МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проєкт)

магістр
(рівень вищої освіти)

на тему Розробка ефективних матеріалів на основі техногенних відходів для конструкцій будівель

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1923-мбг-дн
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Міське будівництво та господарство
(назва освітньої програми)
Шауб Хамза
(ініціали та прізвище)

Керівник проф., д.т.н, Банах В.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент доц.,к.т.н, Савін В.О.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра міського будівництва і архітектури
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код та назва)
Освітня програма Міське будівництво та господарство

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
«01» 10 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Шаубу Хамзі
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проєкту) Розробка ефективних матеріалів на основі техногенних відходів для конструкцій будівель

керівник роботи проф., д.т.н, Банах В. А.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «30» 09 2024 року № 1486-с .

1 Строк подання студентом роботи 01.02.2025

2 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливість розвинення проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об`єкт досліджень, предмет досліджень, передбачувані методи виконання досліджень

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Літературний огляд. Аналіз рекомендацій щодо випуску ефективних керамічних блоків для зовнішніх конструкцій будівель. Аналіз науково-обґрунтованої технології виробництва будівельних матеріалів на основі лігніну, що базується на диспергуючих, адгезійних та поверхнево-активних властивостях даного відходу.

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація із результатами аналітичних обґрунтувань наукового напряму досліджень, результатами експериментальних досліджень, результати розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень

5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Банах В. А.		
2	Банах В. А.		
3	Банах В. А.		

6 Дата видачі завдання 01.09.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд	01.10	
2	Розділ 1	01.11	
3	Розділ 2	15.11	
4	Розділ 3	01.12	
5	Розробка графічної частини	15.12	
6	Оформлення роботи	15.01	
7	Попередній захист	01.02	

Студент _____ Шауб Хамза
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту) _____ Банах В. А.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Гребенюк О.В.
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Шауб Хамза. Розробка ефективних матеріалів на основі техногенних відходів для конструкцій будівель.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник В.А. Банах. Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні ЗНУ, кафедра міського будівництва і архітектури, 2025.

У роботі наведено результати визначення оптимального відсотка вмісту добавки, що вигорає при виробництві поризованої кераміки, а також залежності зміни фізико-механічних властивостей від вмісту та складу добавки.

Показано, що найкращими показниками характеризуються склади з вмістом добавку лігніну і тирси 1:1. Досліджено усадкові деформації при випаленні та сушінні кераміки. Показано, що з використання гідролізного лігніну немає розпушення зразків при спіканні.

Ключові слова: ЛІГНІН, ПАЛИВНІ БРИКЕТИ, ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЯ, ПОРИЗОВАНА КЕРАМІКА, ВІДХОДИ ВИРОБНИЦТВА, БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ.

ABSTRACT

Shaub Hamza. Development of Effective Materials Based on Man-Made Waste for Building Structures.

The paper presents the results of determining the optimal percentage of the additive content that burns out in the production of porous ceramics, as well as the dependence of the change in physical and mechanical properties on the content and composition of the additive.

It is shown that the best indicators are characterized by compositions with a content of lignin and sawdust additive 1:1. Shrinkage deformations during firing

and drying of ceramics were studied. It is shown that the use of hydrolyzed lignin does not cause loosening of samples during sintering.

Key words: LIGNIN, FUEL BRIQUETTES, THERMAL INSULATION, POROUS CERAMICS, PRODUCTION WASTE, BUILDING MATERIALS.

ЗМІСТ

	ВСТУП……	7
Розділ 1	ТЕОРЕТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПРОБЛЕМИ……..	10
1.1	Класифікація відходів виробництва……..	10
1.2	Характеристика гідролізного лігніну…….	12
1.3	Застосування гідролізного лігніну……..	19
1.4	Висновки до розділу 1……..	24
Розділ 2	МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ…….	25
2.1	Застосовувані матеріали…….	25
2.2	Методи випробувань……	29
2.2.1	Програма випробувань…….	29
2.2.2	Технологія виготовлення керамічних черепків…….	31
2.2.3	Технологія виготовлення паливних брикетів……	37
2.3	Висновки до розділу 2……..	40
Розділ 3	ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ЛІГНІНУ…..……..	42
3.1	Визначення щільності керамічних черепків……..	42
3.2	Визначення водопоглинання керамічних черепків……...	46
3.3	Теплотехнічний розрахунок огрожджуючих конструкцій……...	48
3.4	Техніка безпеки під час роботи з будівельними розчинами……	60
3.5	Висновки до розділу 3……..	63
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ……		65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..		67
ДОДАТОК А……...		74

ВСТУП

Актуальність роботи. Накопичення відходів - одна з основних сучасних екологічних проблем, яка несе в собі небезпеку для здоров'я людей та навколишнього середовища в цілому. Усі регіони діляться різні групи за рівнем забруднення промисловими і побутовим відходами. Багато поховань і відвали відходів є результатом багаторічної діяльності промислових підприємств.

Розвиток різних галузей промисловості призвело до накопичення країни великої кількості відходів виробництва.

Не є винятком і зростаюча швидкими темпами гідролізна промисловість.

Внаслідок виробничої діяльності у м. Запоріжжі гідролізного заводу (1970-2004 роки), на околиці міста був створений полігон для тимчасового збереження відходів його виробництва, а саме гідролізного лігніну. Об'єм полігону лігніну в Запоріжжі, створеного внаслідок діяльності гідролізного заводу, становить приблизно 2,2 мільйона тонн. Цей полігон займає територію близько 13 гектарів, а середня висота відкладень становить кілька метрів. Лігнін складався на полігоні з моменту запуску гідролізного заводу з початку 1970 до 2004 року.

На даний момент гідролізний завод не експлуатується вже понад 20 років. Але полігон з лігніном зберігся, періодично на майданчику виникають вогнища самозаймання, продукти горіння яких токсичні та становлять небезпеку для навколишнього середовища.

Раціональне використання промислових відходів нині набуває особливого значення. Більшість відходів промислового виробництва за своїми якісними показниками є унікальною сировиною.

Одним із найперспективніших напрямів є використання вторинних матеріальних ресурсів у виробництві будівельних матеріалів.

У зв'язку з цим робота щодо вивчення можливості використання гідролізного лігніну у виробництві ефективних будівельних матеріалів є

актуальною.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є розробка науково-обґрунтованої технології виробництва будівельних матеріалів на основі лігніну, що базується на диспергуючих, адгезійних та поверхнево-активних властивостях даного відходу.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є відходи гідролізного виробництва (технічний гідролізний лігнін).

Предмет дослідження. Предметом ослідження є технологія виробництва будівельних матеріалів на основі лігніну.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених завдань використовувалися узагальнення, аналіз теоретичних та практичних досліджень на тему роботи та комплексні дослідження експлуатаційних властивостей фасадних панелей.

Наукова новизна одержаних результатів. Науково обґрунтовано та експериментально доведено можливість отримання ефективних керамічних виробів з вигораючою добавкою у вигляді лігніну Запорізького гідролізного заводу. Встановлено, що комплексна добавка, що вигорає, що складається з лігніну та тирси, дозволяє знизити вогневу усадку при температурі випалу до 1000°С.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані дослідні зразки з використанням гідролізного лігніну як вигоряюча добавка. Встановлено, що для керамічних виробів найкращими властивостями характеризуються склади з комбінацією лігніну та тирси в рівних частках. Оптимальний вміст лігніну підвищення пластичності глинистої маси становить 10 %. Розроблено рекомендації щодо випуску ефективних керамічних блоків для зовнішніх конструкцій, що захищають будівель.

Особистий вклад дослідника. Особиста участь автора в організації та проведенні дослідження полягає у постановці мети та завдання дослідження, збору та аналізу даних для проведення дослідження.

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота

складається з вступу, трьох розділів, основних висновків, списку використаних джерел, містить 78 сторінки, 24 рисунків, 18 таблиць, 76 список використаних джерел.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПРОБЛЕМИ

1.1 Класифікація відходів виробництва

Відходи виробництва та споживання - речовини або предмети, що утворені в процесі виробництва, виконання робіт, надання послуг або у процесі споживання, що видаляються, призначені для видалення або підлягають видаленню відповідно до цього закону. До відходів не належить донний ґрунт, який використовується у порядку, визначеному законодавством України [1].

Розробка методів утилізації промислових відходів є актуальним завданням охорони навколишнього середовища.

На території України знаходиться близько 40% від загального обсягу токсичних відходів. Більшість промислових токсичних відходів утворюється в чорній та кольоровій металургії, хімічній, нафтохімічній, вугільній промисловості, електроенергетиці та промисловості будівельних матеріалів. Види відходів представлені на рисунку 1.1.

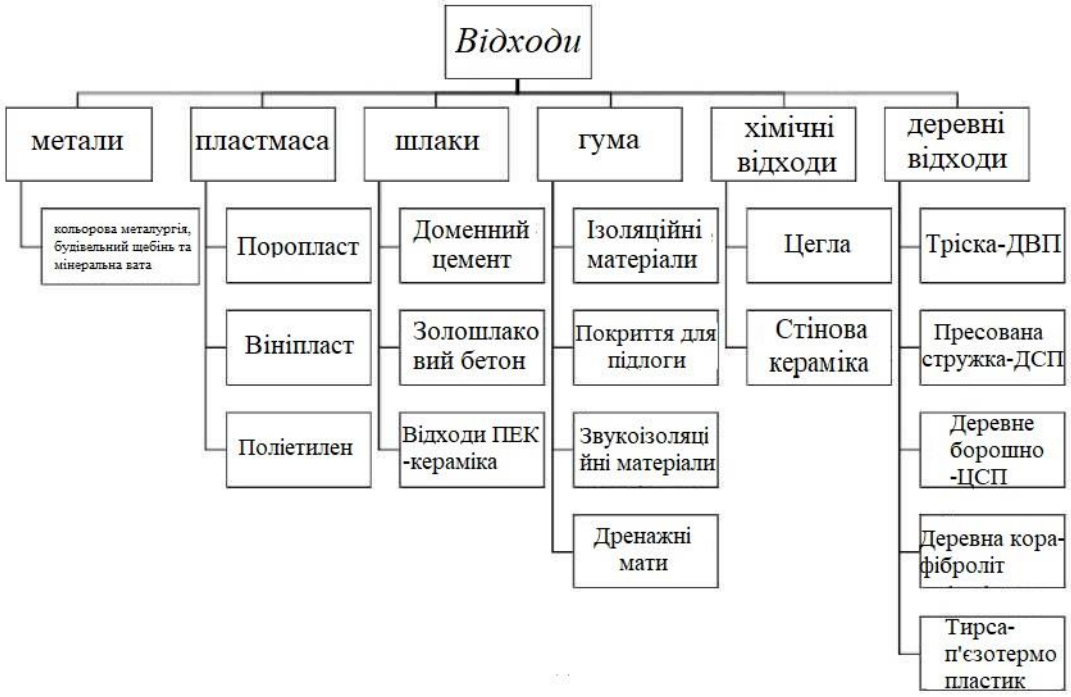


Рисунок 1.1- Види відходів

Відповідно до закону «Про відходи виробництва та споживання» - небезпечні відходи - «відходи, які містять шкідливі речовини, що володіють небезпечними властивостями (токсичністю, вибухонебезпечністю, пожежа небезпекою, високою реакційною здатністю) або містять збудників інфекційних хвороб, або які можуть представляти безпосередню або потенційну небезпеку для навколишнього природного середовища та здоров'я людини самостійно або при вступі в контакт з іншими речовинами» [1].

Небезпечні відходи залежно від ступеня їхнього шкідливого впливу на довкілля та здоров'я людини поділяються на класи небезпеки, представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Ступінь небезпеки відходів та їх вплив на навколишнє середовище

Клас небезпеки відходу для довкілля	Ступінь шкідливого впливу небезпечних відходів на довкілля	Критерії віднесення небезпечних відходів до класу небезпеки для довкілля
1 клас надзвичайно небезпечні	Дуже висока	Екологічна система необоротно порушена. Період відновлення відсутній
2 клас високонебезпечні	Висока	Екологічна система сильно порушена. Період відновлення щонайменше 30 років після повного усунення джерела шкідливого впливу.

Продовження таблиці 1.1

3 клас помірно небезпечні	Середня	Екологічна система порушена. Період відновлення не менше ніж 10 років після зниження шкідливого впливу від існуючого джерела.
4 клас малонебезпечні	Низька	Екологічна система порушена. Період самовідновлення щонайменше 3-х років.
5 клас практично не небезпечні	Дуже низька	Екологічна система практично не порушена.

Перша та друга категорії становлять загрозу не тільки для людини, але й для природи. А також такі відходи вимагають гранично дбайливого поводження, спеціалізованого транспортування та переробки. Небезпека цього класу полягає в тому, що при попаданні в повітря чи водоймища вони часто забруднюються. Відновлення у своїй займе щонайменше 30 років. До цього класу належать засоби побутової хімії: барвники, лакофарбові вироби; розчинники та інші токсичні продукти, здатні завдати шкоди здоров'ю людині [2].

Третій клас відходів включає цементний пил, олію, бензин, пісок, дроти, що втратили свою цінність, та інші відходи.

До відходів 4 класу небезпеки відносяться нафтовий бітум, шлаковата, лігнін тощо. [2].

1.2 Характеристика гідролізного лігніну

Лігнін-полімер природного походження, що входить до складу рослин та є продуктом біосинтезу. Будучи міжклітинним сполучним, він забезпечує

міцність деревини при стисканні, згинанні та динамічних ударних навантаженнях. Лігніни, присутні в рослинній тканині, називають природними. Природний лігнін або безбарвний, або має світло кремовий колір.

При виділенні лігніну з деревини (делігніфікації деревини) у ньому відбуваються суттєві хімічні зміни, які залежать від способу виділення, тому лігніни, які отримують у промислових умовах (технічні лігніни), за своєю будовою не ідентичні природним.

Гідролізний лігнін одержують на гідролізному підприємстві. У процесі гідролізу деревини, який полягає в обробці сірчаною кислотою, відбувається розпад природного лігніну. Технічний гідролізний лігнін, що отримується на заводах, як правило, сильно забруднений різними домішками, що значно ускладнює його переробку та використання. Технічні лігніни є відходами целюлозно-паперового та гідролізного виробництв і утилізуються вельми нераціонально – головним чином спалюванням чи похованням [3].

Склад та властивості гідролізного лігніну змінюються від варіння до варіння, тому його аналітична характеристика є середньостатистичною величиною. Зміст окремих груп речовин у гідролізному лігніні коливається у межах (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 - Склад та властивості гідролізного лігніну

	ТГЛ деревини %	ТГЛ сільськогосподарських відходів %
Зольність	0,7—9,6	0,5—10,9
Кислотність (на сірчану кислоту)	0,4—2,4	0,6—1,3
Редукуючі речовини	1,1—10,0	0,1—9,6
Смоляні	7,6—19,1	5,4—8,3
Полісахариди	12,6—31,9	3,1—45,2
Власне лігнін	48,3—72,0	38,9—87,5

Гідролізний лігнін має пористу структуру (радіус пір досягає від 30 до

200 А), має невелику об'ємну масу в сухому стані, яка досягає 190-220 кг/см [6].

Так як гідролізний лігнін містить підвищену кількість вологи внаслідок своєї гігроскопічності і представляє грубодисперсну систему з розміром частинок до 1 см, перед використанням необхідно піддавати додаткової обробці для збільшення дисперсності, що досягається його підсушуванням, подрібненням на вібромлинці і т.д. буд. Для теоретичного обґрунтування раціональних режимів сушіння велике значення мають структурно-механічні (реологічні) властивості гідролізного лігніну та його здатність до поглинання вологи.

Гідролізного підприємства має в своєму розпорядженні потужну виробничу базу. У таблиці 1.3 представлено виробництво основних видів продукції гідролізної промисловості.

Таблиця 1.3 – Виробництво основних видів продукції гідролізної промисловості

Роки	Етиловий спирт, тис. долл	Кормові дріжджі тис. т	Фурфурол тис. т
1940	366	-	-
1945	670	0,07	-
1950	3201	1,08	0,44
1950	14273	9,75	4,43
1968	19409	97,10	17,12

Продукт горіння лігніну: метанол - сильна судинна отрута. В організм людини надходить через дихальні шляхи. Через широку поширеність, високу концентрацію та токсичність фенольні сполуки - становлять особливу небезпеку для навколишнього середовища.

Горіння - лігніну - це екологічна проблема, яка торкнулася нашого

району.

У м. Запоріжжі знаходиться полігон із зберіганням лігніну, площею понад 13 га, обсяг накопичених відходів понад 2,2 мільйона тонн. Лігнін складувався на полігоні з моменту запуску гідролізного заводу з початку 1970 до 2004.

На даний момент гідролізний завод не експлуатується вже понад 20 років. Але полігон з лігніном зберігся, періодично на майданчику виникають вогнища самозаймання, продукти горіння яких токсичні та становлять опасность для довкілля.

На рисунку 1.2 представлений вид із супутника на відвали гідролізного лігніну в м.Запоріжжя.



Рисунок 1.2- Вид із супутника на відвали гідролізного лігніну у Запоріжжі.

Цей об'єкт є безгосподарним і перебуває у муніципальній власності.

З місцевих новин було відомо, що в серпні 2007 року контролюючими органами встановлено близько 5 вогнищ займання лігніну. Згідно з лабораторними вимірами вміст окису вуглецю (продукт горіння) на межі санітарно-захисної зони (500 м від лігнінного поля) перевищував гранично допустиму концентрацію в 1,9 разів. Оксид вуглецю здатний викликати гострі та хронічні отруєння.

Велику небезпеку для людей і домашніх тварин, що проходять поверхнею полігону, становлять утворюються у внутрішніх шарах полігонів порожнини від вигоряння лігніну, куди вже провалювалися і, були випадки, гинули там домашні тварини.

Небезпека забруднення полягає в тому, що на полігоні знаходиться тирса, оброблена сірчаною кислотою, яка є легкозаймистою. Ця речовина може горіти під землею, згодом призводить до утворення великої кількості диму. Завдяки місцевій троянді вітрів цей дим стікається у напрямку населених пунктів, що становить безпосередню небезпеку для здоров'я їх мешканців.

Також на території Запорізької області пожежі є нерідким випадком і виникають у складнодоступних ділянках, отже ступінь небезпеки знаходження гідролізного лігніну у Запорізькому районі збільшується.

При аналізі фото полігону було помічено вогнища загоряння та тління лігніну.

На рисунку 1.3 чітко видно велику кількість диму. На полігоні яскраво виражений запах тирси та пластмаси. Так само є сліди машин, це означає, що люди відвідують ці місця, що не є безпечним для їхнього здоров'я.



Рисунок 1.3 - Тління лігніну

На рисунку 1.4 представлений гідролізний лігнін. На вигляд лігнін представляє сипку однорідну масу коричневого кольору. Цей матеріал було взято на пробу в лабораторію, для подальшого дослідження.



Рисунок 1.4 - Гідролізний лігнін

1.3 Застосування гідролізного лігніну

Гідролізний лігнін - багатотоннажний відхід виробництва, який завдає екологічної шкоди. Але в той же час лігнін має корисні властивості, такі як низька щільність, низька теплопровідність, є біологічно і хімічно інертним сполукам, не набухає у воді. На підставі теоретичних досліджень виявлено, що відходи гідролізного лігніну можна як цінний продукт для вторинного застосування. До найбільш великотоннажним областям використання лігнінів належать такі: будівельна індустрія, гірничодобувна та нафтовидобувна промисловості, водообробка.

Схема застосування лігніну у різних галузях промисловості представлена на рисунку 1.5.

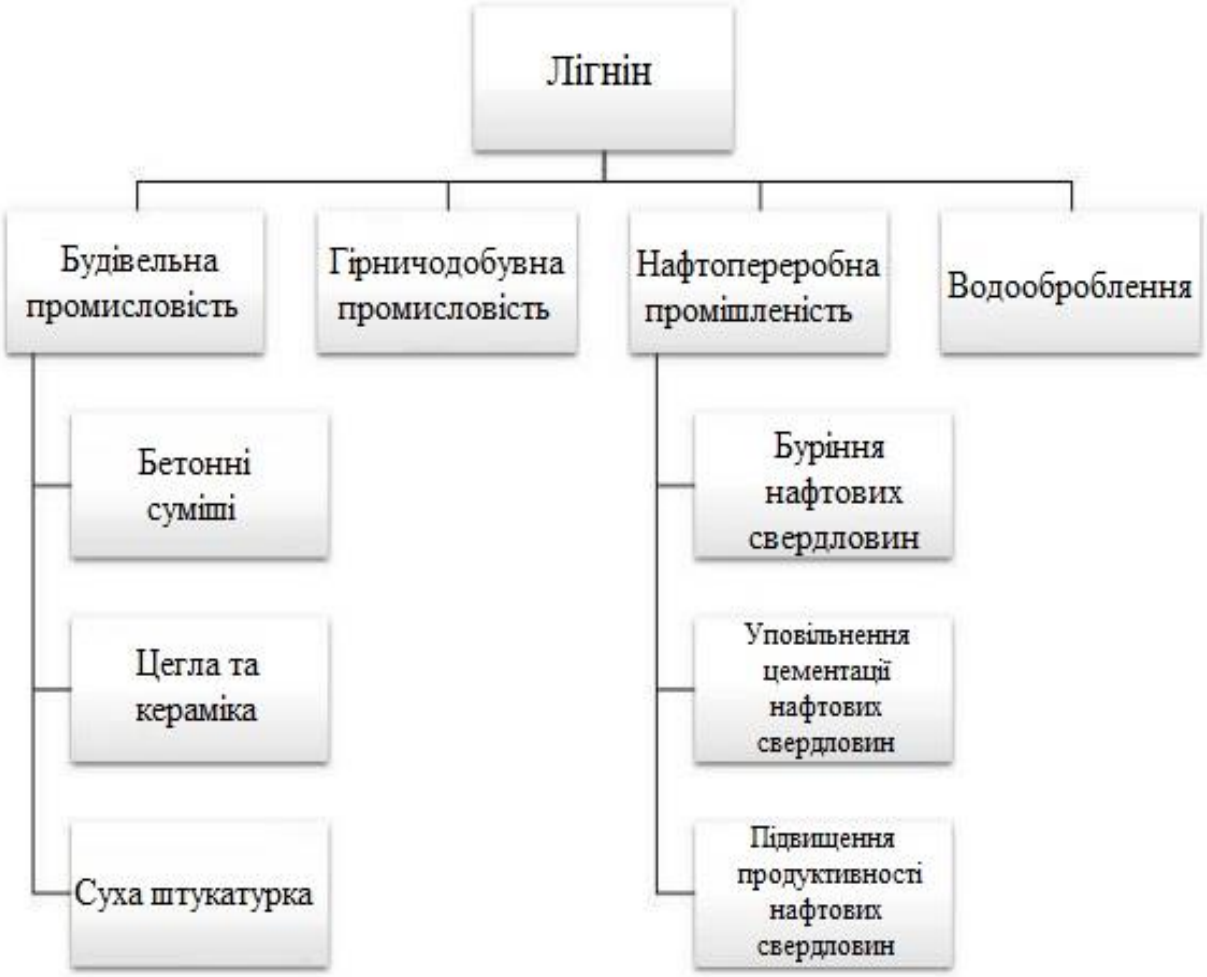


Рисунок 1.5 - Застосування лігніну у різних галузях

Отримання екологічно чистих будівельних матеріалів на основі лігніну займаються давно. Однак, незважаючи на очевидні переваги лігніну (екологічність, гідрофобність, цінова доступність) у порівнянні з багатьма іншими органічними в'язкими, інноваційних вітчизняних технологій у цій галузі досі не створено [20].

Гідролізний лігнін може бути використаний у дорожньому будівництві як наповнювач асфальтових бетонів та сировини для виробництва лігнінових в'яжучих. Асфальтовий бетон, наповнений лігніном, за основними показниками не поступається бетону, наповненому вапняковим порошком [21].

Хітрова І. С. у своїй роботі запропонувала комплексний метод утилізації відходів трьох великих галузей промисловості, до однієї з яких входить гідролізна промисловість. Хлорорганічні відходи, що утворюються при виробництві епіхлоргідрину, і гідролізний лігнін можуть бути спільно перероблені в сірковмісні похідні. Для цього відходи хлорорганічного синтезу та хлорований у м'яких умовах гідролізний лігнін вводять у реакцію із сіркою у вигляді полісульфідів натрію. Загальний процес рентабельний завдяки тому, що передбачає практично повну конверсію хлорорганічних відходів, утилізацію похідних сірки та зв'язування лігніну. Отримані продукти конденсації випробувані як модифікуюча добавка для бітуму і показали хороші технологічні характеристики. [23].

У роботі Бондар В.С. запропонував технологію повної або часткової заміни вапнякового мінерального порошку на полімери, що містять лігніну, використовуючи дану технологію можна, не знижуючи якості одержуваного при цьому асфальтобетону, значно розширити сировинну базу для будівництва сучасних автодоріг, а також знизити екологічне навантаження за рахунок утилізації лігніну [25,26].

Серед будівельних матеріалів особливе місце займають склади для вирівнювання поверхні бетону при підготовці їх під фарбування або наклейку оздоблювальних покриттів. Шпаклівками називають склади, що

застосовуються для вирівнювання поверхні, що мають нерівності до 2 мм. Основні вимоги до шпаклювальних складів – це підвищена атмосферо-, морозо- та водостійкість, а також висока міцність та надійне зчеплення з різними поверхнями.

Наповнювачі будівельних шпаклівок, ґрунтових мастик, що використовуються під фарбування та обклеювання конструкцій, служать центрами структуроутворення в композиційних матеріалах. У цьому аспекті також грає особливу роль гідролізний лігнін: його запропоновано застосовувати як диспергатор у виробництві сухої штукатурки. Підвищення водостійкості, міцності, тепло- та морозостійкості шпаклівок досягається за допомогою введення наповнювача-лігніну. При додаванні лігніну як наповнювача з'являється можливість керувати процесами структуроутворення, поліпшити фізико-механічні властивості та стійкість шпаклівок проти старіння. В результаті літературного огляду можна припустити, що добавка лігніну в шпаклювальні склади дозволяє отримати надійний та довговічний оздоблювальний матеріал [27].

Добре відомо використання лігносульфонатів як сполучних для гранулювання тонкоподрібненої сировини. Сульфітний лігнін у вигляді лігносульфонатів є найбільш низькомолекулярним продуктом з усіх технічних лігнінів і характеризується гарною розчинністю, у тому числі і у воді, з чим пов'язані основні сфери його практичного використання.

Іншим важливим напрямом застосування полімерів із лігніну є збагачення руди методом флотації. Сульфітні луги грають роль сполучного в ливарному виробництві. Відносно новим напрямом використання лігнинних речовин у металургійній промисловості є підвищення виходу цінних металів із сульфідних та вуглецевих руд.

У нафтовидобувній промисловості лігніни використовуються при бурінні нафтових свердловин у складі бурильних розчинів (0.2-0.5%), для уповільнення цементації та підвищення продуктивності нафтових свердловин [31].

Серед різних напрямів використання лігніну існує альтернатива у пластиці, про що свідчать численні дослідження у цій галузі. За рахунок змішування лігніну з рядом натуральних матеріалів-волокнами деревини та іншими компонентами, можна отримати легкообробний матеріал, що переробляється литтям у форми, подібно до пластмаси і не поступається за фізичними властивостями органічним полімерам. Біопластик на основі лігніну виявляє стійкість до механічних впливів. Його можна застосовувати у багатьох галузях: виготовлення елементів автосалонів; для застосування у будівництві, меблів, електроніки і т.д.

Нещодавно розроблено технологію отримання на основі рослинних волокон та лігніну термопластичного композиційного матеріалу «Арбоформ». Вироби з «Арбоформа» на вигляд схожі на вироби з пластмас, проте за властивостями вони подібні до матеріалів, виготовлених з деревини.

Існують композитні матеріали, що включають до складу відходи деревини. Так, був запропонований новий матеріал для створення плівок, плиток і ДСП, що на 80-99% складається з пористого або волокнистого матеріалу (целюлози, ГЛ, тирси) [36].

Є позитивний досвід одержання сполучних на основі лігніну для теплоізоляційних матеріалів. Значний інтерес представляє досвід отримання сполучних на основі технічних лігносульфонатів (ЛСТ) та лігнінових відходів для виробництва теплоізоляційних матеріалів. Для виготовлення теплоізоляційних матеріалів зі спученого перліту та інших наповнювачів потрібна велика кількість дефіцитних сполучних.

В результаті літературного аналізу виявлено, що відмінною особливістю є здатність лігніну переходити у в'язкопластичний стан при дії високого тиску – 100 МПа [37,38]. Це сприяє розвитку одного з перспективних напрямів переробки технічного гідролізного лігніну-брикетування. Лігнін має пористу структуру, що покращує кінетику згоряння паливного брикету [39]. Авторами розроблено інноваційний склад паливного брикету, який передбачає використання вугільної, гідролізної та нафтопереробної промисловості.

Кінцева продукція характеризується високими якісними показниками. У ході дослідження обґрунтовано технологічні рішення щодо отримання високоякісного кускового твердого палива з вугільної дрібниці та відходів виробництв.

Дослідницькі роботи показали, що брикетований гідролізний лігнін може бути цінною сировиною для металургійної, енергетичної та хімічної галузей народного господарства країни, а також високосортним комунально-побутовим паливом. Паливні брикети є високоякісним паливом з теплотою згоряння до 5500 ккал/кг, і низьким вмістом золи. При спалюванні брикети лігніну горять безбарвним полум'ям, не виділяючи коптячого димового факела [40].

Також відомо, що на ряді гідролізних заводів України налагоджено виробництво лігнінових паливних гранул і брикетів, які успішно реалізуються місцевому населенню та поставляються за кордон [42].

Ще одним перспективним напрямом переробки гідролізного лігніну є метод каталітичного піролізу. Рідкі біопаливні продукти, що одержуються цими методами, можуть виступати замінниками таких нафтопродуктів як бензин, мазут, дизпаливо і гас, який широко використовується як паливо в авіації та космічній техніці.

Літературний аналіз показав, що лігнін можна успішно застосовувати у виробництві цегли як вигоряючої добавки до глини. Лігніну характеризується такими показниками: вологість 65-70%, насипна вага 500-600 кг/м3, теплотворна здатність 1500-1800 ккал/кг, зольність до 3%. Запресований лігнін при сушінні не горить, при цьому випалення цегли проходить добре. Для забезпечення кондиційної механічної міцності будівельної цегли лігнін слід вводити у формувальну шихту в кількості, що не перевищує 15-25% її обсягу. Лігнін має високу дисперсність, завдяки цьому не вимагає додаткових витрат на подрібнення (на відміну від інших добавок, що вигорають, таких як вугілля, шлак і т.д). Сланці, буре вугілля та інші багатозольні добавки повністю не згорають через важкий доступ повітря в заповнені золою пори

цегли. При використанні тирси в цеглині утворюються великі незамкнуті пори, що підвищують водопоглинання матеріалу.

1.4 Висновки до розділу 1

Відомо, що лінін широко застосовує лігнін у виробництві цегли, як добавку, що вигорає. Використання лігніну як вигоряюча добавка дозволило значно знизити собівартість продукції.

Проблема промислової переробки лігніну обумовлена складністю його природи, багатоваріантністю структурних ланок і зв'язків між ними, а також нестійкістю цього природного полімеру, що незворотно змінює властивості в результаті хімічного або термічного впливу.

РОЗДІЛ 2
МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Застосовувані матеріали

Глина.

При виробництві будівельних матеріалів нерідко застосовуються різні добавки, які позитивно впливають на їх фізико-механічні характеристики. При виробництві кераміки застосовуються добавки, такі як:

• поверхнево-активні речовини та високопластична глина для покращення формувальних властивостей маси;

• пісок, дегідратована глина для покращення процесу сушіння;

• вугілля, тирса та лігнін є вигораючими добавками та зменшують щільність виробу.

Наповнювачі з глинистих матеріалів широко застосовуються в багатьох галузях, зокрема, при виробництві фарб, клеїв, кераміки, гуми, лінолеуму, в'яжучих речовин і композиційних матеріалів [55].

Згідно з ДСТУ Б В.2.7-14-94 [56], глинистою сировиною є тонкодисперсні осадові породи, що складаються в основному з глинистих мінералів (монтморилоніту, гідрослюди, каолініту та ін), що містять мінеральні (кварцові, польовошпатові, карбонатні, органічні домішки.

Глина- поширена та дешева сировина. Наявність дешевої та доступної сировини викликає потребу у створенні та застосуванні нанотехнологій у виробництві будівельних матеріалів.

Використання глини у виробництві будівельних матеріалів сприяє вирішенню наступних завдань:

• утилізації промислових відходів, що сприяє покращенню екологічної ситуації;

• звільнення значних земельних ділянок;

• зниження вартості будівельних матеріалів;

• раціонального природокористування за рахунок залучення відходів у виробництво керамічних матеріалів;

• створення енерго- та ресурсозберігаючих технологій з виробництва будівельних матеріалів.

Широке застосування глини у виробничих роботах обумовлено властивостями матеріалу. Найважливішою властивістю глини є її здатність зберігати тепло. Цей будівельний матеріал екологічно чистий і є хорошим антисептиком, а також глина добре поглинає шуми та має гарну звукоізоляцію. Способи застосування глини у будівельній галузі показані на рисунку 2.1.

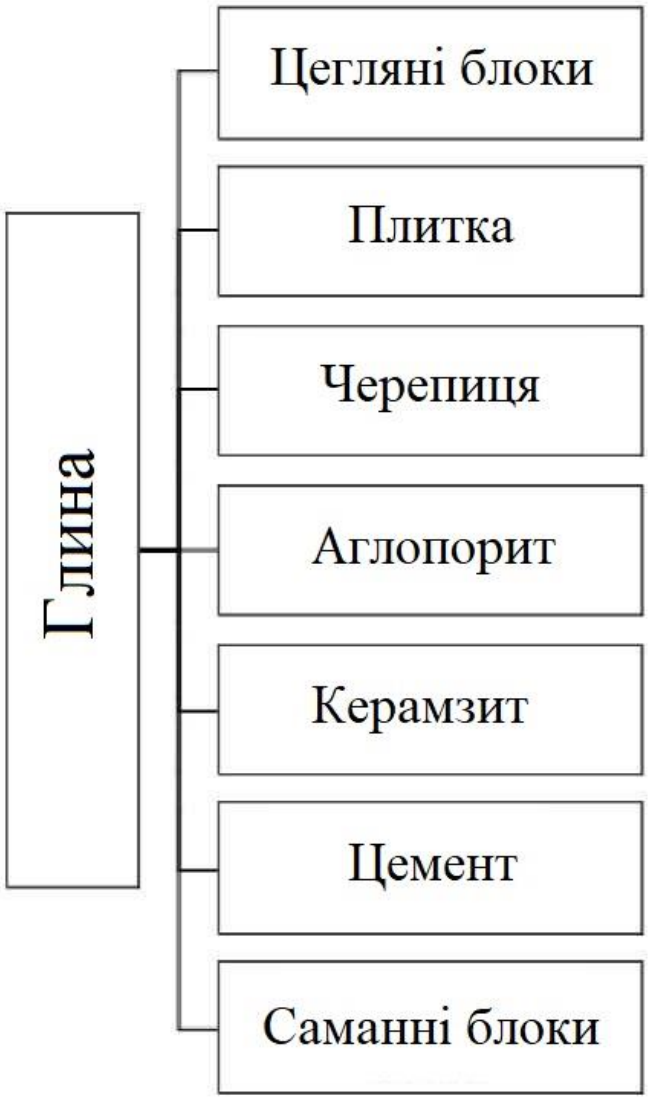


Рисунок 2.1 - Застосування глини у будівельній галузі

Найпоширеніші будматеріали з глини – цегла, плитка, черепиця. Для їх виробництва використовують легкоплавкі тонкі глини з високим вмістом піску, але без солей та легкорозчинних матеріалів (таких як гіпс, доломіт). Технологія полягає у випаленні глини та піску при високих температурах. Матеріал плавиться, і в результаті виходить міцний, як камінь, будматеріал.

Також глина є сировиною для виробництва таких будівельних матеріалів як керамзит та аглопорит. Тільки для першого беруть чисту глину, а для другого – глинистий ґрунт.

Щоб отримати керамзит легкоплавку глину спочатку очищають, поділяють на гранули, потім швидко випалюють. Вона спучується, утворюючи круглі та овальні зерна. Це керамзит. Матеріал вважається екологічно чистим та безпечним, так як виготовлений з природної глинистої сировини.

Ще одна сфера застосування глини - виробництво цементу. Склад цього матеріалу – 25% глини, решта 75% – це вапняк. Співвідношення компонентів строго нормується та має на 100% відповідати технології.

Особлива увага при виборі сировини приділяється вмісту в глині глинозему та кремнію. І оскільки отримати однорідний матеріал досить складно, на цементних заводах ретельно аналізують кожну партію глини. При необхідності її додатково збагачують, додаючи або видаляючи деякі компоненти.

У процесі виробництва суміш подрібненого вапняку і глини обпалюється при температурі 1450°С. Виходять тверді грудки (клінкер). Потім вони охолоджуються до 130 ° С, подрібнюються і фасуються після повного остигання.

Тирса.

Для підвищення пористості керамічних виробів, а також для рівномірного спікання керамічного черепка масу додають вигоряючі добавки, такі як тирса. Тирса покращують формувальні властивості глиняної маси, але

знижують міцність виробів і підвищують водопоглинання.

Однак завдяки довгим волокнам вони армують глиняну масу та підвищують опір розриву та тріщиностійкість у сушінні. У цегляні маси додають зазвичай 5-10% тирси (від об'єму глини). У такій кількості вони прискорюють сушіння та суттєво не знижують міцність цегли, незважаючи на збільшення пористості. Найбільш ефективно підвищують тріщиностійкість цегли тирси поздовжнього різання.

Лігнін.

Актуальність використання лігніну як вигоряючої добавки при виробництві теплоефективної кераміки полягає в тому, що цей відхід промисловості використовується незначною мірою, проте він вигідно відрізняється від іншого пороутворювача-пінополістиролу. Досвід роботи ряду цегельних заводів дозволяє вважати лігнін ефективною добавкою, що вигорає.

Він добре поєднується з іншими компонентами шихти, не погіршує її формувальних властивостей і не ускладнює різання бруса. Його застосування найбільш продуктивне за порівняно невеликої кар'єрної вологості глини.

За своїм складом це комплекс речовин, до якого входять власне лігнін рослинної клітини, частина полісахаридів, група речовин лігногумінового комплексу, які не відмиті після гідролізу моносахару, мінеральні та органічні кислоти, зольні та інші речовини. Основні властивості лігніну представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні властивості лігніну

Вологість	65-70%
Щільність	1,25-1,45 г/см^3
Насипна вага	500-600 кг/м^3
Зміст власного лігніну	40-88 %
Теплотворна здатність	5500-6500 ккал/кг

Продовження таблиці 2.1

Зольність	до 3%.
Температура займання лігніну	195°C
Температура самозаймання	425°C
Температура тління	185°C

Лігнін виявляє пластичні властивості при підвищеному тиску та температурі, особливо у вологому стані.

Коефіцієнт теплопровідності лігніну (Вт/м С): абсолютно сухому стані-0,0464; при вологості 6%-0,0470; при вологості 65%-0,0789. Ці дані свідчать про ефективність лігніну як теплоізоляційного матеріалу [12,60].

Марка цегли, що отримується з використанням лігніну, має покращені теплоізоляційні властивості, і це призведе до зменшення витрат на обігрів будівель, побудованих з такої цегли.

Вода.

Вода застосовується як компонент для надання форми сирцям при виготовленні виробів.

2.2 Методи випробувань

2.2.1 Програма випробувань

Для отримання якісних виробів, які відповідають стандартам, необхідно створити всі умови. Поетапна програма випробувань представлена на рисунках 2.2,2.3.



Рисунок 2.2- Програма випробувань керамічних черепків



Рисунок 2.3 - Програма випробувань паливних брикетів

Сушіння - відповідальний етап технології, тому що тріщини зазвичай виникають саме на цьому етапі, а при випаленні вони лише остаточно виявляються. Аналіз керамічної цегли, що виготовляються на заводах в Україні, показав, що більшість виробів виконується зі значним шлюбом через порушення технології випалу. В основному вироби безпосередньо завантажуються в піч після формування, минаючи процедуру сушіння. З метою визначення впливу наявності чи відсутності процесу сушіння на деформації зразків, у процесі експерименту було також обрано моделювання випалу без сушіння.

Випал - найважливіша та відповідальна технологічна операція у процесі виготовлення кераміки. Та чи інша керамічна технологія застосовується залежно від можливостей випалу. Якщо розглядати тенденції розвитку керамічної справи в історії матеріальної культури, то видно, що випалювання виробів підвищувалася в міру оволодіння новими технологіями.

Під впливом високих температур відбуваються структурні зміни у масі виробів, кристалічна грати молекул глини розпадається, глина втрачає пластичність, відбувається, так званий процес спікання глини. Результатом процесу випалу (спікання) є утворення нових кристалічних і аморфних фаз, ущільнення матеріалу, що обпалюється (усаджування) і, як наслідок, зменшення його відкритої пористості.

При випалюванні сирцю утворюється штучний кам'яний матеріал (черепок), який на відміну від сирої керамічної маси не розмивається водою і має відносно високу міцність [62].

2.2.2 Технологія виготовлення керамічних черепків

Робота виконана за такою методикою:

1. Підготовка сировини (сушіння лігніну, просіювання, фракціонування).

2. Зволоження формувальної маси.

3. Пресування зразків.

4. Сушіння при 25 °С.

5. Випалення при 1000 °С.

6. Вивчення фізико-механічних властивостей виробів.

На першому етапі було поставлено завдання випробування лігніну як вигоряючої добавки у виробництві кераміки. Для дослідження було підготовлено 6 складів, які представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Склад порошків для керамічних черепків

	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Глина	90 %	80%	80%	80%	80%	80%
Лігнін	10%	20%	10%	-	5%	15%
Тирса	-	-	10%	20%	15%	5%
Вода	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %	15%

Вся різноманітність керамічних матеріалів проводиться за однотипною схемою, що включає наступні переділи: видобуток сировинних матеріалів, підготовку сировинної маси, формування виробів, пресування, сушіння і випал.

Технологія виготовлення виробу. Для приготування зразків змішувалася глина з порошкоподібними вихідними матеріалами до отримання однорідної пластичної маси, придатної для формування. Гідролізний лігнін та тирса попередньо були подрібнені та просіяні через сито. Далі здійснювалося перемішування до отримання однорідної маси та зволоження до формувальної вологості 15%. На рисунку 2.4 показано суміш глини, лігніну. На рисунку 2.5 суміш глини, лігніну та тирси.



Рисунок 2.4 - Суміш глини та лігніну



Рисунок 2.5- Суміш глини, лігніну та тирси

Виготовлення зразків із глиняної суміші з додаванням гідролізного лігніну та тирси проводилося методом напівсухого пресування (рисунок 2.7).

Для цього отримана суміш укладалася в попередньо змащену форму (рисунок 2.6).

Робочий тиск на зразок склал 15 МПа.



Рисунок 2.6 - Форма для пресування суміші



Рисунок 2.7- Прес

Далі зразки № 1,2,3 обпалювалися в лабораторній електропечі за температури 1000 °С (рисунок 2.8). Зразки № 5, 6, 7 попередньо піддавалися сушінню, потім обпікалися. Випробування зразків на повітряну та вогневу усадку та водопоглинання за масою проводили згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-26-95 та ДСТУ ISO 5017:2014 [63,64].



Рисунок 2.8 - Зразки №1,2,3 у печі

На рисунках 2.9, 2.10 подано керамічні черепки після випалу.

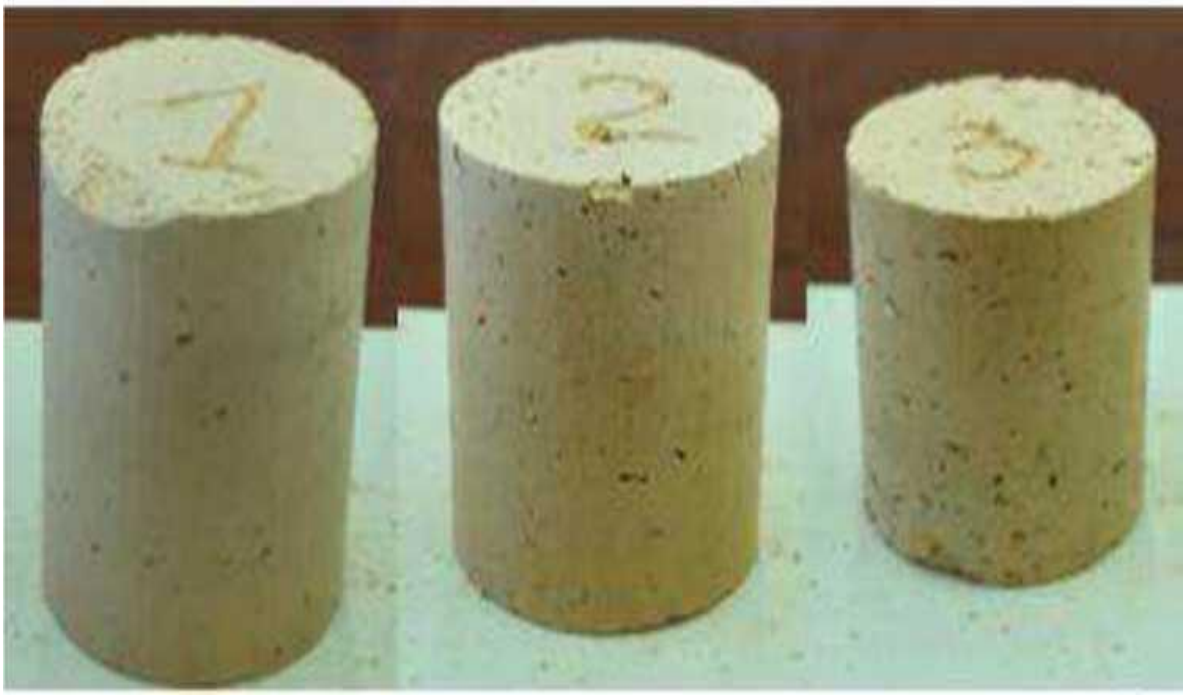


Рисунок 2.9 - Керамічні черепки №1,2,3

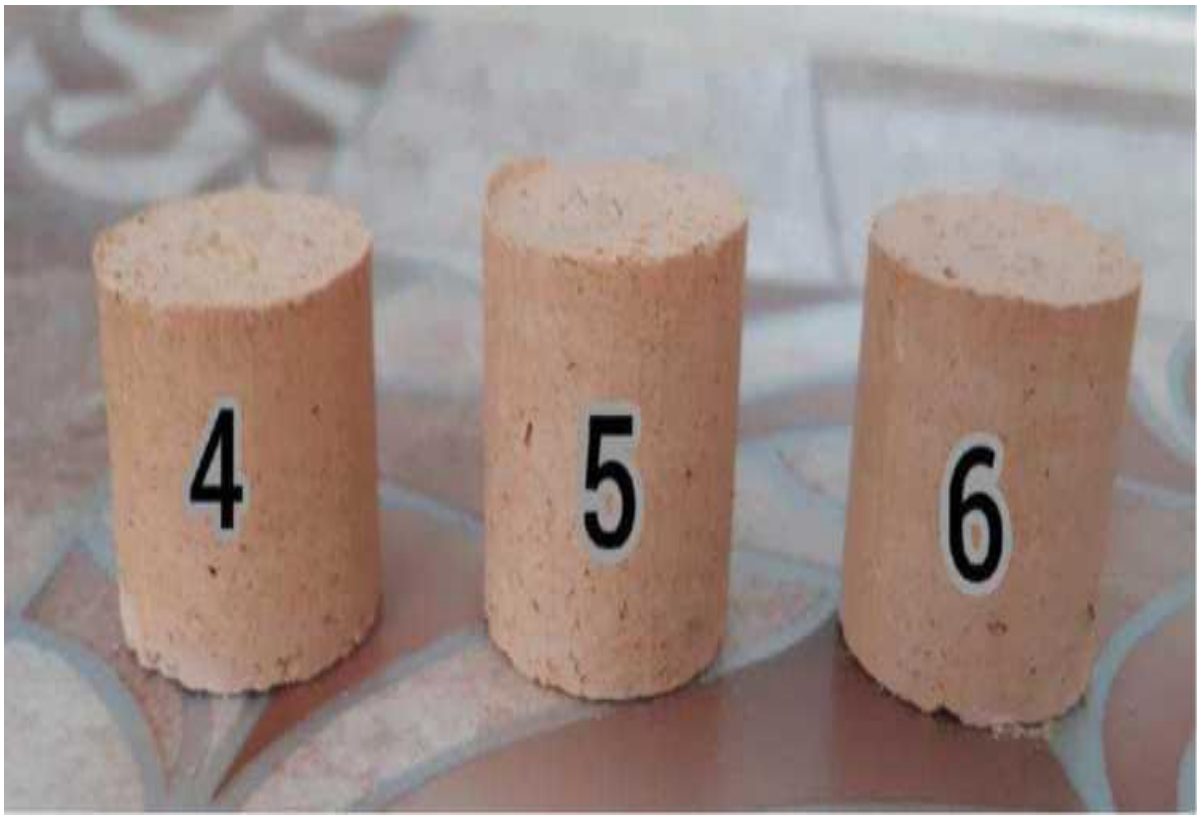


Рисунок 2.10 - Керамічні черепки №4,5,6

Можна відзначити, що якість та зовнішній вигляд обпалених матеріалів задовільні. Візуальне вивчення термооброблених зразків показало, що при зміні відсоткового вмісту компонентів не відбувається значних змін забарвлення зразків. Всі зразки характеризуються рівномірним забарвленням від коричнево до світло-жовтогарячої колірної гами, причому зі збільшенням температури термообробки інтенсивність фарбування черепка посилюється. Дефекти поверхні (спушування, деформація) відсутні.

2.2.3 Технологія виготовлення паливних брикетів

На другому етапі дослідження було поставлено завдання виготовлення паливних брикетів із застосуванням лігніну.



Рисунок 2.11 - Паливний брикет №1

Для виготовлення брикетів застосовувалося 40 гр тирси, 10 гр лігніну та вода. Сутність брикетування полягала в тому, що подрібнена до певної крупності тирса і лігнін, що замочувалися у воді близько 7 діб. Виготовлення паливного брикету вироблялося методом пресування. Для цього отримана суміш укладалася в змащену форму, робочий тиск на зразок склало 15 Мпа. На рисунок 2.11 представлено паливний брикет.

Брикет № 1 вийшов пухким і має знижену щільність, він не може застосовуватися як паливо. Метод брикетування №2 трохи відрізнявся від попереднього. Спочатку подрібнена тирса і лігнін, наполягали у воді близько 40 хвилин. Виготовлення паливного брикету робилося методом ручного пресування. Для цього отримана суміш укладалася у попередньо змащену форму.

На рисунку 2.12 представлено паливний брикет №2.



Рисунок 2.12 - Паливний брикет №2

Брикет № 2 менш пухкий, але має знижену щільність, як і брикет №1. Для виготовлення паливного брикету № 3 (рисунок 2.14) до суміші було

додано попередньо замочений в окропі папір (рисунку 2.13).



Рисунок 2.13 - Суміш із додаванням розмоченого паперу



Рисунок 2.14 - Паливний брикет №3

В результаті проведених досліджень встановлено, що найбільш важливим фактором, що впливають на процес формування паливного брикету, є додавання не тільки лігніну, а й розмоченого паперу.

Характеристики паливного брикету з додаванням лігніну:

• Високий показник теплоти згоряння;

• При згорянні не утворюється димовий факел, що коптить, полум'я майже безбарвно;

• Висока щільність готового продукту (1,3-1,4 г/см^3), що дає низку переваг, зокрема тривалий період горіння. Крім того, підвищується ефективність транспортування.

• Підвищений % золи порівняно з гранульованою продукцією з тирси, тріски (що є малозначним недоліком) компенсується невисокою вартістю цього виду біологічного палива.

2.3 Висновки до розділу 2

У розділі детально описано технологію виготовлення керамічних черепків, а також визначено фізико-механічні властивості отриманого матеріалу за стандартними методиками для керамічних матеріалів. Експериментальні зразки, виготовлені із застосуванням гідролізного лігніну та тирси у складі мас, були обпалені при температурі 1000°C та продемонстрували наступні характеристики: водопоглинання — 14,5–28%, щільність — 732–1410 кг/м³, коефіцієнт теплопровідності — 0,27 Вт/м.

Крім того, у рамках дослідження вивчено технологію виготовлення паливних брикетів. Встановлено, що одним із ключових чинників, які впливають на процес формування брикетів, є додавання попередньо зволоженого паперу. Використання старого паперу покращує горючість брикетів, оскільки папір добре горить і виділяє значну кількість тепла. До того ж папір і лігнін виконують функцію сполучного компонента для розсипчастої маси.

Результати дослідження можуть мати значний вплив на розвиток вітчизняної промисловості. Впровадження екологічно чистішого палива сприятиме зниженню обсягів шкідливих викидів в атмосферу та покращенню екологічної ситуації в Україні.

.

РОЗДІЛ 3
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ЛІГНІНУ

3.1 Визначення щільності керамічних черепків

Наступним етапом було визначення фізико-механічних властивостей отриманого матеріалу за стандартними для керамічних матеріалів методик [65]. Для цього шляхом зважування на терезах з точністю 0,01 г визначалася маса зразків, а за допомогою штангенциркуля вимірювалися геометричні розміри. Результати представлені у таблиці 3.1, 3.2.

Знаючи значення щільності матеріалу (ρ_0), можна підрахувати його коефіцієнт теплопровідності за емпіричною формулою:

$$\lambda = 1{,}16\sqrt{0{,}0196 + 0{,}22p_0^2}\text{- Вт/м°С} \qquad [3.1]$$

Таблиця 3.1 - Маса та геометричні розміри зразків

	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Маса, кг	0,0208	0,0152	0,0120	0,0090	0,0120	0,0128
Ширина, мм	25	25	25	25	25	25
Висота, мм	30,05	27	24	25,05	26	25
Довжина, мм	25	25	25	25	25	25

Таблиця 3.2 - Результати щільності та коефіцієнт теплопровідності

№ зразка	$P = \frac{m}{V}$ кг/м^3	λ Вт/м°С
№1	1410	0,62
№2	1147	0,48
№3	1019	0,42
№4	732	0,27
№5	940	0,38
№6	1043	0,43

У таблиці 3.3 представлені результати вимірювання усадки зразків на різних технологічних етапах

Таблиця 3.3 - Результати усадки зразків

Показник	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Лінійне повітряне усадження, %	6,9	7,5	6,2	5,8	6,7	7,4
Лінійне вогневе усадження, %	2,5	2,5	2,7	3,5	3,4	2,7

Усадка кераміки в процесі сушіння і випалу є істотним фактором, що значною мірою впливає на властивості виробів, що отримуються.

Усадочні деформації не повинні перевищувати значень, що допускаються, оскільки це викликає порушення геометрії зразків і зниження показників міцності.

За представленими результатами видно, що наявність лігніну у складі комплексної добавки, що вигорає, дозволяє знизити вогневу усадку. але при цьому дещо підвищується повітряна усадка. Це пояснюється тим, що при сушінні тирса армує сировинну масу, знижуючи деформації. Однак при випаленні у разі наявності великорозмірних частинок тирси деформації вогневої усадки зростають. Також можна відзначити, що усадкові деформації пропорційно змінюються при заміні тирси на лігнін у складі добавки.

Багато авторів зазначали, що наявність лігніну у складі вигоряючої добавки призводить до поганої спекаемости маси, її розпушення та зниження міцності. Однак в результаті експерименту зазначено, що цей ефект з'являється у разі використання технології пластичного формування з вологістю понад 20%. При цьому необхідно відзначити, що більшими деформаціями характеризуються зразки, що містять більшу кількість лігніну додавання. З'єднання тирси з лігніном дозволяє знизити деформації і досягти максимального вигоряння.

На підставі представлених результатів побудували графік щільності (рисунок 3.1) та теплопровідності (рисунок 3.2).

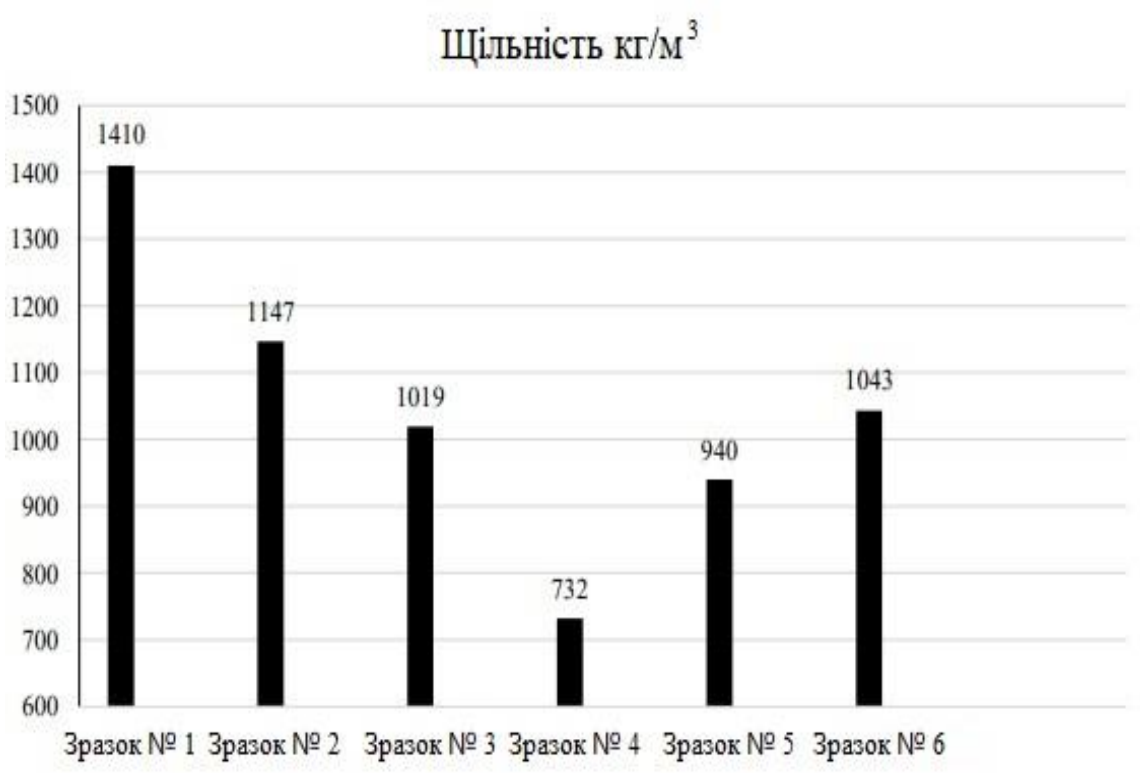


Рисунок 3.1- Графік щільності

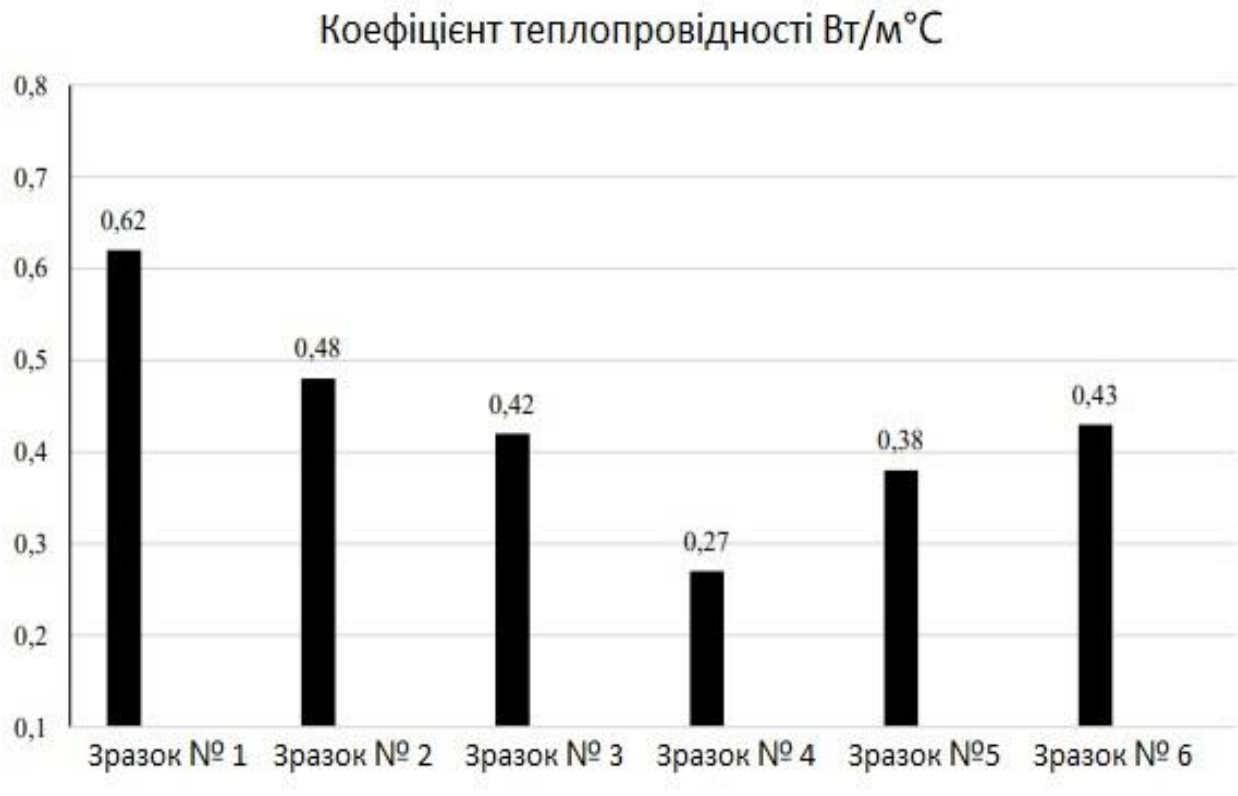


Рисунок 3.2 - Графік теплопровідності

Щільність керамічних виробів залежить від їхнього хіміко-мінералогічного складу, способу формування та ступеня випалу.

Велику щільність мають вироби, що обпалюються майже до повного спікання без спучування у зв'язку з малою кількістю води.

Середня щільність стінових виробів залежить від пористості та порожнечі та становить у різних видів виробів від 700 до 2400 кг/м^3. За показником середньої щільності в сухому стані цегла та каміння поділяють класи:

• 0,7 (плотность до 700 кг/м^3);

• 0,8 (710-800 кг/м^3);

• 1,0 (810-1000 кг/м^3);

• 1,2 (1010-1200 кг/м^3);

• 1,4(1210-1400 кг/м^3);

• 2,0 (1410-2000 кг/м^3);

• 2,4 (2010-2400 кг/м^3).

А залежно від класу середньої щільності та теплопровідності – на групи:

• малоефективні (звичайні)-класи 2,0 та 2,4 та коефіцієнт теплопровідності (λ) понад 0,46 Вт/мК;

• умовно-ефективні - клас 1,4 та λ = 0,36…0,46 Вт/мК;

• ефективні - клас 1,2 та λ = 0,24...0,36 Вт/мК;

• підвищену ефективність - клас 1,0 і λ = 0,20…0,24 Вт/мК;

• високої ефективності - класи 0,7 та 0,8 та λ = до 0,20 Вт/мК.

Збільшення введених до складу сировинної суміші тирси в кількості від 0 до 20% знижує середню щільність керамічного черепка з 1410 до 732 кг/м^3, теплопровідність знижується з 0,62 до 0,27 Вт/м °С.

Визначено, що виріб, склад якого становить 20 % лігніну, має щільність 1147 кг/м^3, а теплопровідність 0,62 Вт/м°С відноситься до малоефективної кераміки.

В результаті експериментальних досліджень встановлено, що

оптимальним є використання у складах гідролізного лігніну та тирси в кількості 10%.

Відомо, що при рівній кількості добавок, що вигорають, зменшується середня щільність виробів, а, отже, покращуються теплофізичні властивості. Виріб склад якого є 10% лігніну та 10% тирси можна віднести до класу умовно-ефективних керамічних виробів.

На підставі представлених вище результатів можна зробити висновок: використовуючи гідролізний лігнін як компонент вигоряючої добавки, можна отримати ефективну кераміку з низьким коефіцієнтом теплопровідності.

3.2 Визначення водопоглинання керамічних черепків

Водопоглинання характеризує ступінь заповнення відкритих пір матеріалу при насиченні водою. Внаслідок насичення матеріалу водою підвищується його середня щільність та теплопровідність. Знижується механічна міцність, іноді збільшується об'єм. Величина водопоглинання є показником спекаемості черепка.

Призначені для випробування водопоглинання зразки висушили до постійної маси і після охолодження зважували з точністю до 1 г.

Після цього зразки укладають у посудину з водою (рисунок 3.3), щоб рівень води в посудині був вище верху зразків не менше ніж на 2 см і не більше ніж на 10 см.

У такому положенні зразки витримували протягом 48 годин.



Рисунок 3.3- Зразки у посудині з водою

Після цього зразки виймають із судини, обтирають ганчіркою і кожен зразок зважують. Водопоглинання за масою обчислюють за формулою:

$$B = \frac{m_1 - m}{m} * 100, \quad (3.2)$$

m_1-маса насиченого водою зразка, г;

m - маса висушеного зразка, г;

Результаты представлены в таблице 3.4.

Таблиця 3.4 - Маса та водопоглинання зразків

	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Маса висушеного зразка, г	20,8	15,2	12,0	9,0	12,0	12,8
Маса насиченого водою зразка, г	23,7	18,2	14,9	11,5	15,2	15,5
Водопоглинання, %	14,5	19,7	24,2	28	27	21

Згідно з нормативними вимогами, водопоглинання керамічної цегли має бути більше 6%. При меншому водопоглинанні цегла виходить важчою, менш повітропроникною і більш теплопровідною. Крім того, з ним погано зчепляється будівельний розчин. Верхня межа залежить від виду цегли та умов експлуатації:

• рядовий 12-14%

• лицьовий 8-10%

• цегла, що використовується у внутрішніх рядах кладки і для будівництва перегородок, може мати водопоглинання до 16%. З наведених результатів видно, що водопоглинання зразків становить від 14,5% до 28%.

Такий розкид пояснюється тим, що внутрішні ряди кладки не мають безпосереднього впливу опадів і низьких температур, тоді як зовнішні повністю приймають їх на себе.

З наведених результатів видно, що водопоглинання зразків становить від 14,5% до 28%. За такого показника водопоглинання керамічні вироби для зовнішніх стін можна використовувати лише за наявності зовнішньої обробки.

3.3 Теплотехнічний розрахунок огороджуючих конструкцій

Для обґрунтування проектного рішення зовнішніх стін необхідно оцінити вплив фізико-механічних властивостей експериментальної кераміки на товщину утеплювача.

Необхідний рівень теплозахисту зовнішніх огорож будівель визначається

вимогами нормативного документа ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» залежно від тривалості опалювального періоду для кожного регіону [70].

Проектований будинок житлового будинку розташований в к. Київ, що відноситься до кліматичного району (5 зона).

Тривалість опалювального періоду становить 191 дібу.

Середня температура зовнішнього повітря за опалювального періоду становить мінус 7,90 °С.

Зона вологості району будівництва – нормальна.

За розрахункову температуру прийнята температура найбільш холодної п'ятиденки становить - 25°С

С. Внутрішня температура повітря +22°С.

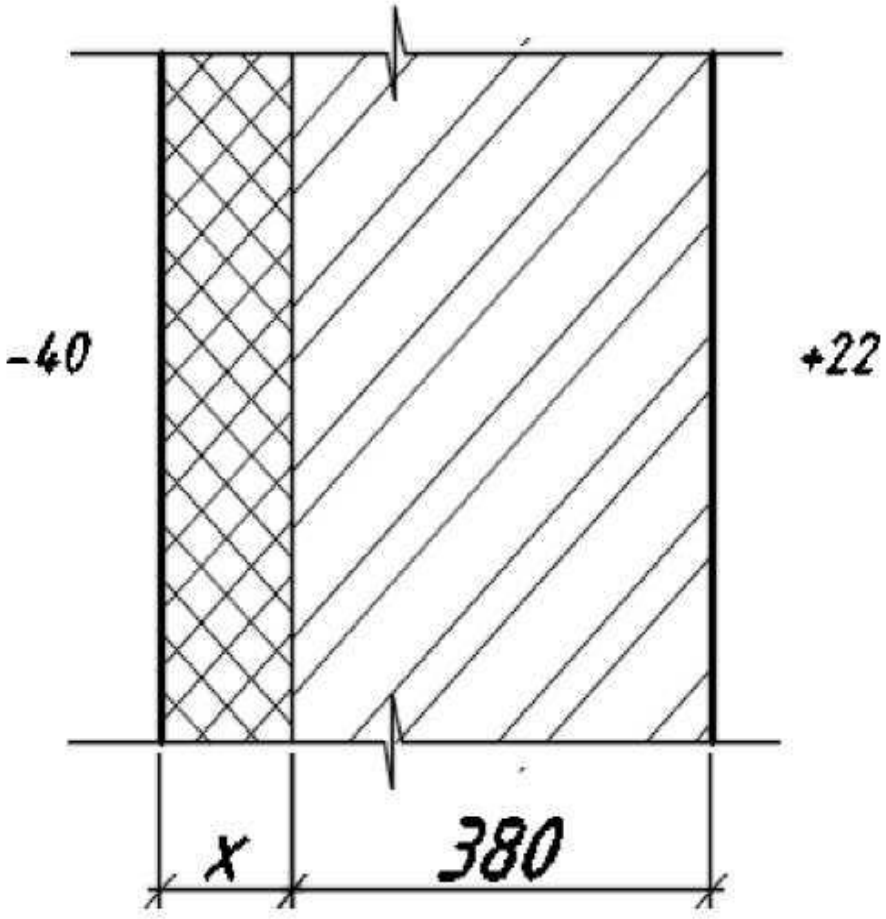


Рисунок 3.4 - Перетин стіни

Таблиця 3.5 – Для зразка №1

	Найменування	γ, кг/ м^3	δ, м	λ, Вт/ м* °С	R=δ/λ м2*°С/Вт
1	Енергоефективний керамічний блок (зразок №1)	1410	0,38	0,62	0,61
2	Утеплювач плити мінераловатні техноніколь «технофас»	145	х	0,043	х/0,043

Таблиця 3.6 – Для зразка №2

	Найменування	γ, кг/ м^3	δ, м	λ, Вт/ м* °С	R=δ/λ м2*°С/Вт
1	Енергоефективний керамічний блок (зразок №2)	1147	0,38	0,48	0,79
2	Утеплювач плити мінераловатні техноніколь «технофас»	145	х	0,043	х/0,043

Таблиця 3.7 – Для зразка №3

	Найменування	γ, кг/ м^3	δ, м	λ, Вт/ м* °С	R=δ/λ м2*°С/Вт
1	Енергоефективний керамічний блок (зразок №3)	1019	0,38	0,42	0,90
2	Утеплювач плити мінераловатні техноніколь «технофас»	145	х	0,043	х/0,043

Таблиця 3.8 – Для зразка №4

	Найменування	γ, кг/ м^3	δ, м	λ, Вт/ м* °С	R=δ/λ м^2*°С/Вт
1	Енергоефективний керамічний блок (зразок №4)	732	0,38	0,27	1,4
2	Утеплювач плити мінераловатні техноніколь «технофас»	145	х	0,043	х/0,043

Таблиця 3.9 – Для зразка №5

	Найменування	γ, кг/ м^3	δ, м	λ, Вт/ м* °С	R=δ/λ м^2*°С/Вт
1	Енергоефективний керамічний блок (зразок №5)	940	0,38	0,38	1,0
2	Утеплювач плити мінераловатні техноніколь «технофас»	145	х	0,043	х/0,043

Таблиця 3.10 – Для зразка №6

	Найменування	γ, кг/ м^3	δ, м	λ, Вт/ м* °С	R=δ/λ м^2*°С/Вт
1	Енергоефективний керамічний блок (зразок №6)	1043	0,38	0,43	0,88
2	Утеплювач плити мінераловатні техноніколь «технофас»	145	х	0,043	х/0,043

Таблиця 3.11- Для цегли керамічної

	Найменування	γ, кг/ м^3	δ, м	λ, Вт/ м* °С	R=δ/λ м^2*°С/Вт
1	Цегла керамічна М150 (зразок №7)	1400	0,38	0,71	0,53
2	Утеплювач плити мінераловатні техноніколь «технофас»	145	х	0,043	х/0,043

Таблиця 3.12- Для поризованого блоку марки 14, 3НФ

	Найменування	γ, кг/ м^3	δ, м	λ, Вт /м* °С	R=δ/λ м^2*°С/Вт
1	Крупноформатний поризований блок (зразок №8)	700-800	0,38	0,38	1,0
2	Утеплювач плити мінераловатні техноніколь «технофас»	145	х	0,043	х/0,043

1. Визначаємо градусодобу опалювального періоду [71]:

$$Dd = (t_{int} - t_{ht}) * Z_{ht}, \quad (3.3)$$

$$Dd = (t_{int} - t_{ht}) * Z_{ht} = (22 + 7{,}9) * 191 = 6667{,}7℃$$

де, t_{int} = +22℃ - температура внутрішнього повітря;

t_{ht} = -7.9℃ - відносна температура повітря найхолоднішої п'ятиденки;

Z_{ht} = 191 добу - тривалість опалювального періоду.

2. Визначаємо наведений опір теплопередачі:

$$R_{req} = 0{,}00035 * 6667{,}7 + 1{,}4 = 3{,}73 \text{ м}^2\text{°С/Вт}, \quad (3.4)$$

де, a і b - коефіцієнти, що приймаються для стін [71]:

a = 0.00035;

b = 1.4.

3. Визначаємо мінімальний допустимий термічний опір утеплювача:

$$R_{\text{ут}}^{\text{тр}} = R_{req} - (R_{int} + R_{ext} + \sum R_i), \quad (3.5)$$

де λ_i - це коефіцієнт теплопередачі внутрішніх поверхонь огорожі. λ_i = 8,7;

λ_e – коефіцієнт теплопередачі зовнішніх поверхонь, λ_e = 23.

Для зразка № 1:

$$R_{\text{ут}}^{\text{тр}} = 3{,}73 - \left(\frac{1}{8{,}7} + \frac{1}{23} + 0{,}61\right) = 2{,}96 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

4. Визначаємо товщину утеплювача:

$\frac{X}{0{,}0043}$ = 2;96 ; x=0,127, виходячи з сортаменту, призначаємо товщину плити 14 см.

5. Визначення термічного опору стіни:

$$R_0 = R_{int} + R_{ext} + \sum R_i \quad (3.6)$$

$$R_0 = \frac{1}{8{,}7} + \frac{1}{23} + 0{,}62 + 2{,}96 = 3{,}74$$

$$R_0 > R_{req};$$

$$3,74 > 3,73$$

Висновок: Умова виконується.

Для зразка №2:

$$R_{\text{ут}}^{\text{тр}} = 3,73 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,79\right) = 2,79 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

4. Определяем толщину утеплителя:

$\frac{X}{0,0043}$ = 2;68 ; x=0,114, виходячи з сортаменту, призначаємо товщину плити 12 см.

5. Определение термического сопротивления стены:

$$R_0 = R_{int} + R_{ext} + \sum R_i$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,62 + 2,96 = 3,74$$

$$R_0 > R_{req};$$

$$3,74 > 3,73$$

Висновок: Умова виконується.

Для зразка № 3:

$$R_{\text{ут}}^{\text{тр}} = 3,73 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,9\right) = 2,68 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

4. Визначаємо товщину утеплювача:

$\frac{X}{0,0043}$ = 2;96 ; x=0,127, виходячи з сортаменту, призначаємо товщину плити 14 см.

5. Визначення термічного опору стіни:

$$R_0 = R_{int} + R_{ext} + \sum R_i$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,9 + 2,68 = 3,74$$

$$R_0 > R_{req};$$

$$3,74 > 3,73$$

Висновок: Умова виконується.

Для зразка № 4:

$$R_{ут}^{тр} = 3,73 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 1,4\right) = 2,17 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

4. Визначаємо товщину утеплювача:

$\frac{X}{0,0043}$ = 2;17 ; x=0,09, виходячи з сортаменту, призначаємо товщину плити 10 см.

5. Визначення термічного опору стіни:

$$R_0 = R_{int} + R_{ext} + \sum R_i$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 1,4 + 2,17 = 3,74$$

$$R_0 > R_{req};$$

$$3,74 > 3,73$$

Висновок: Умова виконується.

Для зразка № 5:

$$R_{\text{ут}}^{\text{тр}} = 3,73 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 1,0\right) = 2,57 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

4. Визначаємо товщину утеплювача:

$\frac{X}{0,0043}$ = 2;57 ; х=0,11, виходячи з сортаменту, призначаємо товщину плити 12 см.

5. Визначення термічного опору стіни:

$$R_0 = R_{int} + R_{ext} + \sum R_{\text{i}}$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 1,0 + 2,57 = 3,74$$

$$R_0 > R_{req};$$

$$3,74 > 3,73$$

Висновок: Умова виконується.

Для зразка № 6:

$$R_{\text{ут}}^{\text{тр}} = 3{,}73 - \left(\frac{1}{8{,}7} + \frac{1}{23} + 0{,}88\right) = 2{,}69 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

4. Визначаємо товщину утеплювача:

$\frac{X}{0{,}0043}$ = 2;69 ; х=0,115, виходячи з сортаменту, призначаємо товщину плити 12 см.

5. Визначення термічного опору стіни:

$$R_0 = R_{int} + R_{ext} + \sum R_{\text{i}}$$

$$R_0 = \frac{1}{8{,}7} + \frac{1}{23} + 0{,}88 + 2{,}79 = 3{,}82 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

$$R_0 > R_{req};$$

$$3{,}82 > 3{,}73$$

Висновок: Умова виконується.

Для цегли керамічної:

$$R_{\text{ут}}^{\text{тр}} = 3{,}73 - \left(\frac{1}{8{,}7} + \frac{1}{23} + 0{,}53\right) = 3{,}04 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

4. Визначаємо товщину утеплювача:

$\frac{X}{0{,}0043}$ = 3;04 ; х=0,131, виходячи з сортаменту, призначаємо товщину плити 14 см.

5. Визначення термічного опору стіни:

$$R_0 = R_{int} + R_{ext} + \sum R_i$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,66 + 2,91 = 3,74$$

$$R_0 > R_{req};$$

$$3,74 > 3,73$$

Висновок: Умова виконується.

Для порізованих блоків:

$$R_{ут}^{тр} = 3,73 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 1,00\right) = 2,57 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

4. Визначаємо товщину утеплювача:

$\frac{X}{0,0043}$ = 2;57 ; x=0,112, виходячи з сортаменту, призначаємо товщину плити 12 см.

5. Визначення термічного опору стіни:

$$R_0 = R_{int} + R_{ext} + \sum R_i$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,95 + 2,57 = 3,82 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

$$R_0 > R_{req};$$

$$3,82 > 3,73$$

Висновок: Умова виконується.

Таблиця 3.13 Вплив фізико-механічних властивостей на товщину утеплювача

Матеріал	Щільність, р, кг/м^3	Коефіцієнт теплопровідності, λ, Вт/м* °С	Товщина утеплювача, см
№ 1	1410	0,62	14
№ 2	1147	0,48	12
№ 3	1019	0,42	12
№ 4	732	0,27	10
№ 5	940	0,38	12
№ 6	1043	0,43	12
Керамічна цегла	1400	0,71	14
Порізовані блоки	700-800	0,38	12

За даними таблиці 3.13 побудовано діаграму (рисунок 3.5).

Таким чином для зовнішніх стін будівель з поризованої кераміки, отриманої на основі складу №1 і керамічної цегли М150 знадобиться 14 см утеплювача (мінераловатної технониколь «технофас»), з поризованої кераміки № 2,3,5,6 і з поризованих блоків з поризованої кераміки № 4 знадобиться 10 см утеплювача.

Використання поризованих блоків та кераміки № 2,3,4,5,6 до складу якого входять такі вигоряючі добавки як лігнін та тирса, є раціональним, оскільки призводять до найменшого використання утеплювача.



Рисунок 3.5 - Товщина утеплювача

3.4 Техніка безпеки під час роботи з будівельними розчинами

Робота з будівельними розчинами вимагає суворого дотримання правил техніки безпеки для запобігання травматизму, пошкодження шкіри та дихальних шляхів, а також для збереження здоров'я працівників. Основні аспекти безпеки включають правильну організацію робочого місця, використання засобів індивідуального захисту та дотримання правил роботи з матеріалами.

Загальні правила безпеки.

- До роботи з будівельними розчинами допускаються лише особи, які пройшли відповідний інструктаж і мають знання про особливості роботи з розчинами.
- На будівельному майданчику необхідно чітко визначити місця зберігання матеріалів, обладнання та інструментів.

- Забороняється працювати з розчинами в умовах недостатнього освітлення, що може призвести до травмування.
- Усі працівники повинні бути забезпечені необхідними засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), такими як рукавички, окуляри, маски, каски, спецодяг та захисне взуття.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

- Рукавички: захищають шкіру рук від подразнення хімічними речовинами, що містяться у будівельних розчинах.
- Окуляри або маски: запобігають потраплянню розчину або його частинок в очі.
- Респіратори: використовуються для захисту органів дихання від пилу та випарів, особливо під час змішування сухих компонентів.
- Спецодяг: повинен бути виготовлений з щільної тканини, яка захищає шкіру від прямого контакту з агресивними компонентами розчину.
- Захисне взуття: має бути стійким до хімічного впливу та з підошвою, яка запобігає ковзанню.

Підготовка робочого місця.

- Перед початком роботи необхідно очистити робочу зону від сторонніх предметів та забезпечити достатній простір для безпечного виконання завдань.
- Контейнери, в яких зберігаються компоненти розчину, повинні бути щільно закриті.
- Забезпечити наявність у робочій зоні води для миття рук, а також нейтралізувальних засобів (наприклад, розчину борної кислоти) для випадків потрапляння розчину на шкіру або в очі.
- У місцях з підвищеним ризиком ковзання підлогу слід устеляти дерев’яними настилами або антиковзними матеріалами.

Правила роботи з будівельними розчинами.

- Суворо дотримуватися технології приготування розчинів, зазначеної у технічній документації.

- У процесі змішування компонентів сухі суміші слід додавати поступово, щоб уникнути утворення великої кількості пилу.
- Під час ручного перемішування слід використовувати інструменти з довгими ручками, щоб мінімізувати контакт з розчином.
- Не допускається використання пошкодженого обладнання, такого як мішалки чи бетономішалки.
- При транспортуванні розчину слід уникати його розливання на робочу зону.
- Забороняється працювати з розчинами у відкритому просторі під час сильного вітру або опадів, якщо це створює ризик для здоров'я працівників.

Особливості роботи з хімічно активними компонентами.

- Луги, кислоти та інші хімічно активні добавки до розчинів повинні зберігатися у спеціально відведених місцях.
- Під час роботи з агресивними хімічними речовинами слід уникати їх прямого контакту зі шкірою та слизовими оболонками.
- При випадковому потраплянні розчину на шкіру необхідно негайно змити його великою кількістю води та, за потреби, звернутися до медпункту.

Дії у разі нещасного випадку.

- У разі потрапляння розчину в очі слід негайно промити їх великою кількістю чистої води протягом не менше 10 хвилин та звернутися до лікаря.
- Якщо будівельний розчин потрапив на шкіру, необхідно змити його водою, а у разі подразнення — обробити ушкоджену ділянку нейтралізувальним засобом.
- При виникненні алергічних реакцій або утрудненого дихання через контакт з розчином слід негайно припинити роботу, звернутися до лікаря та повідомити про інцидент відповідального за техніку безпеки.

Контроль і перевірка стану робочих зон.

- Регулярно проводити перевірки стану інструментів, обладнання та засобів індивідуального захисту.
- Забезпечувати періодичне навчання працівників щодо безпечної роботи з будівельними розчинами.
- Проводити обов'язкові інструктажі перед початком роботи, особливо для нових працівників або при зміні умов праці.
- У разі виявлення порушень техніки безпеки негайно усувати їх та повідомляти відповідальних осіб.

Екологічна безпека.

- Усі відходи, пов'язані з використанням будівельних розчинів, слід утилізувати відповідно до норм екологічної безпеки.
- Заборонено зливати залишки будівельних розчинів у каналізацію або відкриті водойми.
- Залишки розчину необхідно збирати у спеціальні контейнери для подальшої утилізації.

Дотримання вищезазначених правил техніки безпеки під час роботи з будівельними розчинами допоможе зменшити ризик травматизму, зберегти здоров'я працівників та забезпечити ефективне виконання робіт. Кожен працівник повинен усвідомлювати свою відповідальність за дотримання цих правил та їх важливість для загальної безпеки на будівельному майданчику.

3.5 Висновки до розділу 3

На підставі поданих вище результатів можна зробити такі висновки:

1. За результатами теплотехнічного розрахунку визначено, що застосування експериментальних складів керамічних поризованих виробів для зовнішніх захисних конструкцій в умовах клімату Запорізької області дозволяє знизити товщину застосовуваного утеплювача і, як наслідок, призвести до економії коштів при зведенні будівлі.

2. Гідролізний лігнін також можна використовувати при виробництві

паливних брикетів на основі тирси з добавкою лігніну. Найбільш важливим фактором, що впливає на формування паливного брикету, є додавання не тільки лігніну, але і попередньо розмоченої целюлози (вторинного паперу). Целюлоза дозволяє надати більшої зв'язності брикету і зберігати форму після сушіння.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Використовуючи гідролізний лігнін як компонент добавки, що вигорає, можна отримати ефективну кераміку з низьким коефіцієнтом теплопровідності. Оптимальне відсоткове співвідношення лігніну та тирси становить 50/50 при загальному вмісті добавки не більше 20%.

2. Досвідчені зразки, отримані з використанням у масах гідролізного лігніну та тирси, обпалені при температурі 1000°С, характеризуються такими показниками властивостей: водопоглинання 14,5-28%, щільність 732-1410 кг/м^3, коефіцієнт теплопровідності 0,27-62 Вт/м.

3. Для обґрунтування проектного рішення зовнішніх стін оцінили вплив фізико-механічних властивостей експериментальної кераміки на товщину утеплювача. Таким чином для зовнішніх стін будівель з поризованої кераміки, отриманої на основі складу №1 і керамічної цегли М150 знадобиться 14 см утеплювача (мінераловатної техноніколь «технофас»), з поризованої кераміки № 2,3,5,6 і з поризованих блоків з поризованої кераміки № 4 знадобиться 10 см утеплювача.

4 .Використання поризованих блоків та кераміки № 2,3,4,5,6 до складу якого входять такі вигоряючі добавки як лігнін та тирса, є раціональним, оскільки призводять до найменшого використання утеплювача.

5.Так само в процесі виконання роботи було вивчено технологію виконання паливних брикетів. В результаті проведених досліджень встановлено, що найбільш важливим фактором, що впливають на процес формування паливного брикету, є додавання попередньо розмоченого паперу. Використання старого паперу у виробництві підвищує пальне брикетів, тому що папір добре горить і виділяє значну кількість тепла. А також папір та лігнін, служать сполучною для розсипчастої маси.

6.Таким чином виконане дослідження дозволяє з упевненістю сказати про можливість покращення екологічної ситуації у Запоріжжі та його оточенні, якщо буде реалізована програма з утилізації промислових відходів

колишнього гідролізного виробництва. Враховуючи безперечний позитивний ефект при виробництві будівельних матеріалів та виробів на основі даного відходу виробництва, можна рекомендувати розроблену технологію у реальне виробництво.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон № 2320-IX від 20.06.2022 Про управління відходами.

2. Савицький В.М., Хільчевський В.К., Чунарьов О. В., Яцюк М.В. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на грунти і природні води: Навчальний посібник / За ред. В.К. Хільчевського. Київ Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2007. 152 с.

3. Барбаш В.А., Дейкун І.М. Хімія рослинних полімерів. Навч. посібник. 2-ге видання, переробл. і доповн. Київ: Каравела, 2018. 440 с.

4. Гетьманчук Ю.П., Братичак М.М. Хімія та технологія полімерів. Львів: Видавництво “Бескид Біт”, 2006. 496 с.

5. О. І. Повзун, С. В. Подкопаєв, С. О. Вірич, Т. В. Горячева, С. Г. Д. УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ПОЛІМЕРНОГО ТА ЛІСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА У ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ. Journal of Chemical Information and Modeling. 2013. Vol. 53, No. 9. С. 1689–1699.

6. Гайда С.В. Технології та рекомендації до використання вживаної деревини в деревообробленні / С.В. Гайда // Ліс. госп-во, ліс., папер. Та деревооб. пром-сть: міжвід. наук.-техн. зб. 2013. Вип. 39.1. С. 48-67.

7 Суходолов А. П., Хаматаев В. А. Развитие отечественной гидролизной промышленности //Известия Байкальского государственного университета. - 2009. - №. 3.

8 Черьопкіна Р.І.. Технологія гідролізного виробництва. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології технології переробки деревини та рослинної сировини»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 46 с.

9 Варфоломеев Примаков С.П., Барбаш В.А., Черьопкіна Р.І. Виробництво сульфітної та органосольвентної целюлози. Навч. посіб. Київ: ЕКМО, 2009. 280 с.

10 . Методичні вказівки до виконання практичних робіт дисципліни

«Утилізація промислових та небезпечних відходів» /О.О. Бєдункова – Рівне: НУВГП, 2017. - 40 с.

11 Ємельянов В. Г. Основи деревинознавства та лісового товарознавства : навч. посібник / Харк. нац. агр. ун-т. ім. В.В. Докучаєва. Харків, 2009. 399с.

12 Milanovich J. Strucrure and properties of TEMPO-oxidized cotton fibers, Chem. Industry & Chem. Eng. Quarterly. 2012, vol. 18, no. 3, P. 473-481

13 Антоненко Л.П., Барбаш В.А., Дейкун І.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу "Технологія виробництва деревної маси та комплнесна хімічна переробка" для студентів спеціальності 7.091611 Київ: НТУУ КПІ, 2003. 70 с.

14 Essam S.Abd El-Sayed,Mohamed El-Sakhawy, Mohamed Abdel-Monem El-Sakhawy. Non-wood fibers as raw material for pulp and paper industry// Nordic Pulp & Paper Research Journal. 2020. Vol. 2, №35, P. 215–230.

15 Aisyah H. A., Paridah M. T., Sahri M. H., Anwar U. M. K., Astimar A. A..Properties of medium density fibreboard (MDF) from kenaf (Hibiscus cannabinus L.) core as function of refining conditions. Composites Part B: Engineering. 2013. Vol. 44, Issue 1, P. 592-596.

16 Bhattacharya M, Malinen MM, Lauren P, Lou YR, Kuisma SW, Kanninen L, Lille M, Corlu A, GuGuen-Guillouzo C, Ikkala O, Laukkanen A, Urtti A, Yliperttula M. Nanofbrillar cellulose hydrogel promotes three-dimensional liver cell culture. J Control Release. 2012, vol. 3, P. 291–298.

17 Ping Lu, You-Lo Hsieh. Preparation and characterization of cellulose nanocrystals from rice straw. Carbohydrate Polymers. 2012, Vol. 87, P. 564-573.

18 Горобець О. В. Методика розрахунку збитку, спричиненого забрудненням атмосфери внаслідок розміщення твердих побутових відходів на звалищах / О. В. Горобець // Економічний форум. – 2012. – № 4. – С. 247–253

19 .Горобець О. В. Перспективні напрями утилізації органічних відходів / О. В. Горобець, В. А. Галіцький // Наука. Молодь. Екологія – 2016 :

зб. матеріалів XII Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених, 27 трав. 2016 р. Житомир : ЖНАЕУ, 2016. С. 97–102.

20 Якушко С. І. Біохімічна деструкція органічних відходів. Установка для проведення процесу в інтенсивному режимі [Текст] / С. І. Якушко // Хімічна промисловість України. 2007. № 4 (81). С. 47-50.

21 Знешкодження та утилізація відходів в агросфері: навчальний посібник / В. К. Пузік, Р. В. Рожков, Т. А. Долгова [та ін.] ; М-во аграр. політики та продовольства України, Харк. нац. аграр. ун-т ім. В.В.Докучаєва. Харків: ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, 2014. 220 с.

22 Organic Waste Recycling: How To Recycle Organic Waste? Earth Reminder. URL:. https://www.earthreminder.com/organic-waste-recycling-process-and-steps/ (дата звернення 21.10.2024)

23 Хитрова І. В. Утилізація гідролізного лігніну в якості структуруючої добавки при виготовленні вуглець-металевих композиційних систем / І. В. Хитрова, Т. Б. Новожилова // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Сер. : Хімія, хімічна технологія та екологія. Харків : НТУ "ХПІ", 2017. № 49 (1270). С. 79-85.

24 R. Korol, H. Sakalova. Methanogenesis of waste in technical systems as an energy conservation factor. Personality and Environmental Issues, 2022. Vol.1. Issue.2. P. 22–26.

25 Лісохімічна промисловість / В. С. Бондар // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол. : І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2016

26 Колоїдна хімія: [підруч.] / М. О. Мчедлов-Петросян, В. І. Лебідь, О. М. Глазкова, О. В. Лебідь. – Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2010. 500 с.

27 .Хрулев, В.М. Синтетические клеи и мастики (применение в строительстве): учеб.пособие для строит.вузов / В.М.Хрулев.- М.: Высш.шк., 1970.-368 с.

28 Baumberger S. Chemical modifi cation, properties, and usage of lignin

/ Ed. by Hu T. Q. New York: Kluwer Acad., 2002. 291 p.

29 Worrell E., Reuter M. Handbook of recycling: state-of-the-art for practitioners, analysts, and scientists. Elsevier Inc., 2014. 563 p.Рабиа Х. Н. Технология бурения нефтяных скважин. М.: Недра, 1989. 413 с.

31 ДСанПіН 2.2.7.029-99. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення.

32 Комплексний аналіз українського ринку пелет з біомаси. URL: https://uabio.org/wptent/uploads/2020/04/kompleksnii_analiz_ukrayinskogo_rinku_pelet_z_biomasi.pdf (дата звернення: 11.11.2024)

33 Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів. Київ : Кондор, 2006. 528 с.

34 Сологуб М. А., Рожнецький І. О., Некоз О. І. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство. Київ : Техніка, 2002. С. 374.

35 Смирнов В. О., Білецький В. С. Фізичні та хімічні основи виробництва. Київ : Наука, 2005. С. 45−48.

36 Петрук В. Г., Васильківський І. В., Іщенко В. А., Петрук Р. В. Управління та поводження з відходами. Частина 4. Технології переробки твердих побутових відходів: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2013. 234 с.

37 Управління відходами в Україні URL :http://ekosphera.org/wpcontent/uploads/2018/02/Ukraine_Newsletter_0 1_ukr.pdf (дата звернення 25.12.2024)

38 Інноваційні технології та обладнання галузі. Переробка продукції тваринництва: посібник-практикум / К. О. Самойчук, С. В. Кюрчев, Н. О. Паляничка, В. О. Верхоланцева, С. В. Петриченко, О. О. Ковальов: ТДАТУ. – Мелітополь: видавничо-поліграфічний центр «Forward press», 2020. 250

39 Kumari A., Kishor N., Guptasarma P. Characterization of a mildly alkalophilic and thermostable recombinant Thermus thermophilus laccase with applications in decolourization of dyes // Biotechnol Lett. – 2017. DOI

10.1007/s10529- 017-2461-8

40 Callejón S., Sendra R., Ferrer S., Pardo I. Cloning and characterization of a new laccase from Lactobacillus plantarum J16 CECT 8944 catalyzing biogenic amines degradation // Appl Microbiol Biotechnol. – 2015. DOI 10.1007/s00253-015-7158-0

41 Alan L. Wright, Tony L. Provin, Frank M.Hons, David A. Zuberer, Richard H. White Nutrient accumulation and availability in compost – amended turfgrass soil. Journal of Hortscience 2007. Vol. 42. October, P. 1473–1477.

42 Lindequist U., Timo H. J. Niedermeyer,The Pharmacological Potential of Mushrooms, – Altern. Med., – 2005; Vol.2, No 3. – P.263 –265.

43 Expression of manganese peroxidase by Lentinula edodes and Lentinula boryana in solid state and submerged system fermentation/ Katia l. Hermann, Alessandra Costa, Cristiane V. Helm, Edson A. De lima and Lorena B.B. Tavares// Annals of the Brazilian Academy of Sciences – 2013. -- №3. – C. 965-973.

44 Lentinus edodes and Pleurotus species lignocellulolytic enzymes activity in submerged and solid-state fermentation of lignocellulosic wastes of different composition/ Vladimir Elisashvili, Michel Penninckx , Eva Kachlishvili, Nino Tsiklauria, Eka Metreveli, Tamar Kharziani, Giorgi Kvesitadze// Bioresource Technology – 2008. -- №9. – C.457-462.

45 Eliche-Quesada D. et al. The use of different forms of waste in the manufacture of ceramic bricks //Applied Clay Science. 2011. T. 52. №. 3. C. 270-276.

46 Cultrone G. et al. Sawdust recycling in the production of lightweight bricks: How the amount of additive and the firing temperature influence the physical properties of the bricks //Construction and Building Materials. 2020. T. 235. C. 117436.

47 Perovskaya K. et al. Polymer waste as a combustible additive for wall ceramics production //E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2019. T. 91. C. 04007.

48 Технологія виробництва видів біопалива URL: https://bio.ukr.bio/ua/articles/2344/ (дата звернення: 18.11.2024)

49 Методичні вказівки до виконання практичних робіт дисципліни «Утилізація промислових та небезпечних відходів» /О.О. Бєдункова – Рівне: НУВГП, 2017. - 40 с.

50 Павленко, А. М. Композіційна вісокопориста теплова ізоляція з ефективного параметрами порістості / О.М.Павленка, А. О. Чейлітко, М. А. Носов // Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХПІ». 2016. № 42 (1214). С. 92-96.

51 Abu-Jdayil, B., Mourad, A.-H., Hittini, W., Hassan, M., & Hameedi, S. (2019). Traditional, state-of-the-art and renewable thermal building insulation materials: An overview. Construction and Building Materials, 214, 709–735.

52 Аналіз можливостей виробництва та використання брикетів з агробіомаси в україні URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/05/position-paper-uabio-20-ua.pdf (дата звернення: 05.11.2024).

53 Fabrication of silicon nitride nanoceramics — Powder preparation and sintering: A review / T. Nishimura, X. Xu, K. Kimoto [et al.] // Science and Technology of Advanced Mater. 2007. №8. P. 635–643.

54 Ramachandran V.S. (ed) Concrete Admixtures Handbook - Properties. New York: Science and Technology, 2nd ed. William Andrew Publishing. 1999. 964 p.

55 ДСТУ Б В.2.7-14-94 Будівельні матеріали. Сировина глиниста для виробництва керамзитового гравію та піску. Технічні умови

56 Rice R. W. Mechanical properties of ceramics and composites: grain and particle effects / R. W. Rice. — NewYork : Marcel Dekker, Inc., 2000. 712 p.

57 Armor Ceramics / D. Viechnicki, W. Blumenthal, M. Slavin [et al.] // Third TACOM Armor Coordinating Conference, 1987. P. 27–53.

58 Апостолюк С. О., Апостолюк А. С, Джигирей В. С. та ін.

Промислова екологія. Навчальний посібник Київ: Знання, 2005. 474 с.

59 Виробництво будівельної кераміки Всеукраїнська спілка виробників будматеріалів. 2017. URL : http://avbmv.com.ua/. (дата звернення 23.12.2024)

60 Мальований М.С., Боголюбов В.М., Шаніна Т.П., Шмандій В.М., Сафранов Т.А. Техноекологія: підручник / За ред. М.С.Мальованого. Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2013. 424 с.

61 Лісачук Г.В., Федоренко О.Ю., Цовма В.В. Створення ресурсозаощадних технологій керамічних матеріалів з використанням нових видів вітчизняної мінеральної сировини . Збірник наукових статей Ш Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. Вінниця. 2011. С. 220−222.

62 ДСТУ Б В.2.7-26-95 Будівельні матеріали. Сировина глиниста. Метод визначення чутливості глин до сушіння

63 ДСТУ ISO 5017:2014 Вироби вогнетривкі щільні формовані. Метод визначення уявної щільності, відкритої пористості та загальної пористості (ISO 5017:1998, IDT)

64 ДСТУ Б ГОСТ 16381:2011 Матеріали і вироби будівельні теплоізоляційні. Класифікація і загальні технічні вимоги (ГОСТ 16381-77, IDT)

65 ДСТУ Б В.2.7-80:2008 Будівельні матеріали. Цегла та камені силікатні. Технічні умови

66 ДСТУ Б В.2.7-61:2008 Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови (EN 771-1:2003, NEQ)

67 Боровик Ю. Т. Стійкий розвиток будівельного підприємства – важлива умова забезпечення конкурентоспроможності транспортного будівельного комплексу . Вісник економіки транспорту і промисловості. 2018. № 62. С. 151-157.

68 Connor, D. J. and Hernandez, C. G. "Crops for Biofuel: Current Status and Prospects for the Future," in R. W. Howarth and S. Bringezu, eds., Biofuels:

Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use (Ithaca, NY: Scientific Committee on Problems of the Environment, Cornell University, 2009), p. 70.

69 ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель.

70 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія.

71 Wood Dust Exposure in Wood Industry and Forestry / Dinko Puntari, Ankica Kos, Zdenko Smit, Zeljko Zecic // Coll. Antropol. 29 (2017) 1: 207-211 UDC 612.21:611.24 Original scientific paper 207-211.

72 НПАОП 20.0-1.02-05. Правила охорони праці в деревообробній промисловості .Білявський Г.О. Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основи екологічних знань. Київ : Либідь, 2000. 334 с.

73 Система очищення повітря в цеху. URL: https://derevo.ua/uk/articles/details/sistema-ochistki-vozduha-v-cehu-88 (дата звернення 12.01.2025)

74 Дейнека А. М. Лісове господарство: еколого – економічні засади розвитку: [монографія] / Анатолій Дейнека. – К.: Знання, 2009. – 350 с.

75 ДСТУ Б В.3.1-2:2016 Ремонт і підсилення несучих і огороджувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд

76 ДСТУ Б В.2.7-23-95 Розчини будівельні. Загальні технічні умови.

ДОДАТОК А

Рекомендації

1. Поризована кераміка

Порізована кераміка є найкращим матеріалом для будівництва житлових будівель. Швидкість будівництва, довговічність конструкції, здоровий мікроклімат приміщень, безпека проживання, економічність в експлуатації – ось основні переваги поризованої кераміки. Керамічні блоки призначені для різних типів кладки:

• для несучих та несучих стін,

• кладка-заповнення та кладка перегородок,

• для зовнішніх та внутрішніх стін,

• в один або кілька рядів.

Виробництво керамічних блоків здійснюється згідно з ДСТУ Б В.2.7-61:2008 Будівельні матеріали. Цегла та каміння керамічні рядові та лицьові. Технічні умови (EN 771-1:2003, NEQ).

У процесі виготовлення керамічних блоків використовуються такі компоненти:

• Глина

• Лігнін

• Тирса

• Вода

Для виробництва поризованої кераміки рекомендується застосовувати легкоплавку глину, яка змішують з добавками, що вигорають, і зволожується до формувальної вологості 15 %. Далі отримана сировина проходить формування на пресі і вирушає в піч на випал.

При високих температурах (до 1000°С) добавки, що вигоряють, повністю вигоряють, а на їх місці утворюються порожнечі, які знижують теплопровідність і вагу керамічних блоків.

Таблиця А1- Склад порошків для виготовлення керамічних черепків

	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Глина	90 %	80%	80%	80%	80%	80%
Лігнін	10%	20%	10%	-	5%	15%
Тирса	-	-	10%	20%	15%	5%
Вода	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %	15%

Таблиця А2 - Технічні характеристики

Матеріал	Щільність, р, кг/м^3	Коефіцієнт теплопровідності, λ, Вт/м* ◦С	Водопоглинання,%	Товщина утеплювача, см
№ 1	1410	0,62	14,5	13
№ 2	1147	0,48	19,7	12
№ 3	1019	0,42	24,2	12
№ 4	732	0,27	28	10
№ 5	940	0,38	27	12
№ 6	1043	0,43	21	12

При зведенні будівель з поризованої кераміки слід керуватися ДСТУ Б В.3.1-2:2016 «Ремонт та підсилення несучих та огороджувальних будівельних конструкцій та основ будівель та споруд»

При приготовлении и применении строительных растворов следует руководствоваться ДСТУ Б В.2.7-23-95 «Розчини будівельні. Загальні технічні умови».

Технологія застосування даного матеріалу значно відрізняється від звичного цегли, так як розчин укладається тільки на горизонтальні шви, а вертикальні шви не потребують його у зв'язку з тим, що торцеві грані блоків з'єднуються в пазгребень. Розчин використовується «теплий», оскільки шви є містками холоду і через них відбуваються найбільші втрати. У деяких випадках його можна замінювати цементним розчином, проте потрібно враховувати, що цементні шви можуть знизити теплоефективність споруди.

При роботі не рекомендується заповнювати сумішшю стики шириною менше 5 мм. Але якщо вироби мають дефекти, заповнення є обов'язковим. Щоб розкроїти блок, використовується спеціальний різальний інструмент. Якщо використовувати підручні способи різання, краї блоку будуть нерівними, а це вимагатиме збільшити товщину розчину кладки.

При дотриманні правил виготовлення та укладання поризованої кераміки можна отримати надійну та довговічну споруду з високими показниками теплоізоляції.

2. Паливні брикети

Паливні брикети – це високоякісне паливо, міцно спресоване на спеціальному пресі, з теплотою згоряння до 5500 ккал/кг, та низьким вмістом золи. На відміну від дров брикети не містять порожнеч з повітрям, за рахунок своєї щільності час їхнього горіння в 2-3 рази вище, ніж час горіння дров.

Паливні брикети підходять для всіх типів камінів, печей та опалювальних котлів, тому є ідеальним паливом для опалення будинку. Брикети зручно фасуються в пачки, тому їх легко розвантажувати, переносити та складати вручну.

У процесі виготовлення паливних брикетів використовуються такі

компоненти:

- Тирса
- Лігнін
- Папір
- Вода

Для виготовлення паливних брикетів рекомендується додавати до складу маси, лігнін та заздалегідь розмочений у окропі папір. Використання старого паперу у виробництві підвищує пальне брикетів, оскільки папір добре горить і виділяє значну кількість тепла. А також папір та лігнін, служать сполучною для розсипчастої маси.