідності легких бетонів, де у ролі крупного заповнювача використовувався керамзит. Для покращення енергозберігаючих властивостей бетону та зменшення густини додано спеціальні спінюючі добавки. Цей матеріал набуває широкого використання у сучасному будівництві, оскільки володіє хорошими конструкційними та експлуатаційними властивостями, як низька щільність бетону, достатньо висока здатність протидіяти стискаючим зусиллям, здатністю чинити опір морозному впливу на конструкцію та низьким коефіцієнтом теплопровідності.

Випробовування зразків керамзитобетону проводилось за допомогою приладу ІТП-МГ4. Прилад призначений для визначення термічного опору передачі тепла та теплопровідності теплоізолюючих матеріалів різного призначення. Досліди проводились з використанням методу створення місцевого

теплового потоку, який проникав через тіло зразка плоскої форми та певної товщини і фіксується термоіндикаторами на протилежній стороні зразка.

В якості зразка використовується квадрат розмірами 250×250 мм, товщина повинна знаходитися в межах від 5 до 50 мм. Після виготовлення зразок висушувався, в процесі чого проводилися контрольні заміри маси зразка. Зразок вважається висушеним, за умови, що різниця двох послідовних замірів, інтервалом 30 хвилин, становитиме не більш 1 %. Опісля взірець поміщають у прилад ИТП-МГ4 для проведення дослідження. Для чистоти експерименту було виготовлено три зразка керамзитобетону класу В5 та В7,5 з різною густиною та пропорціями. Результати опрацювали за допомогою статистичної обробки та порівняли із сучасними матеріалами (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Журнал випробувань зразків

№ п/п	Назва зразка	Об'ємна маса, кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/(м·°С)	Похибка результатів Δ , %	Приміт.
1	2	3	5	6	7
1	Цегла силікатна	1800-2000	0,797	0,25	
2	Цегла шамотна	1850	0,847	0,35	
3	Бетон важкий	1800-2500	1,034	0,19	
4	Зразок 1 (керамзитобетон В5)	700	0,21	0,20	
5	Зразок 2 (керамзитобетон В7,5)	800	0,25	0,22	
6	Зразок 3 (керамзитобетон В7,5)	900	0,29	0,23	

Аналізуючи таблицю 1.1 можна зробити висновки, що експеримент проведений достовірно, оскільки теплопровідність досліджених зразків 1-3 збігається із табличними даними із невеликою похибкою. Проводячи порівняння із

зразками керамзитобетону помітна залежність між покращенням здійснення опору теплопередачі в залежності від зменшення густини зразка. Виходячи з отриманих результатів, коефіцієнт теплопровідності у досліджуваних зразків є найменшим, тому їх можна широко використовувати у сучасному будівництві.

1.4 Аналіз і узагальнення відомих результатів досліджень

Проведеним літературним оглядом за тематикою магістерської кваліфікаційної роботи [30...38] виявлено, що питання використання теплоізоляційних матеріалів на основі листя дерев не вивчено. Найближчими до теми роботи є дослідження теплоізоляційних матеріалів на основі морської трави з використанням різних в'язучих речовин. В розглянутих матеріалах заслуговує уваги поєднання природної сировини, а саме морської трави, різними в'язучими речовинами, які доцільно використати для власних досліджень.

Виявлено, що отриманий теплоізоляційний матеріал на основі морської трави у поєднанні з рідким склом є найкращим перспективним природним матеріалом за експлуатаційними та технологічними властивостями у порівнянні з аналогічною сировиною як фіброліт, арболіт, соломіт чи торфоплита. Виробництво теплоізоляційних плит на основі зостери вирішить проблему утилізації тисяч тонн морської трави та зменшенню енергетичних витрат завдяки своїй нескладній технології виготовлення та малій енергозатратності технологічного процесу їх отримання.

1.5 Формулювання завдань для власних досліджень

Враховуючи наявність значної кількості листя дерев в осінній період і існуючу проблему його утилізації прийнято рішення дослідити варіанти його використання для теплоізоляційних матеріалів, які доцільно використовувати для теплоізоляції огорожувальних конструкцій в житловому і промисловому

будівництві. Це забезпечить нижчу вартість процесу при високих показниках енергоефективності на рівні відомих матеріалів або вищими.

Для цього необхідно розв'язати такі задачі:

- сформувані можливі технологічні варіанти отримання матеріалів на основі листя дерев;
- виявити закономірності теплопередачі через такі матеріали;
- порівняти властивості цих матеріалів з аналогічними властивостями відомих теплоізоляційних матеріалів;
- розробити рекомендації щодо їх практичного застосування.

1.6 Висновки за розділом 1

За результатами огляду літературних джерел та досліджень, що виконані іншими авторами виявлено:

- проблематику забезпечення енергоефективності будівель;
- актуальність розроблення нових екологічно чистих та високоефективних композиційних матеріалів;
- високі технологічно-експлуатаційні характеристики теплоізоляційного матеріалу на основі морської трави;
- доцільність розроблення теплоізоляційних матеріалів на основі листя дерев та проведення досліджень їх властивостей.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Обґрунтування вибору наповнювача теплоізоляційного матеріалу

У сьогодення через зростаючі темпи урбанізації та техногенного впливу на навколишнє середовище утворюється ряд екологічних проблем, пов'язаних з утилізацією різного походження відходів. Однією з таких проблем є нагромадження опалого листя восени на територіях великих індустріальних міст.

Опале листя підпадає під категорію відходів, що потребує вивезення з місць утворення за межі міста з метою складування. Природний процес розкладання біомаси листя є довготривалим і складає більше двох років, в залежності від вологості середовища [39]. Через високу вартість утилізації у сміттєнакопичувачах та переповнені звалища в Україні власники присадибних ділянок спалюють листя з іншими відходами на території своїх ділянок. Таке знищення опалого листя провокує проблеми зі здоров'ям, призводить до виникнення пожеж та забруднення повітря, оскільки до складу диму входять окиси азоту, пил, чадний гад, низка канцерогенних сполук та важкі метали [40]. Отже, проблема утилізації міського листя в Україні не вирішена.

З давніх часів листя дерев використовували для утеплення житла. Для цього вздовж стіни від підлоги встановлювали опору, між якими насипали та утрамбовували сухе листя. Товщина такої конструкції можна сягати до 30 см. Відтак у житлі було тепло без додаткового опалення. Збирати листя дерев можна восени під час посушливих періодів і отримувати основну сировину для теплоізоляції. Важливим аспектом використання природного матеріалу є поновлювання ресурсів. Враховуючи проблематику утилізації, вартість сучасних будівельних матеріалів та потребу в енергозбереженні будівель необхідно виготовити та дослідити зразки на основі сухого листя та дослідити їх в лабораторних умовах з визначенням коефіцієнту їх теплопровідності, порівнюючи з сучасними теплоізолюючими матеріалами.

2.2 Підбір та обґрунтування в'язучих речовин

В'язучий компонент є другим важливим елементом теплоізоляційного матеріалу. Він повинен добре суміщатись з наповнювачем, забезпечувати хороші клейові властивості, міцність, екологічність та протидіяти шкідникам. Отже, для вибору найкращого в'язучого та порівняння було обрано цемент, рідке скло та вапно як неорганічні складники та клей ПВА як органічний.

Рідке скло - це розчин склоподібних лужних силікатів натрію або калію, рідше літію. Найбільш дешевим є натрієве рідке скло. За своєю природою рідке скло воно являє істинний розчин неорганічних полімерів. Матеріали на основі рідкого скла - група високо пористих матеріалів, продукт термічного або хімічного спучування гідратованого розчинного скла. Теплоізоляційні матеріали, що одержувані є екологічно чисті, негорючі, на відміну від органічних матеріалів, що осідають при експлуатації, на відміну від скловолна. Технологія виготовлення теплоізоляційного матеріалу з такого неорганічного полімеру досить проста і не вимагає складного обладнання.

Вапно – в'язуча речовина отримана випалювання карбонатних гірських порід як вапняку, крейди, доломіту тощо. За наявності вапна теплоізоляційний матеріал можна переробляти в навколишнє середовище після його використання та використовувати для поліпшення ґрунту як добрива, що містить багато важливих мікроелементів. Для багатьох садових рослин оптимальна кислотність ґрунту або рН становить 6-7. Відомо, що штучні добрива підкислюють ґрунт. Кислий рН ґрунту можна підвищити шляхом його вапнування. Для основного вапнування кислих ґрунтів може знадобитися до 40-100 кг садового вапна на 100 м², для вапнування саду потрібно 10-30 кг на 100 м² кожного другого або третього року. Для зниження кислотності глини або перегною знадобиться більше вапна, ніж легкий гравій і піщані ґрунти [41]. Отож, інноваційний матеріал можна використовувати як добриво для вдосконалення ґрунту.

Одним зі поширених в'язучих речовин є цемент [42]. Цемент – це штучно створена неорганічна в'язка речовина, яка при з'єднанні з водою або іншими рідинами перетворюється в пластичну масу. Маса згодом твердіє і перетворюється на каменеvidну. Важлива відмінність цементу від схожих з ним за властивостями в'язучих матеріалів, таких, як гіпс або повітряна вапно, полягає в тому, що він має здатність набирати міцність і тверднути навіть у вологих умовах, а не тільки на повітрі. Одержують цей матеріал шляхом подрібнення клінкеру і гіпсу з додаванням спеціальних компонентів. Потім проводиться випал сировинної суміші, в процесі якого відбуваються складні фізико-хімічні реакції. Підсумком стає продукт, який можна використовувати в різних галузях і сферах.

Клей ПВА є органічним варіантом в'язучої речовини для склеювання декількох поверхонь. Клей ПВА виготовляють в спеціальних умовах за допомогою процесу полімеризації вінілацетату із захисними колоїдами та стабілізуючих активаторів реакції. Важливо, що під час процесів полімеризації вінілацетату та полівінілацетату не виділяються шкідливі речовини, що могли б зашкодити здоров'ю людини. До переваг використання можна віднести: простота застосування у виробництві зразків, утворення прозорої плівки, що надає зразку хороші водовідштовхувальні властивості і дозволяє уникати додаткової обробки від гниття [43].

2.3 Конструкція приладу для визначення коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів

Принцип роботи приладу, що визначає теплопровідність будівельних матеріалів створений на основі базових принципів дослідження коефіцієнта теплопровідності стаціонарним методом пластини [44] з врахуванням діючих нормативних документів [45].

Конструкція приладу (рис. 2.1) розроблена з врахуванням конструктивних особливостей приладу для вимірювання теплопровідності ИТМ - МГ4.

Розроблений прилад застосовується для випробування швидкості теплопередачі будівельних матеріалів стандартної форми таких як: цегла, дерев'яні бруски, мінеральна вата та інші. Стандартний розмір досліджуваного зразка передбачає наступні розміри: довжина – 250 мм, ширина – 120 мм та висотою – 65 мм (розміри стандартної керамічної цегли). За рахунок центрального розташування джерела теплової енергії в нижній частині приладу тепловий потік, що проходить через зразок направлений перпендикулярно до нижньої його грані розмірами 250×65 мм, що відображає реальні умови експлуатації виробів. Враховуючи дану особливість приладу можна зробити висновки, що він дає змогу цілком адекватно досліджувати і порівнювати результати теплопровідності різних будівельних матеріалів незалежно від їх внутрішньої структури, щільності чи анізотропічних властивостей.

За допомогою цього приладу можна забезпечити можливість досліджувати будь-які будівельні матеріали за умови дотримання вищезазначеної форми із відповідними розмірами граней. Достовірність проведених випробувань забезпечується за допомогою контрольного вимірювання коефіцієнту теплопровідності висушеної керамічної цегли суцільного перерізу із заздалегідь відомими її теплотехнічними показниками, виміряними на сертифікованому приладі. Схема дослідного приладу відображена на рисунку 2.1. Зовнішній вигляд конструкції показано на рисунку 2.2.

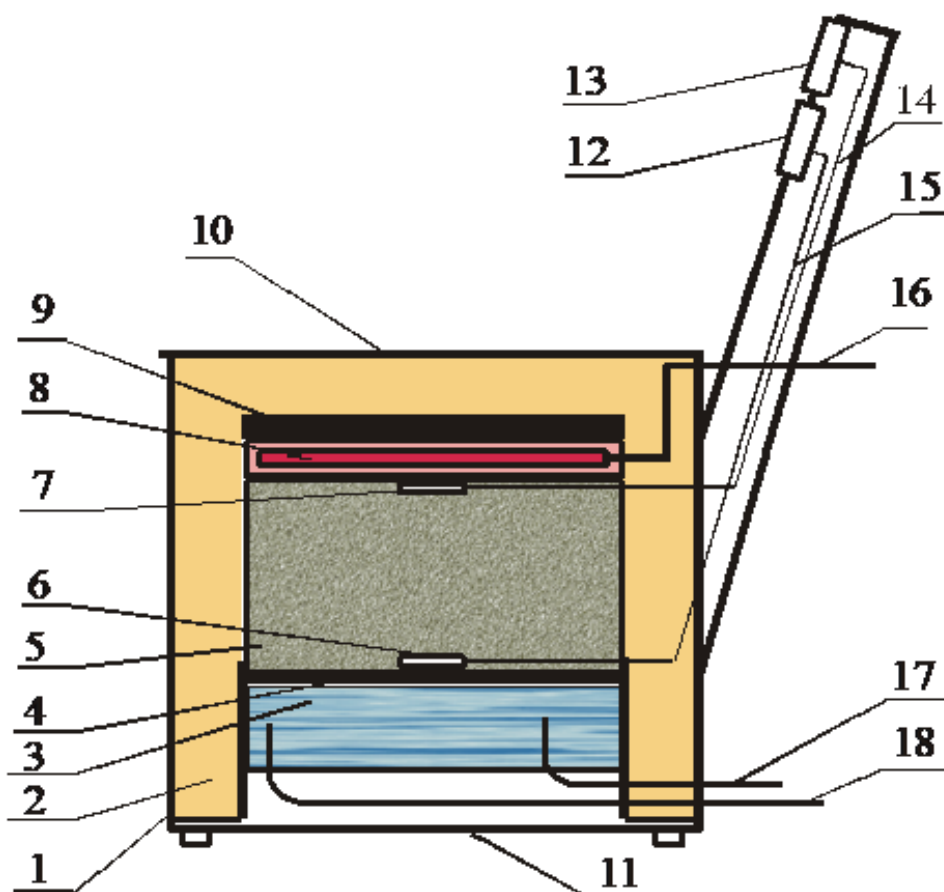


Рисунок 2.1 – Поздовжній переріз приладу для визначення коефіцієнта теплопровідності досліджуваних зразків

1 – корпус; 2 – тепловий екран; 3 – радіатор охолодження; 4 – розмежувальна пластина; 5 – зріз; 6 – нижній термодатчик; 7 – верхній термодатчик; 8 – джерело тепла; 9 – фіксатор; 10 – верхня кришка; 11 – нижня кришка; 12 – пристрій відображення температури нижнього термодатчика; 13 – пристрій відображення температури верхнього термодатчика; 14, 15 – провідники від термодатчиків; 16 – мережевий кабель живлення; 17, 18 – напірний і зливний патрубки охолоджувача.

Схема приладу для вимірювання теплопровідності складається із металевого коробчастого корпуса 1, внутрішня частина якого покрита теплоізолюючим матеріалом 2 у вигляді мінеральної вати. Охолодження приладу

реалізовано за допомогою рідинного холодильника 3 який розташований в нижній частині приладу. Процес охолодження відбувається за допомогою охолоджуючої рідини і цим самим забезпечується стабільна робоча температура розмежувальної пластини 4. Щоб дослідити зразок 5 необхідно розмістити його ложковою стороною на розмежувальній пластині 4 де розташовується нижній термодатчик 6. Із зворотної сторони зразка встановлюється верхній (контрольний) термодатчик 7 із джерелом виділення теплової енергії 8. Конструкція джерела енергії складається із нижньої та верхньої частини. Нижня частина – контактуюча пластина спів розмірна розмірам дослідного зразка (250×65 мм). Верхня частина складається із товстої сталевий пластини 6 мм 9, що створює стабільний контакт по всій поверхні зразка та рівномірно розподіляє тепло по всій поверхні зразка. Для встановлення зразка у дослідне положення необхідно зняти кришку 10, вийняти тепловідбивний екран 2 та джерело тепла 8 та розмістити зразок у відповідне положення.

Щоб контролювати параметри вимірювань у прилад влаштовані два пристрої для відображення температур від нижнього термодатчика 12 та від верхнього термодатчика 13. Фіксація часових проміжків вимірювання відбувається за допомогою окремого таймера. Передача даних які отримав термодатчик 6, 7 до пристроїв відображення температури 12, 13 відбувається через провідники 14, 15. Мережеве живлення джерела теплової енергії забезпечене через кабель 16. Для забезпечення холодильника постійною охолоджуючою рідиною в приладі передбаченні два патрубкі для подачі рідини 17, та для зливу нагрітої рідини 18. Доступ для обслуговування холодильника забезпечується через нижню кришку 11.

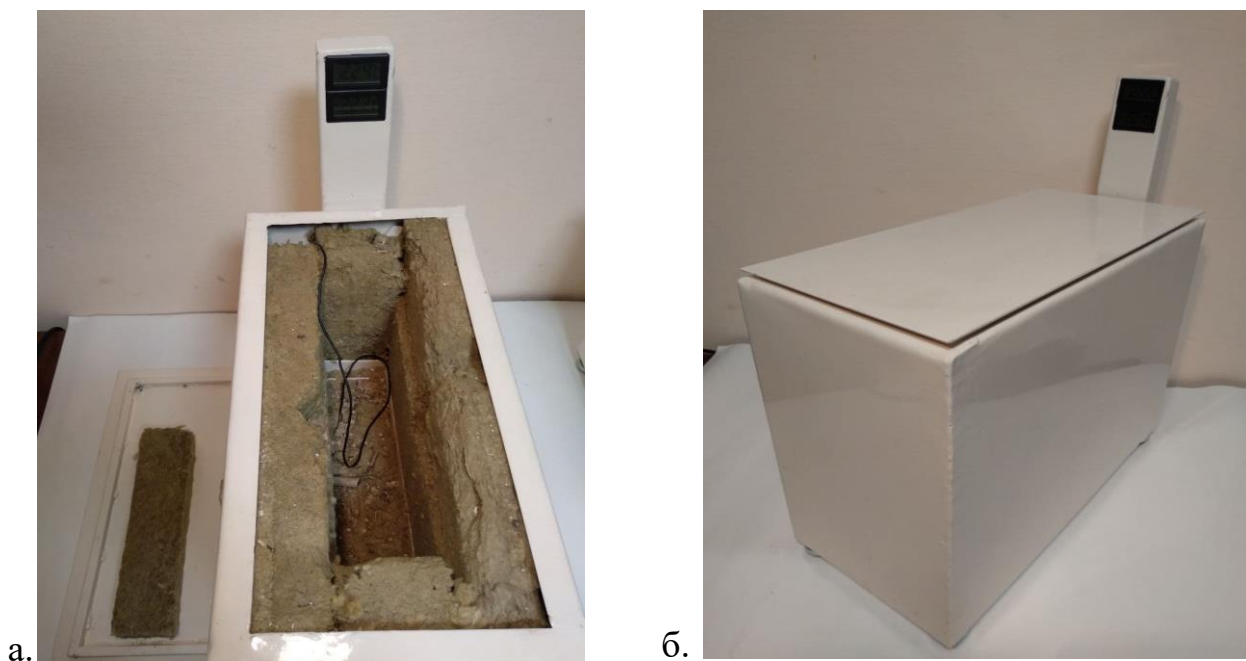


Рисунок 2.2 – Фото приладу для експериментального визначення коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів: *а* – зі знятою кришкою, *б* – у процесі дослідження

2.4 Методика виконання експериментальних дослідів

Для отримання теплоізоляційних матеріалів на основі листя дерев проведені комплексні дослідження по підбору складів, включаючи очистку від сміття та його подрібнення (за необхідності), досліджено основні фізико-механічні характеристики отриманих зразків. У дослідженнях використано суміш листя таких дерев: дуб, клен, осика, тополя, черемха. Рідке скло, вапно, клей ПВА та цемент використано у ролі в'язучої речовини.

На підготовчому етапі розроблена металева форма розмірами 250×120×65 мм для виготовлення зразків суцільного та пустотного перерізу (пустоти розмірами 80×80 мм) (рис. 2.3 а, б). Першочергові дослідження проведені на взірцях суцільного перерізу. Проаналізувавши отримані результати повторно виготовлений зразок з пустотами для підвищення ефективності опору теплопередачі матеріалом зразка.

Попередньо форми змащували машинним маслом для запобігання адгезії в'язучої речовини зі стінками опалубки (рис. 2.4) .

Для приготування робочого розчину було використана окрема тара, для змішування компонентів, а саме – сухого листя з в'язучим компонентом. Зразки витримували у формі добу, після висушували при нормальних умовах для досягнення мінімальної вологості.

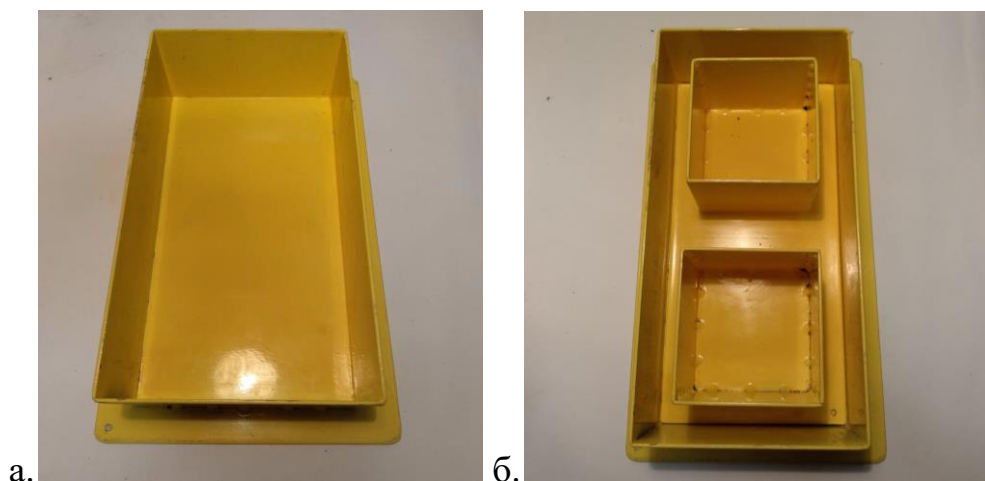


Рисунок 2.3 – Металева опалубка для формування цегли (а – суцільного перерізу; б – пустотного перерізу)



Рисунок 2.4 – Змащування форми машинним маслом для запобігання адгезії

Проведені дослідження на визначення коефіцієнта теплопровідності виконано з врахуванням особливостей, розрахованих іншими дослідниками [46...49].

Перед проведенням дослідження перевірено справність приладу, роботу нагрівника, теплодатчики повинні показувати однакову температуру, ідентичну температурі у приміщенні. Будь-які пошкодження конструктивних елементів чи електричних провідників повинні бути відсутні.

Слід визначити температурно-вологісний стан у приміщенні за показами термометра та гігрометра та зрівняти отримані дані з нормативними вимогами. Нормативні показники умов необхідних для проведення досліджень зведено в таблиці 2.1, а метрологічні – в таблиці 2.2 [50].

Таблиця 2.1 Нормативні показники для умов випробування

Назва показника	Характеристика показника
Діапазоні температур	від мінус 40 до + 200 ^o C
Тепловий потік	стаціонарний
Необхідна кількість зразків	5
Температура повітря при випробуваннях	(22±5) ^o C
Відносна вологість повітря при випробуваннях	(50±10)%
Форма зразка для випробування	прямокутний паралелепіпед
Відхилення від паралельності лицьових граней зразка	не більше 0,5 мм
Форма лицьових граней зразка	площина прямокутної форми
Розміри лицьових граней зразка	рівні за розмірами з робочими плитами приладу

Таблиця 2.2 Метрологічні показники для умов випробувань

Назва показника	Характеристика показника
Прилад визначення теплопровідності	В залежності від необхідної точності результатів

Продовження таблиці 2.2

Штангенциркуль ШЦ-I-125x0,1	Діапазон 0...125 мм, точність 0,1 мм
Штангенциркуль ШЦ-II -250x0,05	Діапазон 0...250 мм, точність 0,05 мм
Лінійка сталевна	Діапазон 0...1000 мм, точність 0,5 мм
Ваги лабораторні	Діапазон 0...5 кг, точність 0,1 г
Електрошафа сушильна	Нагрів до 110 °С, похибка до 5 °С

Спершу варто визначити густину теплового потоку приладу – кількість теплоти, що проходить через одиницю поверхні (стіни) за одиницю часу. Густина теплового потоку визначають, використовуючи еталонний зразок з відомим коефіцієнтом теплопередачі [51]. Використовують залежність, наведену нижче:

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (\tau_{si} - \tau_{se}), \text{ Вт/м}^2, \quad (2.1)$$

де q – густина теплового потоку, Вт/м²; λ – коефіцієнт теплопровідності Вт/(м·град); δ – товщина конструкції, м; $(\tau_{si} - \tau_{se})$ – перепад температур, °С.

Еталонний зразок встановлюють у прилад та вмикають нагрівання. Згідно з нормативними вимогами покази нижнього та верхнього термометра фіксують мінімум через 300 секунд та до встановлення стаціонарного теплового потоку, доки різниця показників відрізнятиметься не більш ніж на 1% після декількох послідовних випробувань з відсутніми різкими скачками.

Після встановлення стаціонарного теплового потоку, враховуючи температуру за показами теплоточків визначають його густину теплового потоку [148]. У тій же послідовності виконують дослідження зразків з невідомими теплотехнічними характеристиками. Коефіцієнт теплопровідності λ для усіх наступних випробувань визначають залежність, отриману з (2.1):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{si} - \tau_{se}}, \text{ Вт/м} \cdot \text{град}. \quad (2.2)$$

Термічний опір досліджуваного зразка визначається за вище наведеною залежністю (2.3), а саме:

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda}, \text{ м}^2 \cdot \text{град} / \text{Вт}. \quad (2.3)$$

Значення геометричні розмірів зразка визначаються штангенциркулем та лінійкою, значення маси вимірюють вагою, разом з іншими характеристиками вносять у протокол експериментальних досліджень. За отриманими даними будують графік динаміки проходження теплового потоку через зразок для стаціонарного теплового режиму [52].

За результатами досліджень роблять висновки.

2.5 Висновки за розділом 2

Враховуючи чинні вимоги нормативно-технічної документації та досвід досліджень інших авторів, розроблено методику виконання кваліфікаційної роботи для отримання зразків на основі листя дерев та визначення їх властивостей. Запропонований методичний підхід дозволяє отримати достовірні результати та порівняти їх з теплотехнічними характеристиками, визначеними з літературного огляду для відомих будівельних матеріалів.

Для проведення натурних теплотехнічних досліджень отриманих зразків використано прилад для вимірювання теплопровідності матеріалів. Тарування приладу виконано еталонним зразком суцільної стінової керамічної цегли, яку попередньо досліджено сертифікованим приладом з визначенням коефіцієнту теплопровідності та термічного опору. Це дає можливість отримати теплотехнічні характеристики власних зразків з високим ступенем достовірності та порівняти їх з відповідними параметрами відомих теплоізоляційних матеріалів.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

3.1 Визначення теплопровідності натурних зразків

3.1.1 Тарування приладу для дослідження теплотехнічних характеристик

Для дослідження теплопровідності матеріалу та його термічного опору виконано тарування приладу на зразку керамічної цегли з круглими пустотами (рис. 3.1) згідно чинних нормативних вимог [47] .



Рисунок 3.1 – Зразок висушеної керамічної цегли з круглими пустотами

Експериментальні дослідження проведено згідно п. 2.4. Результати подано у вигляді Протоколу №1. Для тарування обрано керамічну цеглу стандартних розмірів з круглими пустотами. Зразок попередньо досліджений Тернопільським регіональним центром стандартизації та метрології на сертифікованому пристрої ИТП-МГ4. Перед дослідженням теплотехнічних характеристик зразок просушили до нульової вологості, тобто до припинення втрати маси. Згідно результатів коефіцієнт теплопровідності становить $\lambda = 0,425$ Вт/м·град.

При стабілізації температур, що виявлено згідно з останніми послідовними замірами, отримано значення:

- з верхнього теплодатчика $\tau_{si} = 66,1$ °С;
- з нижнього теплодатчика $\tau_{se} = 47,5$ °С;
- різниця температур $\Delta\tau = 18,6$ °С.

За визначеною середньою товщиною зразка δ та отриманим значенням коефіцієнта теплопровідності λ , використовуючи залежність (2.1), визначено густину теплового потоку q :

$$q = \frac{0,425}{119,9 \cdot 10^{-3}} (66,1 - 47,5) = 65,9 \text{ Вт/м}^2.$$

За залежністю (2.2) з врахуванням вище отриманих значень розраховано термічний опір взірця:

$$R_k = \frac{119,9 \cdot 10^{-3}}{0,425} = 0,282 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт}.$$

Результати досліджень та розрахунків відображено у протоколі №1.

ПРОТОКОЛ № 1

Тарування приладу, дослідження теплопровідності керамічної цегли з
круглими пустотами

Досліджуваний матеріал	Еталонний зріз висушеної керамічної цегли з круглими пустотами					
Дата експерименту	10.01.2021					
Час досліду	Початок, (год., хв.)	12:00	Кінець, (год., хв.)	21:00	Тривалість, (хв.)	540
Умови середовища в лабораторії	Температура повітря, °С		19,4	Вологість повітря, %		64
Характеристика приладів						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $t=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, Вт/м ²	65,9 Вт/м ²					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед- не	Інстру- мент
Товщина зразка δ , мм	120,2	119,8	119,4	120,1	119,9	ШЦ-III
Довжина зразка, a , мм	249	251	249,5	250	249,9	ШЦ-III
Ширина зразка, b , мм	64	63	65	64	64	ШЦ-III
Маса зразка, m , кг	2,800					Вага

Продовження протоколу №1

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{м}^3$	$1,92 \cdot 10^{-3}$		Об'ємна вага матеріалу ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$	1450		Вологість матеріалу, %	0	
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda, \text{Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$					0,425			
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, $z, \text{хв.}$	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^\circ\text{C}$	Темпе ратура $\tau_{si}, ^\circ\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^\circ\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^\circ\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^\circ\text{C}$	Темпе- ратура, τ_{si} $^\circ\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	19,2	19,3	20	19,2	24,3	40	19,6	27,6
60	20,2	32,2	80	21,8	38,3	100	22,7	44,8
120	23,1	47,7	140	24,3	50,4	160	25,6	52,3
180	26,3	53,1	200	27,1	54,2	220	27,9	56,4
240	28,5	57,1	260	29,3	57,8	280	30,8	58,2
300	32,4	60,3	320	35,3	61,0	340	36,9	61,7
360	38,5	62,5	380	39,5	62,8	400	41,6	63,0
420	42,3	64,8	440	43,2	63,9	460	44,6	64,5
480	45,2	65,1	500	47,4	66,0	520	47,3	65,9
540	47,5	66,1						
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se}, ^\circ\text{C}$	$\tau_{si}, ^\circ\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau, ^\circ\text{C}$		18,6
				47,5	66,1			
Густина теплового потоку q , $\text{Вт}/\text{м}^2$				65,9	Термічний опір зразка R_k , $\text{м}^2 \cdot \text{град}/\text{Вт}$		0,282	
Дослід виконала				(підпис)		Громосяк Н.А		

3.1.2 Дослідження теплотехнічних характеристик зразка на основі листя дерев у поєднанні з рідким склом

До основних переваг отриманого матеріалу (рис 3.2) відноситься негорючість компонентів [14], відсутнє виділення хімічних похідних при високих температурах, які негативно впливають на здоров'я людей. Серед недоліків виявлено вищу, порівняно з іншими отриманими зразками, вартість в'язучого компонента.



Рисунок 3.2 Зразок для дослідження на основі листя дерев з рідким склом

За отриманими результатами експериментальних досліджень розраховані теплотехнічні характеристики зразка, а саме

- коефіцієнт теплопровідності, згідно залежності (2.2):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 65,9 \frac{119,47 \cdot 10^{-3}}{68,2 - 33,9} = 0,229 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C};$$

- термічний опір зразка за формулою (2.3):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{119,47 \cdot 10^{-3}}{0,229} = 0,522 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт}.$$

Результати досліджень та розрахунків відображено у протоколі №2.

ПРОТОКОЛ № 2

Дослідження теплотехнічних характеристик зразка на основі листя дерев у
поєднанні з рідким склом

Досліджуваний матеріал	Зразок на основі сухого листя у поєднанні з рідким склом					
Дата експерименту	14.01.2021					
Час досліду	Початок, (год., хв.)	11:30	Кінець, (год., хв.)	09:00	Трива- лість, (хв.)	1290
Умови середовища в лабораторії	Температура повітря, °С		20,0	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладів						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16\text{ }^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, Вт/м ²	65,9					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед не	Інстру- мент
Товщина зразка цегли δ , мм	118,7	119,3	120,4	119,5	119,47	ШЦ-III
Довжина зразка цегли, a , мм	250,1	249,9	250,6	249,2	249,95	ШЦ-III
Ширина зразка цегли, b , мм	65,3	64,7	64,3	65,5	64,95	ШЦ-III
Маса зразка, m , кг	0,302					Вага

Продовження протоколу №2

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{ м}^3$	$1,94 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу ρ , кг/м^3		155,7	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, z , хв.	Темпе- ратур $a \tau_{se}$, $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура τ_{si} , $^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура τ_{se} , $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура τ_{si} , $^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура τ_{se} , $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, τ_{si} , $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	19,7	19,8	30	20,8	32,2	60	22,7	38,9
90	23,0	50,0	120	25,2	54,1	150	27,2	60,4
180	28,7	61,8	210	29,8	62,3	240	30,3	62,5
270	30,8	63,2	330	31,2	63,7	390	31,4	64,1
450	31,5	65,0	510	31,6	65,1	570	31,8	65,5
630	32,2	65,8	650	32,4	66,1	750	32,6	66,5
810	32,8	67,1	930	33,0	68,3	1050	33,5	68,5
1170	33,7	68,3	1290	33,9	68,2			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				τ_{se} , $^{\circ}\text{C}$	τ_{si} , $^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta \tau$, $^{\circ}\text{C}$		34,3
				33,9	68,2			
Коефіцієнт теплопровідності λ , $\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$				0,229	Термічний опір зразка R_k , $\text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$		0,522	
Дослід виконала				(підпис)		Громосяк Н.А.		

За результатами випробувань зразка на основі листя дерев у поєднанні з рідким склом отримано графік, де візуалізовано динаміку проходження теплового потоку (рис. 3.3).

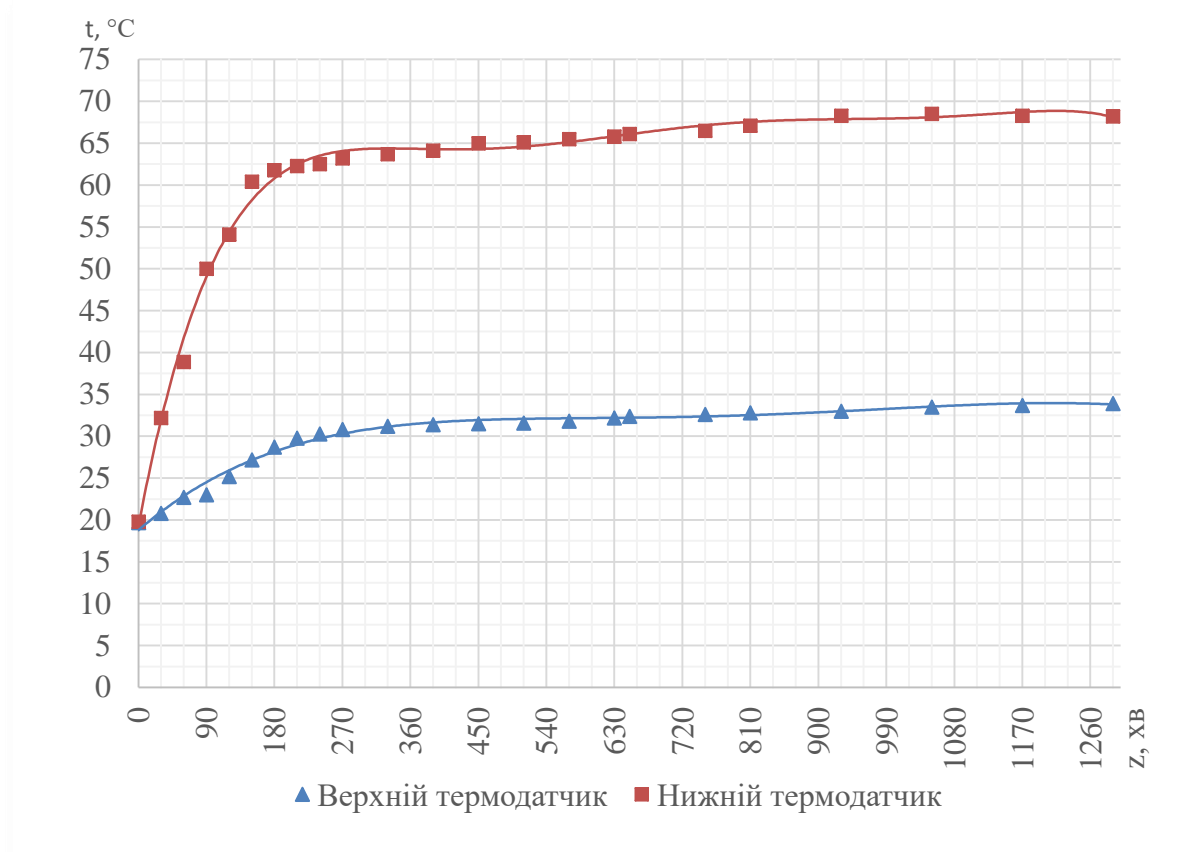


Рисунок 3.3 – Динаміка залежності проходження теплового потоку через повнотілий зразок із сухого листя та рідкого скла

3.1.3 Дослідження теплотехнічних характеристик зразка на основі листя дерев у поєднанні з клеєм ПВА

Для досягнення швидкого склеювання листя при виготовленні зразка (рис. 3.3) використано клей ПВА. Завдяки плівці, яка утворюється по периметру зразка, він набуває водовідштовхувальних властивостей та протидіє гниттю, що дозволяє зекономити на додаткових захисних заходах.

Серед недоліків такої композиції слід відзначити нижчу стійкість до загоряння матеріалу при пожежних температурах.



Рисунок 3.4 Зразок для дослідження на основі листя дерев з клеєм ПВА

За отриманими результатами експериментальних досліджень зразка на основі листя дерев з клеєм ПВА розраховані його теплотехнічні характеристики, а саме

- коефіцієнт теплопровідності згідно залежності (2.2):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 65,9 \frac{119,67 \cdot 10^{-3}}{60,4 - 34,5} = 0,304 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C};$$

- термічний опір зразка за формулою (2.3):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{119,67 \cdot 10^{-3}}{0,304} = 0,393 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт}.$$

Результати досліджень та розрахунків відображено у протоколі №3.

ПРОТОКОЛ № 3

Дослідження теплотехнічних характеристик зразка на основі листя дерев у поєднанні з клеєм ПВА

Досліджуваний матеріал	Зразок основі листя дерев у поєднанні з клеєм ПВА					
Дата експерименту	14.01.2021					
Час досліду	Початок, (год., хв.)	12:00	Кінець, (год., хв.)	02:00	Трива- лість, (хв.)	840
Умови середовища в лабораторії	Температура повітря, °С		20,0	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладів						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $t=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, Вт/м ²	65,9					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед не	Інстру- мент
Товщина зразка цегли δ , мм	119,1	118,9	120,2	120,5	119,67	ШЦ-III
Довжина зразка цегли, a , мм	250,7	249,8	249,4	251,4	250,3	ШЦ-III
Ширина зразка цегли, b , мм	65,3	64,8	64,9	65,1	65,02	ШЦ-III
Маса зразка, m , кг	0,393					Вага

Продовження протоколу №3

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{ м}^3$	$1,95 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу ρ , кг/м^3	201,5		Вологість матеріалу, %	0	
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, z , хв.	Темпе- ратур $a \tau_{se}$, $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура τ_{si} , $^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура τ_{se} , $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура τ_{si} , $^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура τ_{se} , $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, τ_{si} $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	19,8	19,9	30	21,4	38,4	60	23,7	46,9
120	27,3	54,2	180	29,5	57,2	240	30,9	58,5
300	31,8	58,6	360	32,4	58,8	420	32,8	59,0
480	33,1	59,1	540	33,4	59,5	600	33,8	59,8
660	34,0	60,4	720	34,5	60,3	840	34,5	60,4
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				τ_{se} , $^{\circ}\text{C}$	τ_{si} , $^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau$, $^{\circ}\text{C}$		25,9
				34,5	60,4			
Коефіцієнт теплопровідності λ , $\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$				0,302	Термічний опір зразка R_k , $\text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$		0,393	
Дослід виконала				(підпис)		Громосяк Н.А.		

За результатами випробувань отримано графік, де візуалізовано динаміку проходження теплового потоку через зразок на основі листя дерев з клеєм ПВА (рис. 3.5).

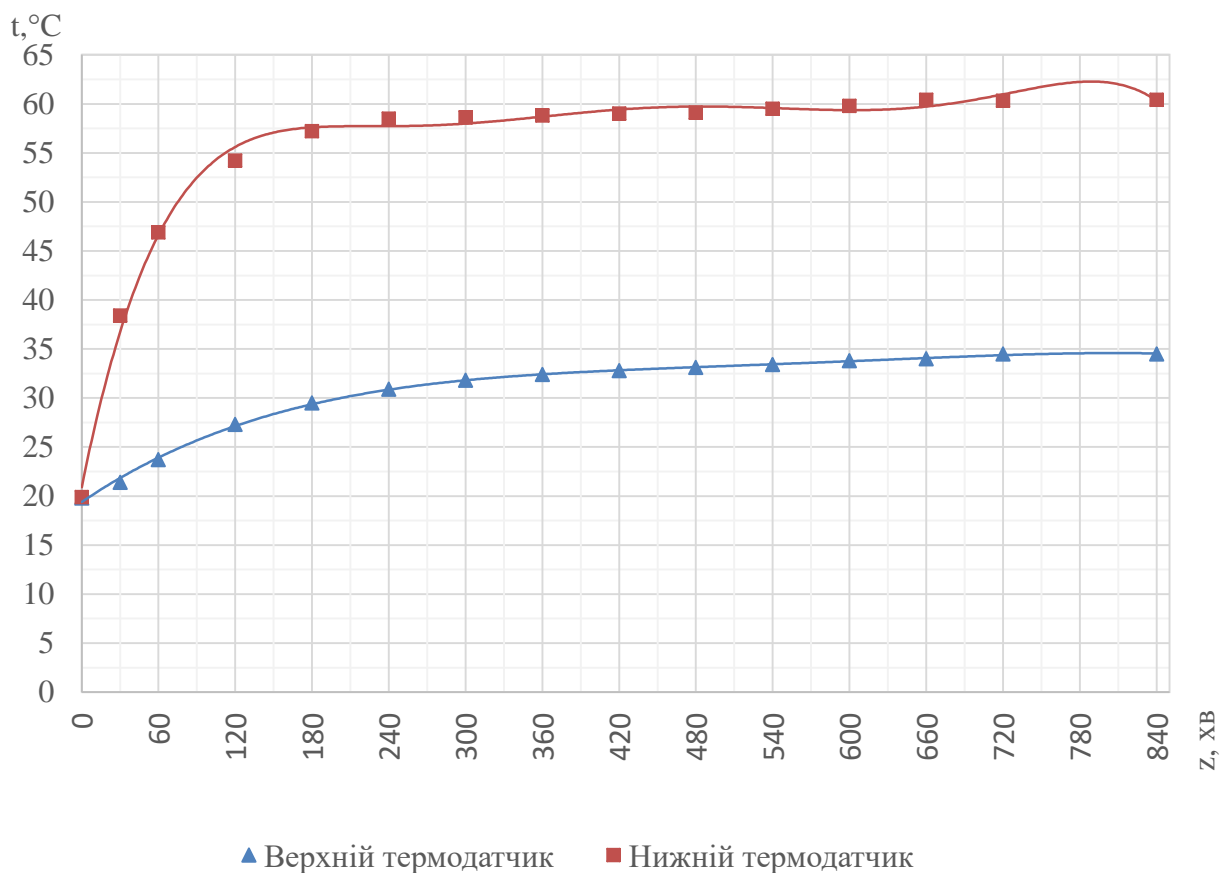


Рисунок 3.5 – Динаміка залежності проходження теплового потоку через повнотілий зразок із сухого листа та клею ПВА

3.1.4 Дослідження теплотехнічних характеристик зразка на основі листа дерев у поєднанні з вапном

Перевагою отриманого зразка є можливість його переробки при застосуванні як добриво для підвищення родючості ґрунту та його збагачення азотом. Для забезпечення довговічності, підтримання оптимального рівня вологості, запобіганню розкладанню чи появі шкідників слід додавати гашене вапно в кількості 1...5% від обсягу теплоізоляційних матеріалів [16]. Отриманий взірець зображено на рис. 3.6.



Рисунок 3.6 – Зразок для дослідження на основі листя дерев у поєднанні з вапном

За отриманими результатами експериментальних досліджень розраховані теплотехнічні характеристики зразка, а саме

- коефіцієнт теплопровідності, згідно залежності (2.2):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 65,9 \frac{119,5 \cdot 10^{-3}}{64,0 - 33,7} = 0,259 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C};$$

- термічний опір зразка за формулою (2.3):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{119,5 \cdot 10^{-3}}{0,259} = 0,461 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт.}$$

Результати досліджень та розрахунків теплотехнічних характеристик для зразка на основі листя дерев у поєднанні з вапном відображено у протоколі №4.

ПРОТОКОЛ № 4

Дослідження теплотехнічних характеристик зразка на основі листя дерев у поєднанні з вапном

Досліджуваний матеріал	Зразок на основі сухого листя та вапна					
Дата експерименту	20.01.2021					
Час досліду	Початок, (год., хв.)	12:00	Кінець, (год., хв.)	00:00	Трива- лість, (хв.)	720
Умови середовища в лабораторії	Температура повітря, °С		20,0	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладів						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $t=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, Вт/м ²	65,9					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед- не	Інстру- мент
Товщина зразка цегли δ , мм	120,2	119,3	118,9	119,6	119,5	ШЦ-III
Довжина зразка цегли, a , мм	249,9	250,0	248,9	249,7	249,6	ШЦ-III
Ширина зразка цегли, b , мм	64,7	64,8	65,2	65,1	64,95	ШЦ-III
Маса зразка, m , кг	0,766					Вага

Продовження протоколу №4

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{ м}^3$	$1,93 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу ρ , кг/м^3		396,9	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, z , хв.	Темпе- ратур $a \tau_{se}$, $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура τ_{si} , $^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура τ_{se} , $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура τ_{si} , $^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура τ_{se} , $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, τ_{si} $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	19,8	19,9	30	21,3	41,7	60	22,2	51,2
120	25,1	59,1	180	28,3	62,2	240	30,2	63,4
300	31,4	64,3	360	32,1	63,3	420	32,3	62,8
480	32,6	63,1	540	32,9	63,1	600	33,2	63,9
660	33,8	63,9	720	33,7	64,0			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				τ_{se} , $^{\circ}\text{C}$	τ_{si} , $^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau$, $^{\circ}\text{C}$		30,3
				33,7	64,0			
Коефіцієнт теплопровідності λ , $\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$				0,259	Термічний опір зразка R_k , $\text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$		0,461	
Дослід виконала				(підпис)		Громосяк Н.А.		

За результатами випробувань отримано графік, де візуалізовано динаміку проходження теплового потоку (рис. 3.7).

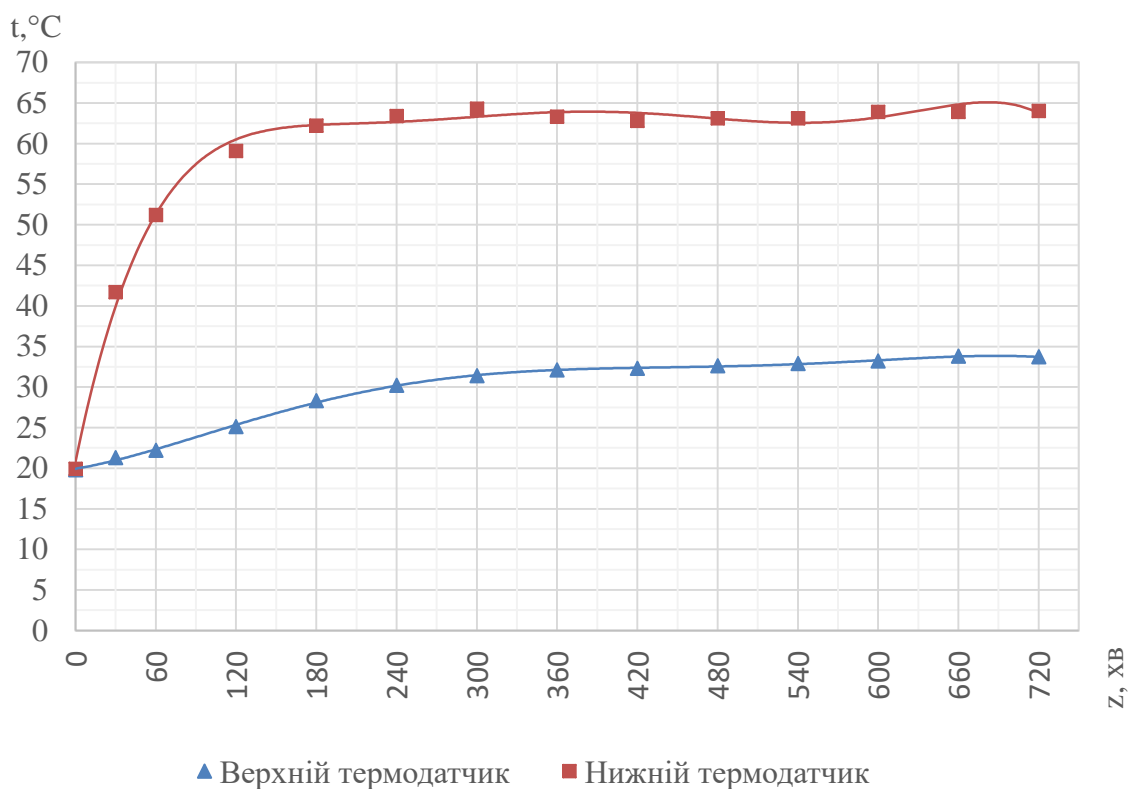


Рисунок 3.7 – Динаміка залежності проходження теплового потоку через повнотілий зразок із сухого листя та вапна

3.1.5 Аналіз отриманих результатів для виявлення напрямку подальших досліджень

Дослідження теплопровідності проведено на трьох зразках з листя дерев та різними в'язучими речовинами: рідке скло, клей ПВА, вапно.

Зразок на основі сухого листя у поєднанні з цементом розшарувався та відхилив можливість використання цементу з листям для отримання ефективного теплоізоляційного матеріалу.

За результатами проведених досліджень найнижчий коефіцієнт теплопровідності виявлений у зразку з використанням рідкого скла $\lambda = 0,229 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$.

Для досягнення кращого ефекту опору теплопередачі вирішено виготовити зразок пустотілого перерізу на основі сухого листя у поєднанні з рідким склом та виявити його теплоізоляційні властивості.

3.1.6 Дослідження теплотехнічних характеристик зразка з пустотами на основі листя дерев у поєднанні з рідким склом

Враховуючи результати проведених досліджень виникла необхідність виготовлення зразка пустотілого перерізу. Розміри пустот обрано з міркувань, щоб досягти максимальної відстані між сусідніми гранями та зменшити витрати матеріалів і, відповідно, зменшити масу зразка.



Рисунок 3.8 Зразок для дослідження пустотілих на основі листя дерев у поєднанні з рідким склом

За отриманими результатами експериментальних досліджень розраховані теплотехнічні характеристики зразка пустотами на основі листя дерев у поєднанні з рідким склом, а саме

– коефіцієнт теплопровідності, згідно залежності (2.2):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 65,9 \frac{119,7 \cdot 10^{-3}}{57,4 - 34,0} = 0,337 \text{ Вт/м} \cdot \text{°С};$$

– термічний опір зразка за формулою (2.3):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{119,7 \cdot 10^{-3}}{0,337} = 0,355 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт}.$$

Результати досліджень та розрахунків відображено у протоколі №5.

ПРОТОКОЛ № 5

Дослідження теплотехнічних характеристик зразка пустотілого перерізу на основі листя дерев у поєднанні з рідким склом

Досліджуваний матеріал	Зразок пустотілий на основі сухого листя та рідкого скла					
Дата експерименту	27.02.2021					
Час досліду	Початок, (год., хв.)	11:30	Кінець, (год., хв.)	09:00	Тривалість, (хв.)	1380
Умови середовища в лабораторії	Температура повітря, °С		20,0	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладів						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16$ °С					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70$ °С, точність $\pm 0,1$ °С					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність ± 1 с					

Продовження протоколу №5

Густина теплового потоку, Вт/м ²	65,9					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед нє	Інстру- мент
Товщина зразка цегли δ , мм	119,6	119,7	119,8	119,7	119,7	ШЦ-III
Довжина зразка цегли, a , мм	249,8	250	249,4	250,1	249,8	ШЦ-III
Ширина зразка цегли, b , мм	65,1	64,8	64,4	64,9	64,8	ШЦ-III
Маса зразка, m , кг	0,401					Вага

Продовження протоколу №5

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, V , м ³	1,94·10 ⁻³	Густина матеріалу ρ , кг/м ³			206,7	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, z , хв.	Темпе- ратур $a \tau_{se}$, °C	Темпе- ратура τ_{si} , °C	Час, z , хв.	Темпе- ратура τ_{se} , °C	Темпе- ратура τ_{si} , °C	Час, z , хв.	Темпе- ратура τ_{se} , °C	Темпе- ратура, τ_{si} °C
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	19,8	19,9	30	20,8	32,2	60	22,7	38,9
90	23,2	40,2	120	25,0	42,8	150	26,7	45,1
180	27,9	46,8	240	29,7	49,0	300	30,8	50,3
360	31,5	50,8	420	31,9	51,2	480	32,1	51,6
540	32,2	52,4	600	32,3	52,7	660	32,5	53,3
720	32,7	54,5	840	33,2	56,2	960	33,5	56,9

Продовження протоколу 5

1080	33,9	57,2	1200	33,8	56,1	1320	33,8	56,7
1380	34,0	57,4						
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку	$\tau_{se}, ^\circ\text{C}$	$\tau_{si}, ^\circ\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau, ^\circ\text{C}$		23,4			
	34,0	57,4						
Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/м· $^\circ\text{C}$	0,337		Термічний опір зразка R_k , м ² ·град/Вт		0,355			
Дослід виконала			<i>(підпис)</i>			Громосяк Н.А.		

За результатами випробувань отримано графік, де візуалізовано динаміку проходження теплового потоку (рис. 3.9).

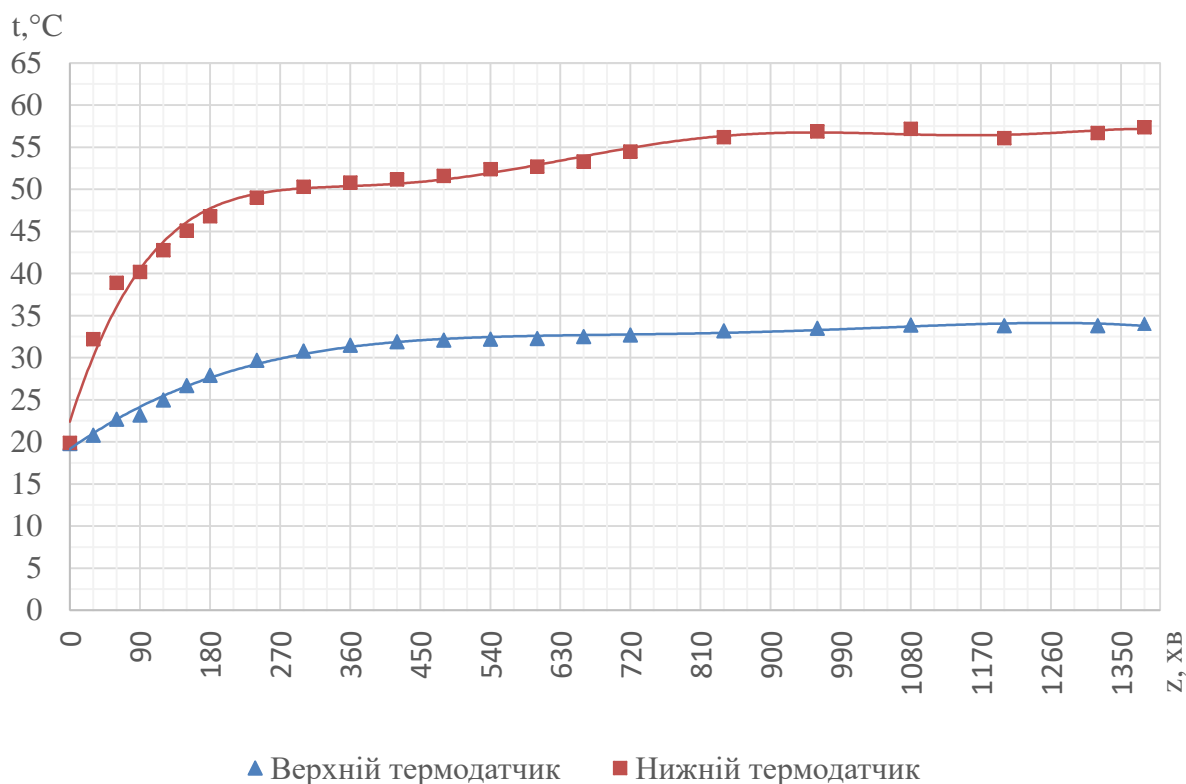


Рисунок 3.9 – Динаміка залежності проходження теплового потоку через пористий зразок із сухого листа та рідкого скла

3.2 Порівняння отриманих результатів з аналогічними для інших теплоізоляційних матеріалів

В табл. 3.1 подано значення теплотехнічних характеристик для розроблених матеріалів за результатами власних досліджень і аналогічні показники для поширених теплоізоляційних матеріалів .

Таблиця 3.1 Теплотехнічні характеристики матеріалів

№	Матеріал	Густина матеріалу ρ , кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/м·°С	Термічний опір зразка R_k , м ² ×град/Вт
1	Пінополістирол	150	0,05	0,21
2	Мінеральна вата	200	0,07	0,49
3	Піноскло	400	0,11	0,46
4	Цегла керамічна з круглими порами	1450	0,425	0,282
5	Зразок на основі листя та рідкого скла	155,7	0,229	0,522
6	Зразок на основі листя та вапна	396,9	0,259	0,461
7	Зразок на основі листя та клею ПВА	201,5	0,302	0,393
8	Зразок пористий на основі листя та рідкого скла	206,7	0,337	0,355

Очевидно, що серед розроблених варіантів найбільшої уваги заслуговує суцільний теплоізоляційний матеріал на основі листя дерев в поєднанні з рідким склом. За оптимальним співвідношенням його теплотехнічних характеристик, вартості та екологічності він випереджає поширені на сьогодні теплоізоляційні матеріали. Однак для його практичного використання потрібно доопрацювати питання технології його застосування.

3.3 Рекомендації для практичного застосування розроблених теплоізоляційних матеріалів

Для забезпечення високої енергоефективності будівель і споруд використовується широка гама різноманітних матеріалів і технології їх застосування. Кожен з таких підходів має свої переваги і недоліки за конкретних умов експлуатації. Загальними проблемами, які сформувався впродовж останніх років щодо теплоізоляційних матеріалів є:

- використання хімічних сполук, які негативно впливають на людський організм (пінопласт);
- висока вартість екологічних теплоізоляційних матеріалів (піноскло);

Розроблені теплоізоляційні матеріали на основі листя дерев є екологічними і з низькою вартістю. За результатами виконаних досліджень зразків теплоізоляційного матеріалу, отриманих з листя у поєднанні з різними в'язучими речовинами виявлено, що високі теплоізоляційні властивості має матеріал у вигляді суцільних брикетів з листя дерев у поєднанні з рідким склом.

З точки зору технології його застосування можуть бути такі варіанти:

- використання брикетів у вигляді прямокутного паралелепіпеда з розмірами стандартної одинарної цегли, які розміщують впритул до огорожувальної конструкції з будь-якого матеріалу;
- використання листів великого формату (1000x2000 мм) різної товщини, які розміщують за технологією утеплення пінопластом;
- використання свіжо приготовленої суміші листя і рідкого скла, якою заповнюють простір між стіною і опалубкою (знімною або незнімною).

Для розроблення конкретних технологічних схем і процесів необхідно виконати додаткові дослідження, які не передбачені метою і завданнями кваліфікаційної роботи.

3.4 Висновки за розділом 3

Матеріали, які застосовують для виготовлення огорожувальних конструкцій (стін) повинні раціонально поєднувати в собі комплекс таких характеристик: теплотехнічні, механічні гідроізоляційні, тощо. Для раціонального підбору матеріалів варто визначати пріоритетні вимоги до характеристик. Однак поєднати ці властивості в одному матеріалі важко. Тому зараз пріоритетним напрямком в будівництві є використання матеріалів з високою міцністю для формування силової схеми конструкції, і покриття таких огорожуючих конструкцій теплоізоляційними матеріалами.

У кваліфікаційній роботі розроблено 4 види теплоізоляційного матеріалу на основі листя дерев у поєднанні з різними типами в'язучої речовини. Досліджено теплотехнічні характеристики отриманих зразків, зокрема коефіцієнт теплопровідності та опір теплопередачі.

За результатами виконаних досліджень виявлено, що найвищі теплоізоляційні властивості має суцільний матеріал на основі листя дерев, з'єднаних рідким склом. Незважаючи на те, що ці властивості є нижчими від аналогічних для найпоширеніших теплоізоляційних матеріалів (пінопласт, мінеральна вата), розроблений матеріал суттєво дешевший і екологічніший.

Сформульовано рекомендації для його практичного застосування як при будівництві нових будинків, так і при термомодернізації існуючого фонду.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

4.1.1. Законодавча та нормативна база України про охорону праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці [53...55]. Охорона праці є невід'ємною частиною виробничого процесу.

Законодавство України про охорону праці являє собою систему взаємозв'язаних нормативно-правових актів, що регулюють відносини у галузі реалізації державної політики щодо правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Воно складається з Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України, Закону України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів.

Базується законодавство України про охорону праці на конституційному праві всіх громадян України на належні, безпечні і здорові умови праці, гарантовані статтею 43 Конституції України.

Основоположним документом в галузі охорони праці є Закон України «Про охорону праці», який визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних державних органів відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці

в Україні. Інші нормативні акти мають відповідати не тільки Конституції та іншим законам України, але, насамперед, цьому Законові.

Окремо питання правового регулювання охорони праці містяться в багатьох інших законодавчих актах України.

Ось деякі з них:

- Закони України «Про охорону здоров'я»;
- Закони України «Про використання ядерної енергії та радіаційний захист» ;
- Закони України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» ;
- Кодекс законів про працю України.

Також є велика кількість державних міжгалузевих та галузевих нормативних актів про охорону праці (норми, правила, положення, інструкції, переліки тощо).

До нормативно-правових актів, що діють, наприклад, в будівництві, включають:

- нормативно-правові акти, що поширюються на декілька видів економічної діяльності;
- нормативно-правові акти, що поширюються на будівництво;
- нормативно-правові акти, що поширюються на вироблення електроенергії, газу, тепла;
- охорона надр.

Крім вище наведених нормативно-правових актів охорона праці в будівництві регламентована державними будівельними нормами – ДБН, основними з яких є:

- ДБН А.3.1-5-2009. Організація будівельного виробництва;
- ДБН А.3.2-2-2009. ССБТ. Охорона праці та промислова безпека у будівництві. Основні положення;
- ДБН В.1.2-12-2008. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки.

4.1.2 Вимоги з техніки безпеки та охорони праці на виробництві при виготовленні теплоізоляційних матеріалів та виробів

Основним документом що регламентує правила техніки безпеки, охорони праці та санітарії підприємств по виготовленню теплоізоляційних матеріалів є НАОП 26.82.1.01-83. «Правила техніки безпеки і виробничої санітарії в промисловості теплоізоляційних матеріалів». Правила цього стандарту є обов'язковими для всіх підприємств промисловості теплоізоляційних матеріалів.

У тексті цих правил під «підприємствами» розуміються виробничі, науково-виробничі, науково-дослідні, проектні, проектно-конструкторські, пусконаладжувальні, ремонтні та інші підприємства, фірми, організації, установи, інститути, комбінати, будівельно-монтажні трести, виробничі об'єднання та інші види підприємств і організацій промисловості теплоізоляційних матеріалів. Користуватися цим стандартом необхідно разом НПАОП 0.00-1.64-13 «Правила техніки безпеки і виробничої санітарії в промисловості будівельних матеріалів».

На підприємствах виробництва теплоізоляційних матеріалів ставляться підвищенні вимоги до складування та зберігання сировини.

Склади ПММ, аміачної води та бітуму повинні бути обладнані блискавковідводами і заземлюючими пристроями відповідно до вимог ПУЕ. У складських і виробничих приміщеннях, небезпечних по раптовому (аварійному) виділенню в повітря шкідливих речовин (склади фенолоспиртів і аміачної води, виробничі приміщення, в яких виготовляється і використовується синтетичне в'язуче), робітники повинні бути забезпечені фільтруючими промисловими протигазами першого ступеня захисту з шоломом маскою без аерозольного фільтра.

Перед виконанням робіт по внутрішньому огляду, очищення, ремонту силосів, бункерів, ємностей для зберігання фенолоспиртів, синтетичного в'язучого, аміачної води, палива і бітуму повинні бути прийняті наступні заходи безпеки:

- ємності звільнені від зберігається матеріалу, промиті і провентильовані;
- завантажувальні пристрої відключені, запобіжники з електророзподільних пристроїв приводів вийняті, на пускових пристроях вивішений заборонний знак безпеки згідно «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» від 01.12.2005 з пояснювальним написом: «Не включати - працюють люди!»;
- крани і засувки на підвідних трубопроводах закриті;
- робітники, які працюють всередині ємностей, повинні бути забезпечені необхідним для ведення робіт інструментом, засобами індивідуального захисту (одягом спеціальної, протигазами, касками по ГОСТ 12.4.087, ГОСТ 12.4.128, поясами запобіжними по ГОСТ 12.4.089), засобами сигналізації або зв'язку (сигнальна мотузка, переговорні пристрої) і переносними електричними або акумуляторними світильниками напругою не вище 12 В.

Мінераловатні та інші теплоізоляційні вироби слід зберігати в упакованому вигляді. Маса упаковки при ручному навантаженні не повинна перевищувати 50 кг. Висота штабеля теплоізоляційних виробів не повинна перевищувати 2,5 м для упакованих в м'яку тару, 2 м для плит і матів і 1,5 м для циліндрів і напівциліндрів, упакованих в м'яку тару. Мінераловатні вироби на синтетичному або бітумному сполучному повинні не менше двох діб до відвантаження витримуватися на складі з метою виключення самозаймання при транспортуванні.

Технологічний процес має відповідати всім вимогам по безпеці виробництва. Приміщення де розміщено обладнання для зберігання і приготування в'язучого, вузол волокноутворення, камера теплової обробки теплоізоляційного килима, склади готової продукції, палива і бітуму повинні відповідати ГОСТ 12.1.004. При організації та веденні технологічного процесу виробництва теплоізоляційних виробів повинні бути забезпечені:

- метеорологічні умови в робочій зоні виробничих приміщень по ГОСТ 12.1.005;
- вміст пилу і фенолу в повітрі робочої зони за ГОСТ 12.1.005;

- рівні звукового тиску та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях по ГОСТ 12.1.003;
- очищення викидається в атмосферу запиленого повітря відповідно до вимог діючих санітарно-епідеміологічних правил і норм;
- концентрація шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери і в атмосферному повітрі не повинна перевищувати величин, встановлених.

В цеху по виготовленню теплоізоляційних матеріалів все встановлене обладнання, що експлуатується повинно відповідати вимогам ГОСТ12.2.003.

Встановлення та експлуатація виробничого обладнання та технологічних ліній повинні здійснюватися відповідно до вимог інструкції з експлуатації заводу виготовлювача .

Усі виробничі джерела тепла (плавильні печі, варильні котли, сушильні барабани і камери, топки, а також трубопроводи пари, гарячої води та бітуму, гарячого газу і дуття) повинні бути забезпечені пристроями, що запобігають або обмежують виділення конвекційного і променистого тепла в робоче приміщення (вентиляція, екранування і т. д.).

4.1.3 Основні вимоги та правила техніки безпеки під час роботи в науково-випробувальній лабораторії будівельних матеріалів, виробів і конструкцій ГНТУ ім. І Пулюя

Правила з охорони праці і техніки безпеки пов'язані з особливостями роботи в лабораторії та спрямовані на попередження небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Основні вимоги під час роботи в лабораторії та правила техніки безпеки такі:

- студенти допускаються до роботи в лабораторії тільки після інструктажу з техніки безпеки, що підтверджується підписом студента і викладача, що провів інструктаж в спеціальному журналі. Студенти, які пройшли інструктаж повинні строго дотримуватися правил техніки безпеки;

- робота студентів в лабораторії дозволяється в години, відведені за розкладом, а також в додатковий час, узгоджений з викладачем під наглядом викладача;
- працювати в лабораторії потрібно тільки в халатах та рукавицях. Без спецодягу працювати студенту не дозволяється;
- в приміщенні лабораторії зберігати порядок та чистоту;
- не допускається загроможувати вхід (вихід) будь-якими предметами, матеріалами чи обладнанням;
- не дозволяється покидати робоче місце під час проведення досліду та залишати без нагляду увімкненні прилади та обладнання;
- ручний інструмент (молотки, гайкові ключі, плоскогубці, викрутки) використовувати тільки за призначенням;
- при роботі з приладом для визначення теплопровідності : перед початком роботи обов'язково перевірити справність приладу, нагрівника, теплодатчиків; після закінчення роботи прилад відключити від електромережі, та очистити від залишків досліджуваного матеріалу.
- після роботи розкласти всі інструменти та прилади по своїх місцях, виключити все електрообладнання, прибрати робоче місце, очистити від пилу та бруду спецодяг та винести будівельне сміття.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Підвищення стійкості роботи будівельних підприємств у воєнний час

Підвищення стійкості роботи об'єктів народного господарства, зокрема підприємств будівельної галузі, у воєнний час – одна із основних задач цивільної оборони України. Могутність країни базується на стійкій економіці. В сучасних умовах, коли науково-технічний прогрес у всіх сферах виробництва досяг небачених масштабів і привів до створення зброї масового ураження, в разі розгортання великомасштабної війни основні промислові центри і райони будуть

головною ціллю для знищення зі сторони противника. Адже виведення економіки з ладу може призвести до того, що країна не зможе стояти на оборонні своїх кордонів та підтримувати життєдіяльність населення. На сьогодні, через бойові дії на сході України (Війни на Донбасі), проблема підвищення стійкості роботи підприємств будівельної галузі стоїть як ніколи гостро.

Будівельне підприємство - це підприємство, яке діє в сфері будівництва і здійснює наукові, експериментальні, вишукувальні та проектні роботи, видобуток сировинних ресурсів і їх переробку, виготовлення матеріалів, виробів і конструкцій, зведення всіх видів будівель і споруд, транспортне обслуговування. Діяльність будівельних підприємств забезпечується наявністю в їх розпорядженні необхідних ресурсів: людських, фінансових, матеріальних, енергетичних, за допомогою яких створюється продукція. Одним з основних показників виробничо-господарської діяльності будівельного підприємства є продукція будівельного підприємства - це матеріальні цінності, створені в результаті діяльності будівельного підприємства. Продукція може ставитися до категорії «кінцевої» (закінчені і здані в експлуатацію будівлі і споруди) або до «проміжної» - виробів підприємств будівельної індустрії, окремі види робіт, частини будівель і ін.

Будівництво як галузь економіки бере участь у створенні основних фондів (будівель та споруд) для всіх галузей національного господарства, тобто створює умови для виробничого процесу. Вона є своєрідним локомотивом економіки і здатна впливати як на розвиток супутніх будівництву виробництв, так і на всі інші сторони життєдіяльності суспільства, в тому числі і соціальні. Тому досить важливо підвищувати стійкість роботи підприємств будівельної галузі.

Під стійкістю роботи підприємств будівельної галузі розуміють їх здатність за умов дії надзвичайних ситуацій виробляти продукцію в запланованих обсязі та номенклатурі, а при одержанні слабких чи середніх руйнувань чи порушенні постачання сировини відновлювати своє виробництво в мінімально короткі терміни. Щоб забезпечити нормальну роботу під час війни промислових об'єктів будівництва, скоротити можливі матеріальні втрати, необхідно ще в мирний час виконати великий комплекс різних заходів, які забезпечили б їхнє функціонування.

Ці заходи спрямовані на зниження можливих втрат і руйнувань від сучасних засобів ураження і створення умов для нормальної роботи підприємств як у воєнний, так і в мирний час.

На стійкість роботи об'єктів будівництва впливають такі фактори:

- надійність захисту робітників від дії вражаючих факторів, що виникають під час надзвичайних ситуацій;
- здатність будівельного комплексу протистояти дії вражаючих факторів;
- надійність систем постачання об'єкта сировинною для виробництва певного виду продукції;
- стійкість системи управління виробництвом та цивільною обороною в надзвичайних ситуаціях;
- готовність об'єкта до проведення рятувальних дій або робіт по відновленню виробництва;
- захищеність об'єкта від дії вторинних вражаючих факторів.

При вирішенні проблеми підвищення стійкості роботи підприємств будівельної галузі, а також інших об'єктів народного господарства, керуються єдиними принциповими положеннями:

- завчасне проведення заходів цивільного захисту, спрямованих на зниження можливих втрат та руйнувань у разі застосування збоку противника зброї масового ураження і на створення умов для швидкого відновлення виробництва після часткового руйнування;
- комплексний підхід в розробці і здійсненні заходів для всіх напрямків діяльності підприємства;
- узгодження цих заходів з територіальними і військовими органами управління.

Заходи з підвищення стійкості плануються з урахуванням місцевих умов, ступеня важливості об'єкта, його географічного положення, економічної доцільності проведення заходів. На мирний час планують, в основному, трудомісткі заходи, які потребують значних матеріальних витрат і часу, а на період

загрози виникнення НС – такі заходи, які не потребують значних затрат часу чи проведення яких не є доцільним при нормальному функціонуванні. Також при проведенні заходів з ЦЗ потрібно враховувати і внутрішні фактори, що впливають на стійкість: розмір виробництва, виду продукції, що випускається, чисельність працівників, рівень їх дисциплінованості і компетентності, особливості технології виробництва, системи постачання виробництва сировиною, технічною і питною водою, газо- та електроенергією.

З урахуванням розглянутих вище факторів виділяють такі основні шляхи і способи підвищення стійкості роботи підприємств будівельної галузі:

- забезпечення надійного захисту робітників і службовців: укриття робітників і службовців, які продовжують роботу на об'єкті у воєнний час; проведення евакуації робітників, службовців і членів їх сімей та забезпечення їх життєдіяльності; використання індивідуальних засобів захисту;

- захист основних виробничих фондів об'єкта від поразки: підвищення певною мірою опірності будівель, споруд впливу ударної хвилі, світлового випромінювання; укриття найбільш уразливого обладнання в захисних пристроях (шатрах, камерах, конусах і ін.); часткову зміну технології виробництва; вивезення в безпечні райони надлишків горючих речовин;

- забезпечення сталого постачання об'єкта всім необхідним для виробництва: підвищення надійності роботи транспорту; підготовка паливно-енергетичного господарства до роботи у воєнний час; підготовка обладнання для роботи на кількох видах палива розосередження запасів найбільш уразливого обладнання, приладів, сировини; встановлення виробничих контактів з дублерами постачальниками, необхідних для безперебійної роботи об'єкта;

- підвищення надійності та оперативності управління виробництвом: створення об'єктового і заміського пункту управління; прокладка підземних кабельних ліній зв'язку до всіх елементів об'єкта; створення оперативних змін управління для основного і заміських пунктів управління;

- підготовка до виконання робіт по відновленню об'єкта у воєнний час: планування відновлювальних робіт за кількома варіантами; підготовка ремонтних

бригад; створення необхідного запасу матеріалів і обладнання, надійний його захист; створення страхового фонду технічної документації.

Кожен шлях містить кілька способів підвищення стійкості роботи підприємства, які, в свою чергу, містять кілька заходів ЦЗ або доповнюються ними. Наведені вище шляхи підвищення стійкості підприємств будівельної галузі реалізуються за допомогою затверджених норм з ЦЗ прийнятих і обов'язкових до виконання для всіх об'єктів усіх галузей виробництва не залежно від форм власності і підпорядкування. Норми ЦЗ призначені для:

- захисту і зниження ймовірних втрат серед населення;
- зменшення рівня руйнувань основних фондів виробництва;
- підвищення стійкості роботи об'єкта і галузей виробництва;
- забезпечення умов для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- розробки плану проведення рятувальних робіт в осередках ураження в повному обсязі та в максимально короткі терміни.

Контроль за виконанням вимог згаданих норм покладається на Управління та відділи з питань надзвичайних ситуацій.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено нові теплоізоляційні будівельні матеріали для огорожувальних конструкцій та досліджено їх теплотехнічні властивості.

В процесі виконання роботи:

1. Проаналізовано наукові праці та публікації щодо сучасного стану питань з теплоізоляційними матеріалами для огорожувальних конструкцій. Виявлено, що більшість матеріалів отримано шляхом хімічного синтезу і вони мають негативний вплив на організм людини.

2. Сформульовано задачі для власних досліджень, пріоритетом в яких є розроблення дешевого екологічного теплоізоляційного матеріалу.

3. Запропоновано використання для виготовлення теплоізоляційного матеріалу листя дерев в поєднанні різними в'язучими речовинами.

4. Виконано серію натурних експериментів і визначено коефіцієнти теплопровідності і опір теплопередачі для різних зразків досліджуваних матеріалів.

5. Виявлено, що найкращі результати серед досліджених зразків має суцільний матеріал з листя дерев, з'єднаного рідким склом.

6. Розроблено рекомендації щодо практичного застосування дослідженого матеріалу.

7. Розроблено заходи з охорони праці при виконанні досліджень в лабораторії будівельних матеріалів ТНТУ і на підприємствах при виготовленні будівельних матеріалів.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Серьогіна Н. В. Аналіз будівельної галузі України [Електронний ресурс] / Н. В. Серьогіна, Н. О. Сосніцька, Я. С. Вішня // Економіка та управління національним господарством. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2020-3-11>.
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 № 145-р (із змінами) – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/>.
3. Галузева програма підвищення енергоефективності у будівельній галузі на 2010 - 2014 роки: Наказ Мінрегіонбуду від 30.06.2009 N 257, рекомендована до затвердження на засіданні президії Науково-технічної ради Мінрегіонбуду 25 червня 2009 р. – Режим доступу: <http://document.ua/pro-zatverdzhennja-galuzevoyi-programi-energoefektivnosti-u--doc1166.html>.
4. Громосяк Н. Розроблення та дослідження теплоізоляційного матеріалу на основі листя дерев / Надія Громосяк // Матеріали IV Міжнародній студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання, 28-29 квітня 2021. — Т. : ТНТУ, 2021. — С. 260.
5. Renewable energy technologies for sustainable development of energy efficient building [Електронний ресурс] // Alexandria Engineering Journal Volume. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.02.027>.
6. The Impacts of Construction and the Built Environment [Електронний ресурс] // Willmote Dixon. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.willmott Dixon.co.uk>.
7. ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» / Мінрегіон України. - 2016. - 75 с.
8. ДСТУ Б EN 15251:2011. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики / Мінрегіон України. - 2011. - 72 с.

9. ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 (ISO 7730:2005 (E), IDT). Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту / Мінрегіон України, Державне підприємство "Укрархбудінформ". - 2011. - 76 с.

10. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

11. Гільчук А. В. Теорія теплопровідності / А. В. Гільчук, А. А. Халатов. // Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського. – 2017. – С. 7.

12. ДСТУ-Н. Б. В. 2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 55 с.

13. Материали на основе вспученного жидкого стекла // Мастерская своего дела URL: <http://msd.com.ua/tehnologiya-teploizolyacii/materialy-na-osnove-vspuchennogo-zhidkogo-stekla/>

14. Е. Ю. Крючкова, и Т. Э. Рымар, «Исследование свойств гранулированного теплоизоляционного материала на основе жидкого стекла и различных наполнителей,» Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ», No 30, с. 59-65, 2015

15. Широков Е.И. Дерево, тростник, солома: Строительные материалы для устойчивого развития. Архитектура и строительство России. 2007. №2. С. 2–10.

16. Use of tree leaves-lime mixture for building insulation / E.Visockis, S. Pleiksnis, U. Gross, G. Noviks. // Latvia University of Agriculture. – 2016. – С. 86.

17. Лобанова А. В., Казимагомедов И.Э. Стеновые изделия из арболита на основе костры льна. Комунальне господарство міст. 2015, Випуск 124. С. 18–20.

18. Сычев С. А. Экотехнологии строительства с учетом критериев энергоэффективных зданий. sciencetime. 2014.№10. С.343–349.

19. Rajesh Kumar Jain. A study on ecofriendly cost effective earth bag house construction. Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology. 2013. Vol. 9, No. 1, P. 200–211.

20. Бікс Ю. С. Перспективи використання виробів з соломи у малоповерховому будівництві. Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. 2017. Том 22, №1. С. 75–83.

21. Куліченко І. І. та ін. Економічна ефективність використання місцевих екологічних матеріалів в малоповерховому будівництві доступного житла. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. 2013. №.69. С.257–264.

22. Medgyasszay P. Comparative analysis of an existing public building made from natural building materials and reference buildings designed from common building materials. URL: https://www.researchgate.net/publication/35663459_Comparative_analysis_of_an_existing_public_building_made_from_natural_building_materials_and_reference_buildings_designed_from_common_building_materials (Last accessed 03.11.2019). doi:10.1088/1755-1315/323/1/012140.

23. Pacheco-Torgal F., Jalali S. Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. Construction and Building Materials. 2012. Vol. 29. P. 512–519. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.054>.

24. Наназашвили И. Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции. – Л: Стройиздат, 1990. 415 с.

25. Мальований І. В. Технологічні та експлуатаційні характеристики теплоізоляційного матеріалу на основі морської трави зостери / І. В. Мальований, М. К. Шаровар, В. В. Афанасьєв. // Комунальне господарство міст, 2015, випуск 123. – 2015. – С. 26.

26. Морозова-Водяницкая Н. В. Зостера как объект промысла на Черном море / Н. В. Морозова-Водяницкая // Севастополь, Природа. – 1939. – №8.

27. 5. Рыбьев И.А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ (искусственные строительные конгломераты), учебное пособие [Текст] / И.А. Рыбьев // Москва. Высшая школа, 1978. – 307с.

28. 6. Наумов В.Н. Новый теплоизоляционный материал. Листок технической

информации [Текст] / В.Н. Наумов, И.М. Могилевский. // Азчерыба. – 1967.

29. Беляев С. В. Исследование теплопроводности легких бетонов / С. В. Беляев, П. В. Коровин. // Сборник трудов XXVIII Международной научно-практической конференции «Предотвращение. спасение. помощь». – 2018. – С. 36.

30. Савицкий Н. В. и др. Исследование теплофизических свойств вторичных продуктов сельскохозяйственного производства органического происхождения. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Создание высокотехнологических экокомплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития. 2015. №. 81. С. 217–223.

31. Ashour T. The use of renewable agricultural by-Products as building materials/ Ph. D thesis / Moshtohor Zagazig University, Toukh, Kaliobia, 2003. 348 p.

32. Marques B. et al. Impact of density on thermal conductivity of an insulation layer composed of rice by-products. International Congress on Engineering and Sustainability in the XXI Century. Springer, Cham, 2017. P. 571–579.

33. Лобанова А. В. Підвищення фізико-механічних характеристик стінових бетонних блоків на основі органічних заповнювачів: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Харків. нац. ун-т буд-ва та архітектури. Харків. 2017. 171 с.

34. Petkova-Slipets R., Zlateva P. Thermal insulating properties of straw-filled environmentally friendly building materials. Civil and Environmental Engineering. 2017. Vol. 13. №. 1. P. 52–57. DOI: 10.1515/cee-2017-0006.

35. McCabe, J. Thermal Resistivity of Straw Bales for Construction. Master's Thesis / University of Arizona, Tucson, AZ, 1993. 45 p.

36. Costes J. P. et al. Thermal conductivity of straw bales: Full size measurements considering the direction of the heat flow. Buildings. 2017. Vol. 7. №. 1. P. 11. <https://doi.org/10.3390/buildings7010011>.

37. Lu L. et al. The Prediction of Thermal Conductivity of Agricultural Residues from Straw for Biomass Energy. Advanced Materials Research. 2013. Vol. 779. P. 1419–1422. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.779-780.1419>.

38. Behzad T., Sain M. Measurement and prediction of thermal conductivity for hemp fiber reinforced composites. Polymer Engineering & Science. 2007. Vol. 47. №. 7.

P. 977–983. DOI 10.1002/pen.20632.

39. О. І. Єлізаров, О. І. Лисенко, Отримання біогазу з опалого листя// Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського.- 2013.- №4/(81).- с. 166-169.

40. Шкідливість спалювання опалого листя і сухої трави [Електронний ресурс] // gov.ua. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://petrykivska.otg.dp.gov.ua/ua/novini-ta-podiyi/novini/shkidlivist-spalyuvannya-opalogo-listya-i-suhoyi-travi>.

41. BIOLAN – Augšnes ielabošana, (BIOLAN –Soil improvement) [online] [20.03.2015]. Available at: http://www.biolan.fi/latvia/default3.asp?active_page_id=81 (In Latvian).

42. Цемент і його застосування в будівництві [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://vse-postroim.com/4042-cement-yogo-zastosuvannya-v-budvnictv.html>.

43. Виды и применение ПВА клея [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://promplace.ru/klei-i-kleevye-smesi-staty/klei-pva-1961.htm>.

44. Коротких А.Г. Теплопроводность материалов: учебное пособие / А.Г. Коротких; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 97с.

45. ДСТУ Б В.2.6-101:2010. Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 84 с.

46. Експериментальний пошук шляхів визначення теплотехнічних властивостей одиночних керамічних виробів / В.В. Шульгін, Т.С. Кугаєвська, О.М. Гнатко, Є.М. Покрасенко // Науковий вісник будівництва № 64. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2011.– С.325 – 330.

47. ДСТУ Б В.2.7-105-2000 (ГОСТ 7076-99). Матеріали і вироби будівельні. Метод визначення теплопровідності і термічного опору при стаціонарному тепловому режимі. – К.: Держбуд України, 2001. – 21 с.

48. Пістун Є.П., Васильківський І.С., Юсик Я.П. Аналіз впливу контактних теплових опорів на точність вимірювання теплопровідності матеріалів. - Н.-т.

журнал “Методи та прилади контролю якості”, вип.2, Івано-Франківськ: Вид-во “Простір-М”, 1998, с. 50-53.

49. Шикалов В.С. Технологічні вимірювання. Навч. Посібник. – К.: Кондор, 2006. – 165 с.

50. ДСТУ Б В.2.7-105-2000 (ГОСТ 7076-99). Матеріали і вироби будівельні. Метод визначення теплопровідності і термічного опору при стаціонарному тепловому режимі. – К.: Держбуд України, 2001. – 21 с.

51. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / Под ред. Ю.А. Табунщикова, В.Г. Гагарина.– 5-е изд., пересмотр. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.

52. Ржеганек Я., Яноуш А., «Снижение тепловпотерь в зданиях.» (Терelne ztraty budov a moznosti jejich zmensovani) , научное издание, перевод с чешского В.П.Поддубного. Под редакцией канд. техн. наук Л.М.Махова., http://afdanalyse.ru/publ/teorija/ocenka_ekonomicheskoy_ehffektivnosti_investicij/27-1-0-224.

53. Shen J. Experimental study of optical scattering and fiber orientation determination of softwood and hardwood with different surface finishes / Shen J, Zhou JQ, Varquez O. 2000. – 230 P.

54. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. Підруч. для студ. вищих навч. закладів. За ред. М. П. Гандзюка. — К.: Каравела, 2004. — 408 с. — ISBN 966-8019-01-6.

55. Алексеев В.А. Охрана праці будівництві та промисловості будівельних матеріалів (організація охорони праці). – М.:Стройиздат, 2002. – 112 с.