

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Використання відходів у виробництві будівельних матеріалів»

Виконав: студент групи ТЗД-22 м

спеціальності 183 – «Технології захисту

навколишнього середовища»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Сидоренко А.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор кафедри ЕХТЗД

Сакалова Г.В.

(прізвище та ініціали)

Опонент: к.х.н., доцент кафедри ЕХТЗД

Тітов Т.С.

(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕХТЗД

к.т.н., доц. Іщенко В.А.

(прізвище та ініціали)

«13» грудня 2023 р.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії

Кафедра Екології, хімії та технологій захисту довкілля

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

Галузь знань – 18 «Виробництво та технології»

Спеціальність – 183 – «Технології захисту навколишнього середовища»

Освітньо-професійна програма – "Технології захисту навколишнього середовища"



З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Сидоренка Артема Артуровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Використання відходів у виробництві будівельних матеріалів»

керівник роботи Сакалова Галина Володимирівна

затверджені наказом вищого навчального закладу від «18 » вересня 2023 року
№ 247

2. Строк подання студентом роботи « 13 » грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи: Технологічні схеми виготовлення будівельної цегли, що використовують на ВАТ «Ладижинський завод силікатної цегли»



4. Зміст текстової частини:

1. Технології виготовлення керамічної цегли.
2. Характеристика відходів для ефективної утилізації у будівельному виробництві
3. Методи дослідження та результати утилізації твердих відходів у виробництві керамічної лицьової цегли
4. Економічна ефективність заходів по утилізації твердих відходів

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Схема процесу виробництва лицьової цегли
2. Схема складових композиту для виробництва цегли
3. Схема основних процесів операцій виготовлення лицьової цегли із використанням твердих відходів


6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
4 Економічна ефективність заходів по утилізації твердих відходів	Краєвська Алла Станіславівна		

7. Дата видачі завдання «18» вересня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примі
1.	Розробка технічного завдання.	30.09.2023	
2.	Літературний огляд та характеристика будівельних підприємств	15.10.2023	
3.	Дослідження складу і властивостей золи – виносу та відпрацьованих глинистих сорбентів	31.10.2023	
4.	Дослідження складу та фізико-механічних властивостей лицьової цегли	31.10.2023	
5.	Визначення оптимального складу золи виносу і відпрацьованого бентоніту у складі композиту цегли	15.11.2023	
6.	Проведення розрахунків економічної ефективності заходів утилізації твердих відходів	30.11.2023	
7.	Підготовка висновків, додатків і переліку літератури.	13.12.2023	

Студент  Сидоренко А.А.
(підпис)

Керівник роботи  Сакалова Г.В.
(підпис)

ВІДГУК

на магістерську кваліфікаційну роботу студента II курсу,
групи ТЗД 22м, спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього
середовища»

Сидоренка Артема Артуровича

на тему: «**Використання відходів у виробництві будівельних
матеріалів**»

Дипломна робота присвячена вирішенню важливого та актуального питання вдосконалення технології виробництва будівельних матеріалів та пошуків способів утилізації речовин, що використанні для водоочищення і в енергетичній галузі. Актуальність теми даної дипломної полягає в тому, що більшість промислових підприємств мають проблему з утилізацією твердих відходів.

Автором роботи запропоновано ефективний і економічно доцільний метод утилізації золи ТЕЦ та відпрацьованих адсорбентів у складі пігментних концентратів, які характеризуються інтенсивністю та стійкістю кольору в широкому діапазоні рН.

Студент Сидоренко А.А. вчасно виконав основні завдання роботи і належним чином їх оформив. Під час виконання роботи виявив самостійність, відповідальність, належну компетентність і високий рівень знань з екологічних дисциплін.

Робота структурно загальноприйнята, складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури, містить рисунки, таблиці, додатки. Робота має практичне значення, виконана на належному науково-методичному рівні і заслуговує позитивної оцінки.

Науковий керівник:



д.т.н., професор кафедри
екології хімії та технологій
захисту довкілля
Вінницького національного
технічного університету,
Сакалова Г.В.

ВІДГУК ОПОНЕНТА

на магістерську кваліфікаційну роботу студента II курсу,
групи ТЗД 22м, спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього
середовища»

Сидоренка Артема Артуровича

на тему: «**Використання відходів у виробництві будівельних
матеріалів**»

Використання твердих відходів як базової сировини відповідає багатьом вимогам екологічно чистого та енергоощадного виробництва.

В роботі встановлено доцільність вторинного використання глинистого сорбенту, насиченого іонами важких металів у складі пігментних концентратів, що дозволяє знизити його витрати та зменшити проблему їх утилізації та регенерації. Запропоновано використовувати золу ТЕЦ, у складі композиту, що є основним складовим лицьової цегли.

Перспективність та ефективність застосування бентонітових глин для очищення стічних вод від іонів важких металів підтверджується їх перевагами перед іншими сорбентами, а саме: вони виграють у доступності, собівартості, в можливості регенерації та багаторазового використання. Актуальним напрямком наукових досліджень на сьогоднішній день є визначення ефективних способів регенерації та шляхів утилізації сорбентів, що попередньо були використані в якості сорбентів при очищенні стічних вод та комунальних стоків.

Робота має практичне значення, виконана на належному науково-методичному рівні і заслуговує позитивної оцінки.

Кандидат хімічних наук,
доцент кафедри екології, хімії
та технологій захисту довкілля
Вінницького національного
технічного університету

Тітов Т.С.



АНОТАЦІЯ

УДК 66.666.7

Сидоренко А.А. «Використання відходів у виробництві будівельних матеріалів». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 183 – «Технології захисту навколишнього середовища», освітня програма – «Технології захисту навколишнього середовища». Вінниця: ВНТУ, 2023. 72 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 35 назв; рис.: 18; табл.:9

В дипломній роботі розглянуто технологічний процес виробництва цегли на Ладжинському заводі силікатної цегли.

З метою підвищення ресурсозбереження технологій в роботі запропоновано використання шлак і відпрацьованого бентоніту у складі композиту для виробництва лицьової цегли. Досліджено властивості композиту, золи і бентоніту. Запропоновано використання відпрацьованих бентонітів у складі будівельних матеріалів, які додатково характеризуються інтенсивністю та стійкістю кольору в широкому діапазоні рН.

Метою роботи є розробка природоохоронних заходів і рекомендацій для підвищення рівня екологічної безпеки цегельного виробництва на прикладі ВАТ «Ладжинський завод силікатної цегли».

Ключові слова: керамічна цегла, золошлакові відходи, бентоніт, утилізація.

ABSTRACT

UDC 66.666.7

A.A. Sydorenko " Use of waste in the production of building materials." Master's thesis on specialty 183 – "Technologies of environmental protection", educational program – "Technologies of environmental protection". Vinnytsia: VNTU, 2023. 72 p.

In Ukrainian speech. Bibliography.: 35titles; fig.: 18; tab.:9

In the master's qualification work the technological process of brick production in the Ladyzhyn silicate brick factory were analyzed.

In order to increase the resource conservation of technologies, the work proposes the use of slag and spent bentonite as part of a composite for the production of facing bricks. The properties of the composite, ash and bentonite were studied. It is proposed to use spent bentonites as part of building materials, which are additionally characterized by intensity and color stability in a wide pH range.

The purpose of the work is to develop environmental measures and recommendations for improving the environmental safety of brick production by the example of OJSC "Ladyzhin Silicate Brick Plant".

Keywords: ceramic brick, ash-exposure, bentonite, utilization.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ.....	9
1.1 Характеристика ВАТ “Ладизинський завод силікатної цегли”.....	9
1.2 Характеристика сировини і допоміжних матеріалів.....	11
1.3 Асортимент та вимоги діючих стандартів до якості продукції.....	14
1.4 Опис технологічної схеми виготовлення керамічної лицьової цегли	18
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДХОДІВ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ У БУДІВЕЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	24
2.1 Характеристика золи- виносу ТЕС	24
2.2 Характеристика відпрацьованого бентоніту адсорбційного водоочищення	25
2.3 Методи дослідження властивостей лицьової цегли	34
3 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ У ВИРОБНИЦТВІ КЕРАМІЧНОЇ ЛИЦЬОВОЇ ЦЕГЛИ	40
3.1 Одержання лицьової цегли	40
3.2 Обґрунтування використання техногенних відходів для виробництва цегли	42
3.3 Дослідження фізико-механічних властивостей цегли, що виготовлена з використанням твердих відходів	44
4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАХОДІВ ПО УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ	48
4.1 Напрямки зменшення негативного впливу пилу цегельного виробництва на навколишнє середовище	48
4.2 Екологічний податок підприємства	58
4.3 Розрахунок зниження вартості сировини	59
4.4 Розрахунок розміру відведеного екологічного збитку внаслідок утилізації техногенних відходів	61
ВИСНОВКИ.....	62

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	63
Додаток А.....	67
Додаток Б.	68

ВСТУП

Актуальність. В Україні є багаті запаси природної будівельної сировини: легкоплавкі глини, каоліни, кварцити, будівельно-промисловий камінь. Промисловість будівельних матеріалів забезпечує вітчизняне виробництво багатьма видами продукції. Це і стінові, в'язучі, покрівельні, оздоблювальні, облицювальні, ізоляційні матеріали, будівельне скло, збірний залізобетон і бетон, покрівельна кераміка і фаянс, санітарно-технічні вироби та інше.

У виробництві стінових керамічних матеріалів окремою позицією виділяється виробництво цегли.

Цегельне виробництво є досить поширеним у Вінницькій області і становить велику частину її економіки. Цегла усіх різновидностей залишається основним будівельним матеріалом, особливо при спорудженні будівель, споруд або їх комплексів. Однак, при цьому також забруднюється навколишнє природне середовище.

Зниження витрат виробництва, підвищення якості та розширення асортименту продукції, що випускається є пріоритетною проблемою цегельного виробництва. Один із шляхів вирішення проблеми – використання промислових відходів, як сировинного компонента при виробництві цегли. Питання утилізації відходів стоїть на стику проблем ресурсо- та енергозбереження, екологічної безпеки, вдосконалення технологій. Серед актуальних напрямків досліджень важливе місце займає використання золи-виносу ТЕС.

Одним із напрямків утилізації промислових відходів є їх використання як техногенної сировини при отриманні різного виду продукції і насамперед будівельного призначення. Резерв ресурсозбереження у будівництві – це широке використання вторинних матеріальних ресурсів, таких як техногенні продукти хімічної водопідготовки, теплоелектроцентралей та неорганічних відходів станцій знезалізнення (водонасосних станцій). Однак питання використання сорбційних властивостей глин, які здатні також утримувати барвники у структурі композитів вивчено недостатньо, тому використання відпрацьованих глинистих мінералів у складі пігментних паст, фарб і сухих матеріалів дуже актуально.

Отже, для підвищення рівня екологічної безпеки цегельного виробництва необхідно розробити ряд ефективних ресурсозберігаючих заходів.

Метою роботи є розробка природоохоронних заходів і рекомендацій для підвищення рівня екологічної безпеки цегельного виробництва на прикладі ВАТ «Ладжинський завод силікатної цегли». Використання твердих відходів у виробництві будівельних матеріалів зменшує навантаження на навколишнє середовище та підвищує рентабельність виробництва.

Для досягнення поставленої мети потрібно було виконати наступні завдання:

1. Дослідити технологічні схеми цегельного виробництва, визначити перспективні напрямки вдосконалення виробництва.

2. Провести екологічний аналіз технологічних схем виробництва ВАТ «Ладжинський завод силікатної цегли».

3. Провести характеристику твердих відходів та можливість їх використання як сировину для виробництва цегли.

4. Дослідити вплив твердих відходів на якість продукції Ладжинського заводу силікатної цегли.

5. Запропонувати оптимальній силікатного композиту, який забезпечує стійкість забарвлення лицьової цегли в широкому спектрі рН, стійкість до осадження та розшарування у часі, термічну стійкість і міцність.

6. Розробити природоохоронні заходи та здійснити їх економічне обґрунтування для підвищення рівня ресурсо- та енергозбереження цегельного виробництва.

Об'єкти дослідження – відпрацьований бентоніт, насичений іонами хрому, і зола, як складові компоненти цегли.

Предмет дослідження – можливість використання відпрацьованого бентоніту і золи-виносу в складі композиту для виробництва лицьової цегли.

Новизна одержаних результатів. Набуло подальшого розвитку наукове обґрунтування заходів для підвищення рівня ресурсо- та енергозбереження цегельного виробництва, методів, що дозволить зменшити вплив на довкілля.

Практична цінність роботи полягає у розробленні рекомендацій щодо управління відходами для виготовлення будівельних матеріалів.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

Викладені у МКР положення доповідались на науково-технічній конференції «Енергоефективність в галузях економіки України – 2023».

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

1. Сидоренко А.А., Сакалова Г.В. Промислові відходи у виробництві будівельних матеріалів. «Енергоефективність в галузях економіки України – 2023», 2023. Режим доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2023/paper/viewFile/19504/1615>

1 ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ

1.1 Характеристика ВАТ “Ладижинський завод силікатної цегли”

ВАТ "Ладижинський завод силікатної цегли" входить в склад об'єднання "Вінбудматеріали" і розміщений в м. Ладижин Вінницької області. Це підприємство єдине у Вінницькій області, що випускає силікатну цеглу і одне з чотирьох на Україні, що працює на інофірмовому обладнанні поставки Польської Республіки і розрахований випускати одинарну силікатну цеглу і силікатні камені (блоки) високої якості.

Підприємство побудоване з урахуванням сучасних технологій на базі прогресивного обладнання з високим рівнем автоматизації та механізації виробничих процесів.

Ще з перших днів свого існування завод значно потіснив на ринку споживання червону глиняну цеглу, яка при майже однаковій ціні мала значно нижчу міцність і непривабливий зовнішній вигляд.

На даний час види продукції різноманітні: цегла силікатна повнотіла біла, кольорова, блоки силікатні пустотілі, цегла оздоблювальна з фігурною стороною, цегла потовщена, блоки пустотілі з фігурною стороною, карнізна цегла, сколота цегла, перканні блоки. На підприємстві постійно ведеться робота по розширенню асортименту продукції. В зв'язку з введенням в дію після реконструкції вапнякової печі в 2012 році підприємство виробляє вапно, яке являється сировиною для виготовлення продукції. В перспективі планується освоїти випуск тротуарної плитки сухого пресування різних кольорів. На сьогодні основний асортимент представлений цеглою силікатною білою і кольоровою різних типів, розмірів та конфігурацій в євроупаковках.

Основними споживачами продукції є підприємства і організації різних форм власності, а також населення. Серед регіонів України основними споживачами продукції є Вінницька область 76% від загального обсягу реалізації. Решта продукції відвантажується у Одеську, Миколаївську, Кіровоградську, Хмельницьку, Черкаську, Закарпатську, Житомирську,

Донецьку, Львівську, Київську, Чернівецьку та інші області. Продукція заводу постачається також у країни ближнього зарубіжжя.

Нестабільна законодавча база, високий податковий тиск, нестабільне соціальне становище, глибока економічна криза в країні в цілому вкрай негативно вплинула на розвиток вітчизняних промислових товаровиробників, в тому числі і ВАТ "Ладжинський завод силікатної цегли", що займає одне з вагомих місць промислових товаровиробників Вінницької області. Вищенаведені фактори створюють менш привабливе середовище для крупних вітчизняних та іноземних інвестицій, які вкрай необхідні для відновлення нормального функціонування промислових підприємств, для створення нових виробничих підрозділів, більш модернізованіших та сучасніших для виробництва конкурентоспроможної продукції не тільки на вітчизняному а й на міжнародному ринку [1-6].

Основну конкуренцію в галузі промисловості будівельних матеріалів для підприємства складають цегельний завод "Трипілля", Житомирський завод силікатних виробів, які знаходяться в кращому географічному розташуванні. Але якістю і різноманітністю продукція ВАТ "Ладжинський завод силікатної цегли" не поступається конкурентам, в першу чергу за рахунок широкого асортименту продукції та різноманітної географії поставок.

Так за останні роки на заводі проведено:

- реконструкцію силікатного цеху зі встановленням додаткової шостої технологічної лінії, автоклава та будівництво приміщення компресорної станції;
- реконструкцію цеху по випалюванню вапна з метою газифікації печі та заводської котельні;
- відпрацьовано родовище піску Ладжинське-2 і введено в дію нове родовище "Лукашівське", побудовано технологічний шлях довжиною 8 км до нового родовища піску;
- побудовано приміщення з боксами для транспортного цеху і депо.

У 2016 році запрацювала лінія по "європаковці" силікатних виробів і планується ввести в дію цех по виготовленню тротуарної плитки. За 25 років роботи заводом випущено понад 2 млрд. штук умовної цегли.

Водопостачання для ВАТ "ЛЗСЦ" здійснюється з річки Південний буг. Проектна потужність заводу збільшилась до 120 млн штук умовної цегли в рік. На сьогодні виробнича програма становить *100 млн штук* цегли в рік [7]. Керамічна цегла, в тому числі лицьова становить 40% виробничої програми.

До складу підприємства входять: цех силікатної цегли, цех керамічних виробів, вапняковий цех, цех готової продукції, гірничо-транспортний цех, ремонтно-механічний цех, лабораторія і допоміжні служби. Чисельність персоналу заводу становить 378 осіб.

1.2 Характеристика сировини і допоміжних матеріалів

Глиниста сировина, добавки та інші матеріали, що застосовуються для виготовлення керамічних будівельних виробів, повинні відповідати вимогам технологічної документації.

Для виготовлення лицьової цегли використовують в основному *керамічні (гончарні) глини* – тонкодисперсні землісті вторинні породи (перевідкладені глини), що складаються, в основному, з глинистих мінералів (каолініту, гідролюд з більш менш значною домішкою кварцу, польового шпату, оксидів заліза). ін)[8].

Основним сировинним компонентом керамічних будівельних матеріалів є глина – осадова гірська порода, що складається з природних водних алюмосилікатів з різними домішками. Крім глини, як щодо пластичної речовини використовують і додаткові речовини – непластичні компоненти сировинної суміші (спіснювачі, пороутворювачі, плавні, пластифікатори та ін.). Глина є головною структуроутворюючою речовиною.

Глинисті мінерали надають глині характерних властивостей: при зволоженні глина набухає і робиться пластичною; при сушінні мокрої глини

об'єм її зменшується (відбувається усадка) і глина перетворюється на каменеподібне тіло. Перехід глини з пластичного стану в кам'яноподібний оборотний: при повторному зволоженні глина знову розмокає.

Чим більше в глині міститься частинок глинистих мінералів, тим більше води вона здатна утримувати, більше набухає, але повільніше сохне і дає велику усадку. Такі глини називаються жирними. Глини, що містять багато піщаних частинок, характеризуються невеликою усадкою та набуханням, легко сушитися, але їх пластичність знижується. Ці глини називаються «худими»[9].

Найбільш цінні для виробництва керамічних матеріалів тонкі глинисті фракції з зернами розміром меншим 5 мкм ($<0,005$ мм). Окрім тонких частинок в глинах містяться пилоподібні фракції з зернами розміром від 5 до 50 мкм (від 0,005 до 0,05 мм) та піщані – від 50 мкм до 1 мм і більше. Мінералогічний склад глин доволі складний. Окрім глинистих мінералів (каолініту, монтморилоніту, галуазиту, іліту, сапоніту тощо) до складу глин можуть входити мінерали-домішки.

Глиноутворюючі мінерали зазвичай представляють собою водні силікати глинозема, що містять оксиди кремнію та заліза, а також сульфати, карбонати та розчинні у воді солі різних металів. Розмір частинок глинистої речовини менше 5 мкм. В легкоплавких глинах мінерали-домішки найбільш часто представлені кварцом, вапняком та доломітом. Кварц знаходить в глинах у вигляді округлих зерен або частинок неправильної форми. Кварц спіснює глину, а його підвищений вміст зменшує міцність виробів. Вапняк та доломіт, що містяться в глинах у вигляді крупних включень, – це шкідливі домішки та після випалу виробів викликають руйнування. Якщо ці мінерали-домішки містяться в глині в тонкодисперсному стані та рівномірно розподілені, вони не викликають руйнування виробів і лише зменшують пластичність та вогнетривкість глини. Досліджуване підприємство для виробництва цегли лицьової використовує місцевий глинозем і каолін Глухівецького каолінокомбінату. Колін відноситься до менш пластичних глинистих мінералів, його вміст у складі композиту до 40% [10]. Каоліни складаються майже виключно з мінералу каолініту та містять значну кількість

частинок менше 0,01 мм; після випалу зберігають білий або майже білий колір. У природі вони зустрічаються досить рідко і застосовуються виготовлення фарфорових і фаянсових виробів. Різкого розмежування між каолінами та глинами провести не можна. Деякі глини (наприклад, вогнетривкі) близькі до каолінів за складом та властивостями. Все ж таки глини більш різноманітні за мінеральним складом, вони більше забруднені мінеральними та органічними домішками [12,13].

Додаткові речовини входять у глину з метою підвищення або зниження її пластичності, що важливо для формування виробів; для збільшення пористості легких керамічних виробів (пороутворюючі добавки); для зниження температури випалу виробів (легкоплавкі добавки або плавні)[9].

Для покращення природніх властивостей глини – зменшення загальної усадки, чутливості до сушки та випалу, покращення формувальних властивостей – широко використовують *домішки*. Домішки, що використовуються при виробництві цегли, за призначенням поділяють на:

- 1) спіснюючі – пісок, шамот, дегідратована глина, відходи керамзитового виробництва та інші мінеральні невігоряючі домішки;
- 2) спіснюючі та вигоряючі повністю або частково – тирса, торф, лузга, багатозольне вугілля, шлаки, золи ТЕЦ, відходи вуглезбагачувальних фабрик;
- 3) вигоряючі домішки у вигляді висококалорійного палива – антрацит, кокс, які вводяться в масу для покращення випалу виробів;
- 4) збагачувальні та пластифікаційні домішки – високопластичні жирні та бентонітові глини, сульфідно – спиртова барда;
- 5) зміцнююче – флюсуючі домішки – піритні недогарки, відходи скла;
- 6) пігменти оксиди важких металів, суміші оксидів,
- 7) зола (дрібнодисперсне вугілля) є комплексною добавкою, використовується в якості паливно-мінеральної добавки та спіснювача. Максимальний вміст у складі композиту – до 10% [13].

Шамот – це зернистий керамічний матеріал (із зернами 0,14 – 2 мм), що отримується подрібненням глини, попередньо обпаленої при тій же температурі,

при якій випалюються вироби. Його можна отримати, подрібнюючи відходи обпаленої цегли. Шамот покращує сушильні та випалювальні властивості глин, тому його застосовують для отримання високоякісних виробів – лицьової цегли, вогнетривів тощо.

Дегідратована глина при температурі 700 – 750 ° С, що додається в кількості 30 – 50%, покращує сушильні властивості сирцю та зовнішній вигляд цегли.

Пісок (із зернами 0,5 – 2 мм) додають у кількості 10 – 25%, при більшій добавці піску знижується міцність та морозостійкість керамічних виробів.

Гранульований шлак (із зернами до 2 мм) є ефективним отошувачем глин під час виробництва цегли.

Роль спіснювачів виконують також золи ТЕС і добавки, що вигорають.

1.3 Асортимент та вимоги діючих стандартів до якості продукції

Цегла лицьова – ефективний конструкційно -оздоблювальний матеріал, що застосовується для облицювання фасадів будівель. Лицьова цегла від звичайної керамічної цегли і каменів відрізняється високою якістю обробки двох суміжних сторін – ложка і тичка. Виготовляють лицьову цеглу методами пластичного формування та напівсухого пресування. Як сировину використовують легкоплавкі за технологією глини. Підбираючи керамічні маси і регулюючи терміни і температуру випалу, отримують цеглу від білого, трохи кремового тону до червоних і коричневих кольорів. Лицьову кераміку, як і не лицьову розрізняють двох видів: суцільні та порожнисті. За видом фактури (оздоблення) лицьової поверхні керамічні цеглини та каміння бувають: торкретовані, ангобовані, двошарові, глазуровані та ін. Цегла лицьова характеризується точністю форми та розмірів, а також однорідністю кольору та відтінку в даній партії [8].

Відповідно до діє стандарт ДСТУ Б В.2.7-61:2008 «Цегла та камені керамічні рядові і лицьові» вироби класифікуються за такими ознаками:

- призначенням;

- розмірами;
- наявністю порожнин;
- міцністю;
- морозостійкістю;
- середньою густиною;
- теплотехнічними властивостями;
- радіоактивністю[14].

За призначенням виробу підрозділяють на 2 види: рядові (Р) і лицьові (Л). Цегла має розміри 250×120×65 мм (нормального формату), 250×90(85)×65 мм ("євро" 1 (2)), 288×138×65 мм (модульних розмірів одинарна), 250×120×88 мм (потовщена) та 288×138×88 мм (модульних розмірів потовщена). За нормативами цегла може мати відхилення від розмірів за довжиною ± 5 мм, за шириною ± 4 мм, за товщиною ± 3 мм.

Маса цегли у висушеному стані має бути не більше 4,3 кг, каменів – не більше 16 кг. Залежно від границі міцності цегли при стиску й згину, а каменю – тільки при стиску їх поділяють на марки 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300. Густина цегли залежно від типорозміру і наявності пустот коливається в мажах 1400÷1600 кг/м³ ; теплопровідність 0,7÷0,82 Вт/(м·°С); водопоглинення для повнотілих виробів має бути не менше 8 % за масою, для пустотних – не менше 6 % за масою; марка за морозостійкістю від F 15 до F 50 (кількість циклів перемінного заморожування і відтавання).

Керамічну цеглу виготовляють двох типів: повнотілою (без порожнин або з технологічними порожнинами об'ємом до 13 % для запобігання структурному свілеутворенню) або порожнистою. Схематичне зображення одиниці продукції цегли представлено на рис.1.1.

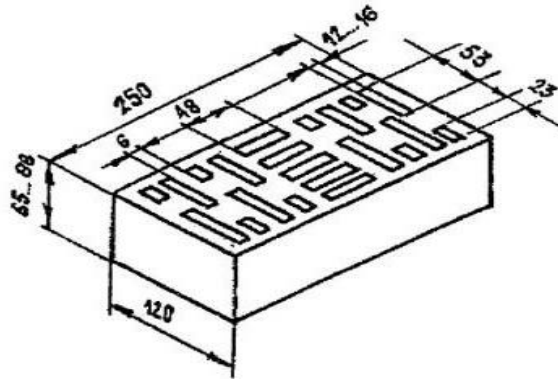


Рисунок 1.1 – Цегла керамічна порожниста

Залежно від границі міцності при стиску цеглу та камінь виготовляють: марок 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300; крупноформатні камені марок 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300; цеглу та камені з горизонтально розташованими пустотами марок 35, 50, 75, 100.

За морозостійкістю вироби виготовляють марок F15; F25; F35; F50; F75; F100.

За показником середньої густини вироби ділять на п'ять класів: 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 2,0. За теплотехнічними властивостями вироби в залежності від класу середньої густини ділять на п'ять груп.

Відповідно до ДСТУ БВ.2.7-61:2008[15] повнотіла керамічна цегла нормального формату, яка виготовляється способом пластичного формування із застосуванням золи-виносу, повинна відповідати наступним технічним вимогам:

Вироби повинні відповідати вимогам цього стандарту та вироблятися за технологічним регламентом, затвердженим у встановленому порядку на підприємстві, з визначеними вимогами до процесу виробництва на кожний вид виробів.

Вироби повинні мати форму прямокутного паралелепіпеда. Поверхня граней виробів має бути плоскою, ребра – прямолінійними. Допускається випускати вироби з закругленими вертикальними ребрами з радіусом закруглення не більше 15 мм.

Водопоглинання рядових виробів, що висушені до постійної маси, повинно бути для повнотілої цегли не менше 8 % за масою, порожнистих виробів

– не менше 6 % за масою.[14].

Наявні нормативні умови морозостійкості і вологостійкості до лицьової керамчної цегли: в насиченому водою стані витримувати без ознак видимих пошкоджень (розшарування, лущення, розтріскування, викришування) не менше 15, 25, 35, 50, 75 та 100 циклів поперемінного заморожування і відтавання для марок за морозостійкістю відповідно F15, F25, F35, F50, F75, F100. Маса цегли у висушеному стані має бути не більше 4,3 кг.

Важливою характеристикою для визначення технологічних параметрів є усадка виробів. Усадка характеризується зменшенням лінійних розмірів і об'єму глиняного сирцю при його сушінні (повітряна усадка) і випалі (вогнева усадка). Усадку виражають у відсотках від первісного розміру виробу:

$$\begin{aligned} Y_{\text{пов}} &= \frac{V_2 - V_1}{V_1}; \\ Y_{\text{вог}} &= \frac{V_3 - V_2}{V_2}; \\ Y_{\text{заг}} &= Y_{\text{пов}} + Y_{\text{вог}}, \end{aligned} \tag{1.1}$$

де $Y_{\text{пов}}$ – повітряна усадка;

$Y_{\text{вог}}$ – вогнева усадка; $Y_{\text{заг}}$ – загальна усадка;

V_1, V_2 і V_3 – об'єм матеріалу відповідно первісний, після сушіння і після випалу.

Маркування лицьової цегли здійснюють за відповідними нормативними позначеннями. Приклади умовних позначень керамічної цегли та каменів:

Цегла керамічна рядова повнотіла марки за міцністю 100, густиною 1650 кг/м³, марки за морозостійкістю F 15:

Цегла КРПв – 1/100/1650/15 ДСТУ Б В.2.7-61:2008;

Цегла керамічна рядова пустотна марки за міцністю 150, густиною 1480 кг/м³, марки за морозостійкістю F 15:

Цегла КРПр – 1/150/1480/15 ДСТУ Б В.2.7-61:2008.[17]

1.4 Опис технологічної схеми виготовлення керамічної цегли

Виробництво керамічних виробів включає чотири етапи:

кар'єрні роботи;

механічну обробку глиняної маси;

формування виробів;

сушіння виробів та випал.

Кар'єрні роботи включають видобуток, транспортування та зберігання проміжного запасу глини.

Вилежування замоченої глини та її виморожування протягом річного терміну на відкритому повітрі руйнує природну структуру глини, вона диспергується на елементарні частинки, що підвищує пластичність та формувальні властивості керамічної маси.

Механічна обробка глини здійснюється за допомогою глинообробних машин і має на меті: виділення або подрібнення кам'янистих включень, гомогенізацію керамічної маси та отримання необхідних формувальних якостей. Виділення кам'янистих включень з глини здійснюють, пропускаючи глину через гвинтові каменевидільні вальці або застосовуючи інші спеціалізовані машини. Практично повного виділення каміння з глини можна досягти гідравлічним збагаченням: глину розпускають у глиноболтушках, а потім шлікер пропускають через сито, на якому відділяються камені розміром більше 0,5 мм; зневоднення шлікера здійснюють у потужних розпилювальних сушарках.

Подрібнення глини роблять після виділення кам'янистих включень. Якщо в глині їх немає, то після доставки на завод її одразу піддають грубому дробленню, а вже потім тонкому подрібненню.

Глиняна маса з вальців тонкого помелу через стрічковий транспортер подається в змішувач. Змішувач є одним з агрегатів, що підготовлює масу для виробництва цегли. Маса подається через завантажувальний люк в корпус змішувача, де вона переміщується валами, що обертаються в протилежні сторони, і прогріваються до потрібного стану. Маса переміщується лопатами, встановленими на валах. Від кута повороту лопатей залежить якість

перемішування маси. Кут повороту лопатей забезпечується в межах $11 - 25^\circ$ від площини, перпендикулярної осі валу. Короб служить для збору конденсату, змішаного з масою, і відведення його через нижній люк назовні. Зазор між лопатками і внутрішньою поверхнею корита – 10 мм[7].

По стрічковому транспортеру шихта надходить в шихтозапасник баштового типу, де маса додатково усереднюється і гомогенізується. З метою інтенсифікації процесу гомогенізації і пластифікації маси і скорочення виробничих площ замість шихтозапасника ямного типу застосовують механізований шихтозапасник баштового типу. Шихтозапасник – циліндричний ступінчастий бункер з нерухомим перфорованим дном, через яке глина продавлюється крильчаткою, обладнаною ножем. Під перфорованим дном розташоване гладке дно з розвантажувальним вікном, через яке глиняна маса видавлюється з конвеєра до пресу. Шихтозапасник обладнаний приводом розвантажувального пристрою, приводом ножів і приводом крильчатки шестерні.

Із шихтозапасника по стрічковому транспортеру маса надходить в глиномішалку з протираальною решіткою, яка складається з двох валів з плоскими і гвинтовими лопатями і протираальною головкою з фільтруючими решітками, приводу і електроустаткування. Маса, яка надходить в корпус змішувача, проминається і перемішується плоскими лопатями, потім захоплюється гвинтовими лопатями і продавлюється через отвір решіток в прийомну лійку стрічкового конвеєра. У міру засмічення отворів в решітках, їх зміщують убік за допомогою гідроциліндра і на це місце встановлюють інші. Одна половина решіток знаходиться в робочому положенні, а друга – на очищенні від забруднень або в резерві. Однорідність маси, що пройшла через глинозмішувач, значно підвищується [19].

Після тонкого подрібнення глину треба пром'яти, щоб отримати глиняну масу з потрібною формувальною вологістю. На цегельних заводах глину проминають у відкритих лопатевих глином'ялках з водяним зрошенням та паровим зволоженням глиняної маси. Парове зволоження збільшує

продуктивність стрічкових пресів і знижує споживану ними потужність на 15 – 20% порівняно з водяним зрошенням глини.

При переробці глин в сирому вигляді схема підготовки сировини дещо простіша та економічніша, оскільки потрібно менше переробного устаткування, отже, менше енергоємність. Все обладнання більш надійне і простіше в обслуговуванні. Температура випалу виробів приблизно на 500С нижче, ніж у виробів напівсухого пресування, що дозволяє також знизити енерговитрати на випал і в якійсь мірі компенсувати високі витрати на сушку.

Спосіб пластичного формування. Вироби формують із пластичних глиняних мас на стрічкових шнекових пресах, які можуть бути вакуумні та безвакуумні. Не зважаючи на більшу енергоємність та металоємність виробництва цегли методом пластичного формування, цей спосіб дозволяє отримати виріб високої якості. Керамічна цегла виготовляється з чистих однорідних глин та суглинків, які мають підвищену в'язкість і низькі температури спікання з інтервалом не менше 100 – 200 градусів.

Розрізняють два основних методи виробництва керамічної цегли – методи пластичного і напівсухого формування, кожен з яких має свої переваги та недоліки. До основних переваг цегли напівсухого пресування належать низька ціна, рівні поверхні, висока швидкість виробництва. Проте цегла, що вироблена методом пластичного формування, володіє кращими технічними характеристиками: низьким водопоглинанням, високою морозостійкістю і довговічністю. Окрім того, цей метод дозволяє виготовляти цеглу з високою пустотністю, що в разі перевищує пустотність цегли напівсухого пресування.

При наявності рихлих глин і глин середньої щільності з вологістю не більше 23-25% застосовують пластичний спосіб переробки глин; для занадто щільних глин з низькою вологістю (менше 14-16%), які погано піддаються зволоженню і обробці – напівсухий спосіб переробки [6].

Відформований брус надходить на різальний автомат-укладач. Автомат-укладач призначений для відбору керамічного бруса від преса, різання його на окремі цеглини і укладання їх на сушильні рамки. Керамічний брус викидається

з преса, розрізається автоматом на окремі вироби, які з'їжджають по похилому столику, де відбувається укладка виробів на сушильні рамки. Коли укомплектуються 12 рамок, вони перевантажуються на полиці сушильної вагонетки.

Технологічна схема виробництва керамічної цегли, що використовують на підприємстві “Ладжинський завод силікатної цегли” пластичним способом формування наведена в ДОДАТКУ Г. На рисунку 1.3 наведена технологічна схема виробництва керамічної цегли з використанням золи-виносу. Адаптована схема виробництва виробничої цегли має ряд особливостей.

Пластичне формування передбачує додатковий виробничий етап: сушку сирця перед випалом через те, що формувальна вологість глини (18 – 24 %). Сирець має тонкошарову структуру і володіє низькою газопроникністю. При швидкому нагріванні тиск водяної пари напівфабрикату зростає, що може спричинити утворення тріщин і, як наслідок, появу виробничого браку. Тому процес сушіння потребує багато часу для поступового підвищення температури.

Щоб отримати вироби необхідної якості необхідно з глини видалити кам'яністі включення, зруйнувати її природну структуру, отримати пластичну масу, однорідну по складу речовин, вологості і структурі, а також надати масі належні формувальні властивості. Глиняний брус формують в горизонтальних стрічкових шнекових пресах часто з вакуумуванням маси. Вакуумування маси сприяє підвищенню її щільності, пластичності, покращує формувальні властивості.

Випал цегли здійснюється в тунельній печі безперервної дії. Тунельна піч представляє собою суцільний прямолінійний канал, в середині якого по рейковому шляху переміщаються вагонетки з цеглою. Температурний режим печі:

1. Зона підігріву – 100 – 750°C;
2. Зона випалу – 750 – 1000°C;
3. Зона охолодження – 1000 – 50°C.

У процесі випалу при різних температурах у керамічному матеріалі

відбувається ряд складних фізико-хімічних процесів, що визначає швидкість випалу і його якість. В інтервалі температур 40 – 150 °С відбувається досушування цегли. При цьому утвориться значна кількість водяної пари, що при швидкому підйомі температури виділяється настільки бурхливо, що може розірвати виріб. Підйом температури в зоні підготовки до 200 °С відбувається з інтенсивністю 50 °С/год. після видалення залишкової вологи – з інтенсивністю 130 – 150 °С/год. Починаючи з 450 – 500 °С відбувається дегідратація глинистої речовини й після цього – вигорання органічних домішок. Хімічні реакції, які відбуваються при температурі 200 – 750 °С (розкладання карбонатів, модифікаційні перетворення кварцу, дегідратація глини), у своїй більшості не обумовлюють остаточну структуру керамічних виробів і тому випал є практично безпечним і його можна робити зі швидкістю 100 – 200 °С/год. При досягненні 800 °С, швидкість нагрівання знижується до 50 – 60 °С/год. При цих температурах глина перебуває в аморфному стані. При більш високих температурах 900 – 1000 °С виявляють ознаки кристалізації, утвориться розплавлена рідка фаза[20].

Випалювальний канал тунельної печі умовно розділений по довжині на три основні технологічні зони: підігріву, випалу, охолодження. В зоні підігріву відбуваються досушування і підігрів виробів продуктами горіння, які відходять із зони випалу, потім вагонетки з виробами проходять через зону випалу, піддаючись впливу високих температур, після чого надходять в зону охолодження. Повітря для охолодження виробів і вагонеток надходить в піч у місця виходу вагонеток вентилятором. Після нагрівання за рахунок теплоти продукції, яка охолоджується, гаряче повітря надходить в зону випалу для горіння палива. Продукти горіння палива із зони випалу надходять в зону підігріву, де віддають свою теплоту на випаровування залишкової вологи в цеглі-сирці і нагрівання його до температури випалу. Із зони підігріву, відпрацьовані димові гази відбираються димососом 1 і викидаються в атмосферу або надсилаються в сушарку.

В даний час на багатьох керамічних і цегляних заводах широко

застосовується зволоження глини парою. Цей спосіб полягає в тому, що в масу подається гострий пар, який при зіткненні з холодною глиною конденсується на її поверхні. В результаті парозволоження оброблювана маса нагрівається до 45-60°C. Парозволоження має суттєві переваги, так як поліпшується здатність маси до формування, що зумовлює зменшення браку при формуванні та підвищення продуктивності стрічкових пресів на 10-12%, зниження витрат електроенергії на 15-20%. В результаті парозволоження поліпшуються сушильні властивості маси, що дозволяє скоротити тривалість сушіння сирцю на 40-50%. Іноді виробляють додаткову обробку керамічної маси, яка здійснюється в вальцях тонкого помелу[18].

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДХОДІВ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ У БУДІВЕЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

2.1 Характеристика золи-виносу ТЕС

Головна особливість золи – наявність в її складі великої кількості хімічно активних мікроелементів. Встановлено, що мікроелементи в золі впливають на баланс внутрішніх сил в процесі формування структури матеріалу на всіх етапах виробничого процесу.

Хімічний склад золи-виносу ТЕС подано в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад золи-виносу ТЕС

Оксиди	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	В.п.п	Σ
Вміст, %	47,0	24,0	13,0	2,9	2,9	5,5	2,8	1,9	100,0

Як видно, майже половина оксидного складу золи – це оксид кремнію, також в золі міститься досить велика кількість легко відновлювального оксиду алюмінію, що дозволяє використовувати золу як спіснювач і збагачувальну добавку[22]. Добавка в шихту золи-виносу ТЕС також значно покращує сушильні властивості керамічних мас.

Мінералогічний склад, як вже визначено, представлений переважно основними компонентами кварцом SiO₂, в значній мірі присутній муліт 3Al₂O₃ • 2SiO₂, кальцієвий алюмінат CaO • Al₂O₃, також Fe₂O₃, фаза змінного складу Na_{2x}Ca_(3-x)Al₂O₆ та вуглець С.

Для зниження γ-випромінювання будівельних матеріалів, виготовлених із додаванням паливних золошлаків, необхідний обов'язково попередній радіаційний контроль використовуваних відходів та суворе їх дозування [21]. Адже паливні золи та шлаки є компонентами з технологічно зміненим радіаційним фоном: всі фракції шлаків мають у своєму складі α, β, та γ-випромінювачі. Однак золошлаки Ладжинської ТЕС відносяться до I класу радіаційної небезпеки, їх показник питомої активності не перевищує норму (370

Бк • кг⁻¹) і ці матеріали можуть використовуватись в будівництві без обмежень.

Ефективність золошлакових добавок значно залежить від їх дисперсності і зернового складу. Введення дрібнозернистих фракцій золи збільшує вихід сирцю з тріщинами. В цьому випадку для зниження браку при сушці додатково вводять спіснювач 0,2 – 0,3 мм. Необхідне співвідношення дрібнозернистої золи до грубозернистого спіснювача зменшується зі збільшенням коефіцієнта чутливості глин при сушінні від 3:1 до 1:1. Дрібнозерниста зола, погіршуючи сушильні властивості сирцю, разом з тим підвищує міцність готових виробів, спікаючись з глинистою породою при випаленні. Як спіснююча добавка золошлакова суміш найбільш ефективна при максимальному розмірі зерен 1,5 мм і зміст фракції менше 0,3 мм не більше 30% [23].

У золошлаку ТЕС виділені такі фракції, мм: III – 10-20; II – 5-10; I – 1-5. Оскільки гранулометричний склад зол змінюється у широких межах, а максимальний розмір зольних частинок обмежений 0,2 мм, то всі зольні частинки перейшли у найдрібнішу фракцію (I), дві інші фракції вміщують шлакові частинки.

Додавання подрібнених відходів усіх типів вугілля в шихту на основі глин не тільки зменшує витрати палива на випал цегли, але й покращує їх сушильні властивості.

2.2 Характеристика відпрацьованого бентоніту адсорбційного водоочищення

Природний бентоніт – порода, що складається в основному зі смектитових мінералів: монтморилоніт, бейделіт, нонтроніт і ін. менш розповсюджені. Кристалічна решітка всіх смектитів складається із шарів, в елементарну комірку входять 3 шари, які утворюють пакети: крайні верхні і нижній шари пакета складаються з тетраедрів Al, SiO₄ і називаються тетраедричними [24]. Між тетраедричними шарами розташований октаедричний шар, що складається з октаедрів Al і Fe, і називається. Тобто, для бентоніту характерна структура типу два до одного, що показано на рис. 2.1.

Усереднений хімічний склад бетонітів і палигорськітів Дашуківського кар'єру, залежно від глибини добування показано в таблиці, показано, що вміст оксидів кремнію та алюмінію значно різниться в залежності від глибини залягання пластів. Найбільше монтморилоніту міститься у другому горизонті продуктивної товщі глин.

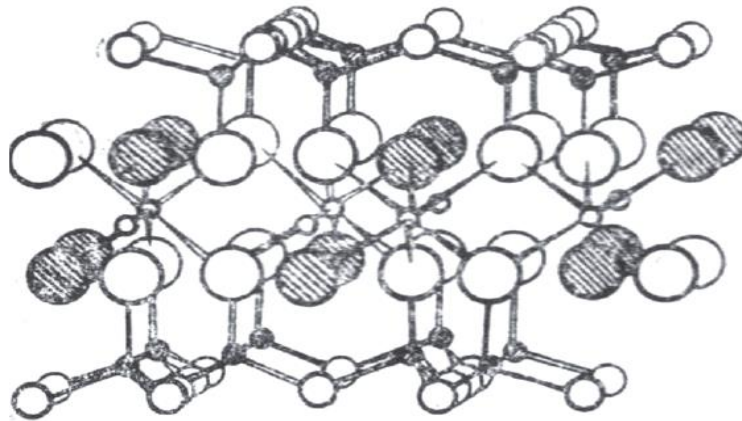


Рисунок 2.1– Структура бентоніту

Бентонітові глини в природному чи активованому вигляді, тобто після хімічної обробки кислотами, мають високі адсорбційні властивості і широко використовуються як природний адсорбент, так, за крупності фракції 0,5-1 мм, ємність поглинання катіонів важких металів природного монтморилонітового бентоніту становить 1821 мг /екв. на сто грам.

Палигорськіт – глинистий мінерал, водний силікат магнію ланцюгово-шаруватої будови. В структурі палигорськіту кремній-оксигенові тетраедри утворюють нескінченні стрічки, в яких два протилежно повернених один до одного вершинами тетраедрів кремній – оксигенових елементи з'єднуються в стрічки іонами Mg^{2+} . Структура палигорськіту характеризується «цеолітними» мікропорами розміром 0,37нм з великою спорідненістю до молекул води.

В реальному мінералі тетраедричний кремній частково заміщений на алюміній, а октаедричний магній – на залізо та алюміній (рис.2.2).

Таблиця 2.2 – Оксидний склад монтморилоніту Дашуківського родовища

Компоненти	1 горизонт	2 горизонт	3 горизонт	4 горизонт	5 горизонт
SiO ₂	48,6	59,92	55,2	58,89	56,05
Al ₂ O ₃	13,73	14,78	11,74	11,05	13,30
TiO ₂	0,72	0,75	0,34	0,55	0,62
Fe ₂ O ₃	5,98	6,95	6,95	6,24	7,46
FeO	0,49	0,07	0,2	0,2	0,42
MnO	0,05	0,08	0,34	0,18	0,04
MgO	2,71	2,26	5,08	1,31	3,49
CaO	8,84	1,73	1,25	4,47	1,18
Na ₂ O	1,53	0,35	0,26	0,44	0,09
K ₂ O	1,16	0,23	1,12	1,14	3,21
SO ₃	0,23	0,15	0,1	0,15	0,24
P ₂ O ₅	0,07	0,05	0,055	0,06	0,06

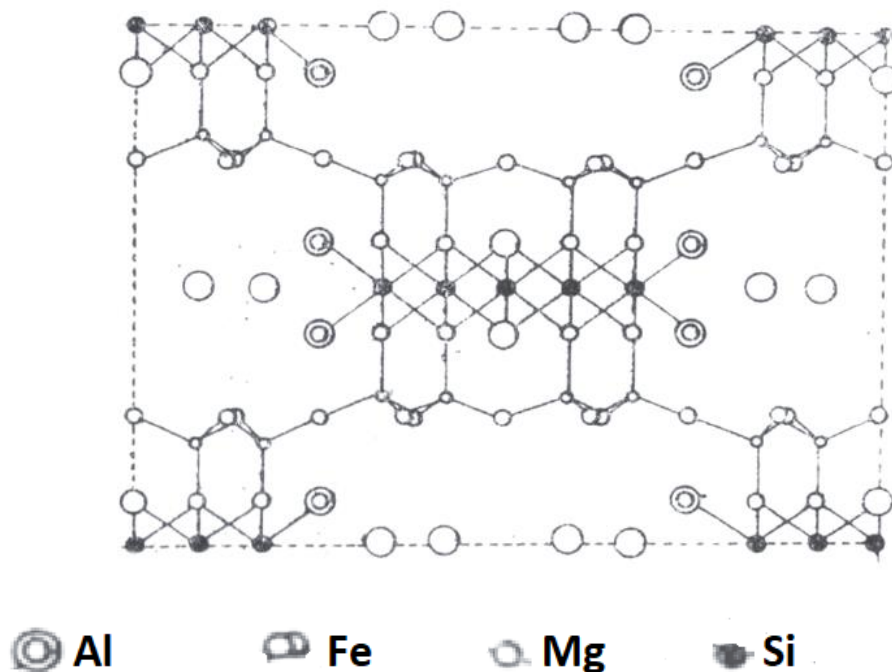


Рисунок 2.2 – Структура палигорськїту

Оксидний склад палигорськіту подібний до бентоніту, оскільки ці два мінерали знаходяться на одному горизонті. У родовищах Черкаського регіону усереднений вміст цих двох алюмосилікатів має співвідношення 40:60%.

Таблиця 2.3 – Оксидний склад палигорськіту

Оксид	Вміст,%	Оксид	Вміст,%
SiO ₂	55,2	TiO ₂	0,34
Al ₂ O ₃	11,74	MnO	0,073
Fe ₂ O ₃	6,95	P ₂ O ₅	0,055
FeO	0,2	Na ₂ O	0,26
K ₂ O	1,12	SO ₃	0,1
CaO	1,25	MgO	5,08
Сульфіди	0,035	CO ₂	0,37

Бентоніти, природні і активовані, широко використовують для очищення стічних вод комунальній і промислових виробництв, зорема, від іонів важких металів. Максимальне насичення іонами важких металів в бентоніті досягає 10-15% від маси глинистого сорбенту, а природа полютанту визначає колір відпрацьованого продукту[25].

З метою визначення вмісту іонів хрому (III) у відпрацьованому бентоніті, проводили дослідження ефективності очищення модельних розчинів що містять іони хрому 1 г/дм³(варіант1), та 1 г/дм³ іонів хрому і 3 г/дм³ хлорид-іонів методом ідеального витіснення. Обраний метод проведення очищення з нерухомим шаром сорбенту дає найбільше насичення глинистого адсорбенту іонами важкого металу, а також можливість простого регулювання ступеня насичення, шляхом дозування точних об'ємів забруднених вод через встановлену кількість сорбенту.

Спостерігали вплив тривалості процесу на ефективність сорбції іонів хрому: протягом перших 60 хв. інтенсивно проходить іонний обмін, далі процес сповільнюється. Це можна пояснити тим, що кількість активних іонів лужних металів у ґратці, здатних до обміну, по мірі проходження процесу зменшується.

Поступово рівноважні концентрації обмінних іонів середовища вирівнюються. В період перших 3 годин поглинання сорбенту для варіанту 2 була приблизно на тому ж рівні, що і у випадку очищення розчину, який містить лише іони хрому (варіант 1). Надалі спостерігаємо дещо вищу ефективність сорбції розчину 1, що, але при цьому було помічено, що час до проскоку для варіанту 1 значно коротший, отже використання такої ж кількості бентоніту дає можливість очищувати більші об'єми стічних вод, якщо вони містять іони хрому і сульфат-іони.

Можемо стверджувати, що природній бентоніт швидше насичується іонами важких металів за варіантом 1. Так, при витратах природного бентоніту 20г повне насичення бентоніту ми досягаємо при об'ємних витратах води за варіантом 1 більш, ніж 1000 мл, у випадку варіанту 2 об'єм очищення стічних вод буде у 1,5 рази більший за аналогічних витрат сорбенту.

Дослідження ефективності очищення модельних розчинів вказують, що в цілому спостерігаємо однаковий характер залежності, щодо поглинання адсорбентом іонів хром; адсорбція з нерухомим шаром сорбенту в обох випадках відбувається поступово і в кожному випадку має рівномірно накопичувальний характер (таблиця 2.4)[25].

Таблиця 2.4 – Показники ефективності адсорбції за різного складу модельних розчинів

Варіант	Час завантаження (t), хв.	Ефективний об'єм (V), мл	Загальний об'єм (V _з), мл	Динамічна обмінна ємність (Т)	α, %	
					α _{еф}	$\bar{\alpha}$
1	630	500	1000	0,025	95,95	53,94
2	930	500	1500	0,024	83,14	42,04

Різниця у ступені поглинання іонів хрому нівелюється різними об'ємами об'ємів стічних вод, які були очищені за однакової витрати бентоніту. Значення динамічної обмінної ємності сорбенту майже однакова за двома варіантами.

В цілому адсорбція відповідає загальним закономірностям використання природних глин як адсорбентів для очищення стічних вод від іонів важких металів методом ідеального витіснення, а саме впродовж перших інтервалів часу спостерігаємо максимальне поглинання поллютанту, а надалі поглинання знижується.

Оскільки вартість природних дисперсних сорбентів невелика, недоцільно планувати регенерацію відпрацьованих сорбентів, бо вартість регенерування буде на порядок вищою за вартість нового сорбенту, тому після використання природних глин для очищення стічних вод їх захоронюють або спалюють. Однак на сьогодні знайшли використання методи їх використання у виробництві.

Відпрацьовані глинисті адсорбційні мінерали можуть замінити чисті глини у виробництві будівельних сумішей і матеріалів. Часто відпрацьовані глини забезпечують кращі механічні властивості матеріалів, надіють їм кольору та ін.

При виготовленні будівельних матеріалів відпрацьовані сорбенти використовують у виробництві керамзиту; для приготування будівельних сумішей на основі гіпсового в'язучого; застосовують також для додавання шламу до будівельного гіпсу, будівельної кераміки та ін. [27-29] (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Схема основних напрямків утилізації сорбентів у виробництві будівельних матеріалів

В роботі [26] з метою утилізації шламу, одержаного в результаті реагентної обробки стічних вод, його додавали до основної формувальної шихти при виготовленні грубої кераміки. Отримано дослідну партію зразків керамічних виробів та випробувано їх відповідно до ДСТУ БА.1.1-49-94 «Матеріали будівельні. Методи фізико-хімічних досліджень. Терміни та визначення», ГОСТ 8462-85 «Матеріали стінові». В результаті випробувань встановлено, що додавання вказаного шламу до 5% мас. до основної формувальної маси при виготовленні керамічних зразків не погіршує основних технологічних характеристик останніх. При цьому покращуються їх естетико-споживчі характеристики, такі як інтенсивність та відтінок забарвлення (рис.2.4.).

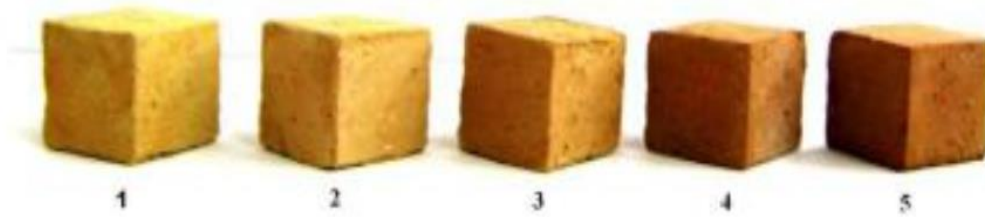


Рисунок 2.4 – Інтенсивність забарвлення цегли залежно від вмісту іонів заліза у глинистих матеріалах

Виробництво керамзиту є перспективним напрямом утилізації відпрацьованих глинистих адсорбентів, адже отримується керамзит з більшою механічною міцністю за рахунок підвищення ступеня кристалізації сировинної маси в процесі обпалу[28].

Часто заводи керамзитового гравію працюють на суглинистій сировині, яка має слабку здатність набухати (коефіцієнт набухання 1,8...2) в вузькому інтервалі температур 1160...1180 °С, що ускладнює процес обпалення та отримання керамзиту, який відповідає вимогам стандарту. Як добавки, що активізують набухання суглинків, використовують відпрацьовані природні сорбенти, відпрацьовану глину контактного очищення оливо, відпрацьований каталізатор.

Сорбенти, що утворюється після очищення нікель-і мідьвмісних стічних вод, рекомендується використовувати так само, як і осад, що утворюється при очищенні стічних вод від хрому (VI), в цементно-бетонних композиціях [30].

Було встановлено, що введення до складу бетонної суміші шламу водоочищення в кількості до 1,5% мас. підвищує міцність зразків при стисканні з 12 до 15 МПа.

При вмісті шламу більше 1,5% міцності бетонів різко погіршуються. У процесі твердіння цементний матеріал проходить стадії: розчинення, гідролізу, утворення колоїдів та кристалізації. Шлам водоочищення, найімовірніше, оптимізує дисперсний склад суміші та одночасно каталізує процес кристалізації.

Це сприяє зростанню міцності бетонних зразків при вмісті шламу водоочищення в інтервалі 0-1,5%. Подальше підвищення вмісту шламу (понад 1,5%) сприяє ослабленню взаємодії між окремими центрами кристалізації сировинної суміші, що призводить до зниження міцнісних характеристик досліджуваних зразків.

Комбіновані сорбційні матеріали пропонується утилізувати в якості наповнювача при виробництві асфальтобетону, тротуарної плитки, цегли та інших будівельних матеріалів.

В роботі [31] осад, отриманий при очищенні стічних вод від сполук хрому (VI), передбачається утилізувати як біоцидні добавки до цементно-піщаних композицій. Отримано позитивні результати, що свідчать про підвищення грибостійкості зразків бетонів з добавкою хромовмісного шламу і високими характеристиками міцності зразків (рис. 2.5).

В роботах [32, 33] досліджено перспективність використання відпрацьованих природних сорбентів для виробництва гіпсового в'язучого, їх вплив на реологічні та фізико-механічні властивості. Проведені фізико-механічні дослідження підтверджують перспективність використання відпрацьованих природних сорбентів, насичених синтетичними барвниками, для приготування будівельних сумішей на основі гіпсового в'язучого Г-7, що дає змогу не лише зменшити техногенне навантаження на довкілля, але і зменшити використання природних невідновних ресурсів.

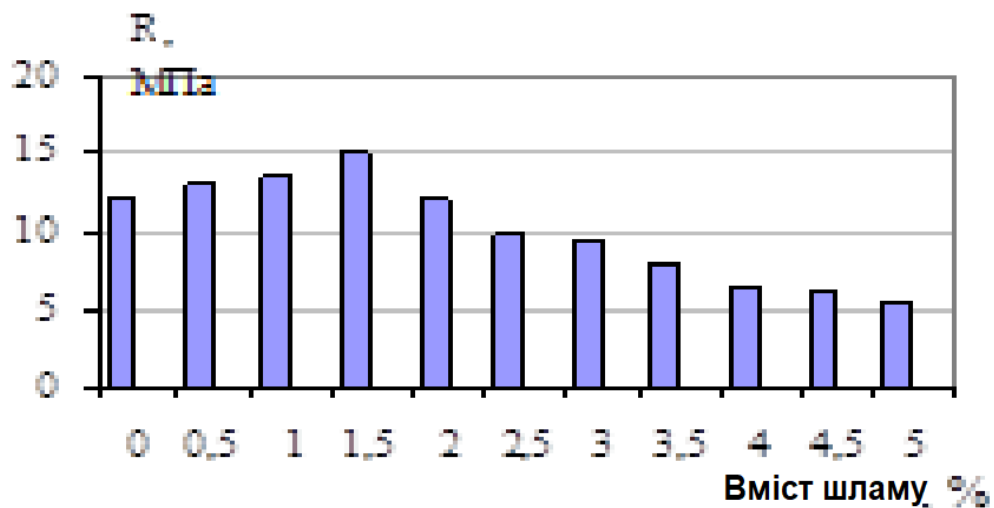


Рисунок 2.5 – Міцність дослідних зразків залежно від вмісту шламу

На Вінницькому підприємстві «Руслана» розроблено унікальну методику виготовлення будівельних матеріалів високої міцності: люків каналізаційних, труб, відливів та інше, на основі суміші піску, бентоніту з вмістом важких металів та використаного побутового пластику. Продукція підприємства має великий попит та експортується до Чехії, Німеччини і Швеції [30].

2.3 Методи дослідження властивостей лицьової цегли

Фізико-механічні властивості керамічних матеріалів безпосередньо пов'язані з характером їхньої структури, що утворюються в процесі випалу. Показники якості лицьової цегли мають бути в межах нормативних показників [14,15].

Пористість керамічного черепка (у пористих виробів) зазвичай становить 10 – 40%, вона зростає при введенні в керамічну масу вигоряючих, піноутворюючих та інших добавок. Прагнучи знизити об'ємну масу і теплопровідність, вдаються до створення пустот у цеглині та керамічних каменях.

Водопоглинання характеризує пористість керамічного черепка. У деяких глин воно досягає великих кількостей, причому вода проникає не тільки по тріщинах і капілярах, а й між шарами в кристалічній решітці деяких мінералів, розсовуючи їх з ефектом набухання глини до 40% і більше. Пористі керамічні вироби мають водопоглинання 6-20% за масою, тобто 12-14% за обсягом. У щільних виробів водопоглинання набагато менше: 1 – 5% за масою (2 – 10% за обсягом). Водопоглинання лицьової цегли повинно бути не менше 6 і не більше 8%.

Для визначення водопоглинання цегли керамічної звичайної, порожнистої, керамічного каміння, плит і цегли фасадних від партії відбирають три найбільш типові зразки (цілі, або їх половинки). При випробуванні керамічних цілих архітектурних деталей, що мають значні розміри, випилюють зразки висотою і довжиною 100 мм, товщиною, що дорівнює товщині виробу. Зразок, випиляний з порожнистого виробу, повинен містити щонайменше одну повну порожнечу.

Зразки очищають від пилу та бруду повстяною щіткою, висушують до постійної маси, зважуючи з похибкою до 1 г. Зразки насичують водою при температурі 20 (± 5) °С. Плитки для підлог (5 зразків) промивають дистильованою водою, висушують до постійної маси, зважують після остигання у ванні з водою протягом 1 год[17].

Морозостійкість. Марка по морозостійкості означає число циклів поперемінного заморожування та відтавання, яке витримує виріб в умовах стандартного випробування без ознак видимих пошкоджень (розшарування, лущення, розтріскування, фарбування). Згідно з дослідженнями А. С. Беркмана та І. Г. Мельникової керамічний матеріал є морозостійкий, якщо в ньому обсяг резервних пор достатній для компенсації приросту об'єму замерзаючої води в небезпечних порах. До резервних відносяться великі пори (діаметром більше 200 мкм), у яких капілярний тиск недостатньо для утримання води. Небезпечні пори (діаметром 200 мкм і менше) утримують воду, що замерзає при температурі від 15 до 20°С.

Морозостійкість лицевої цеглини повинна бути не менше F35.

Морозостійкість цегли, каміння, плиток, черепиці оцінюють, використовуючи цілі вироби. З фасадних плит та архітектурних деталей попередньо готують зразки, розміри яких аналогічні розмірам зразків для визначення водопоглинання. Від кожної партії відбирають не менше 5 зразків, розміри яких аналогічні розмірам зразків для визначення водопоглинання. Випробувані зразки після насичення водою протягом 48 годин поміщають у морозильну камеру з температурою – 17 °С. Відстань між зразками повинна бути не менше 29 мм, щоб забезпечити доступ холодного повітря. Морозильну камеру завантажують лише на 50 %. Час витримки зразків у морозильній камері залежить від товщини їхньої стінки: при товщині не більше 50 мм їх витримують 4 год; при товщині стінок 70-75 мм – не менше 6 год; при товщині стінки 100 мм – не менше 8 год. Тривалість одного заморожування цегли різних видів не менше 5 год. Тривалість відтавання зразків у ванні з водою при температурі +15...20 °С не менше 4 год. або розморожування оцінюють ступінь руйнування або

пошкодження матеріалу. При необхідності визначають втрату міцності зразками, порівнюючи межу міцності при стисканні після заданої кількості циклів заморожування-відтавання з аналогічною величиною після насичення водою протягом 48 год [18].

Між міцністю керамічного черепка $R_{сж}$ та його коефіцієнтом щільності $k_{пл}$ простежується залежність (по М. І. Рогову):

$$R_{сж} = R_0 k_{пл}^3 \quad (2.1)$$

де R_0 – межа міцності при стисканні абсолютно твердого черепка

$k_{пл}$ – коефіцієнт щільності

$$k_{пл} = \gamma/\rho; \quad (2.2)$$

де γ і ρ – відповідно об'ємна маса та щільність керамічного черепка.

Для визначення *межі міцності при стисканні* цегли їх укладають постільними гранями один на один. Попередньо оброблені для випробування зразки повнотілих виробів розпилюють на 2 рівні частини про ширину i , спрямовуючи поверхні розпилу в протилежні сторони, склеюють цементним тестом. Таким же тестом вирівнюють зовнішні поверхні. Отримані зразки, близькі за формою до куба, витримують до випробування 3...4 діб у вологих умовах. Допускається визначення міцності при стисканні повнотілої цегли, випробовуючи цілі вироби, склеюючи та вирівнюючи їх поверхні аналогічним чином. Цілі вироби випробовують і при визначенні міцності при стисканні цегли та каміння керамічних порожнистих [17].

Межу міцності при згинанні встановлюють, випробовуючи цілий виріб, покладений постільною гранню на 2 опори, що знаходяться на відстані 200 мм. Зосереджене навантаження додають до аналогічної опори в середині прольоту. Для вирівнювання ліжка цегла в місцях застосування навантаження наносять шар цементного тіста шириною 20...30 і товщиною 3 мм. Перед випробуванням зразки витримують у вологих умовах 3-4 доби.

Вогнетривкість – найважливіша властивість глин витримувати високу температуру, не розплавляючись та не деформуючись. Вогнетривкість залежить від хімічного та мінерального складу глин. Присутність каолініту завжди

підвищує рівень вогнетривкості, а навіть невелика кількість в ній мінералів знижує температуру тиску.

Для чистого каолініту вогнетривкість дорівнює 1780° С. По вогнетривкості глини поділяються на вогнетривкі – з вогнетривкістю більше 1580 ° С, тугоплавкі – з вогнетривкістю 1350 – 1580 ° С і легкоплавкі – з вогнетривкі[14].

Для отримання керамічних будівельних матеріалів використовують переважно легкоплавкі (цегляні) глини, що містять значну кількість кварцового піску, з'єднань заліза та інших плавнів.

Термостійкість – здатність витримувати різку зміну температури (нагрів у повітряній бані до +100 °С та занурення у воду з температурою +18 – 20 °С). При цьому цілісність лицьового шару має зберігатись.

Корозійна стійкість керамічних плиток оцінюється при дії розчинів побутової хімії, добавок для води в басейнах та інших агресивних речовин. Виділяють 5 класів виробів АА, А, В, С, Д. Наприклад клас АА означає, що плитка не схильна до корозії, клас А – високу корозійну стійкість.

Пластичність – здатність глиняного тесту під дією зовнішніх сил приймати задану форму без утворення тріщин та зберігати цю форму.

Домішки, що містяться в глинах, знижують пластичність глин і тим більше, чим вище їх вміст. Пластичність глин підвищується зі збільшенням кількості води в глиняному тесті, але до певної межі, понад яку глиняне тісто починає втрачати зручність (прилипає до поверхні машин). Чим більш пластичні глини, тим більше вони вимагають води для отримання зручного глиняного тіста і тим більше їх повітряна усадка.

Технічним показником пластичності є кількість пластичності:

$$Пл = W_T - W_p, \quad (2.3)$$

де W_T і W_p значення вологості в %, що відповідають межі плинності та межі розкочування глиняного джгута.

Високопластичні глини мають водопотребу більше 28%, кількість пластичності більше 15, і повітряне усадження 10 ... 15%. Вироби цих глин

сильно зменшуються в об'ємі при висиханні і дають тріщини. Зайва пластичність усувається введенням додатків, що отощають.

Глини середньої пластичності мають водопотребу 20...28%, число пластичності 7...15 і повітряне усадження 7...10%.

У малопластичних глин водопотреба менше 20%, кількість пластичності менше 7 і повітряне усадження 5 ... 7%. Вироби із цих глин важко формувати. Недостатню пластичність усувають шляхом звільнення від піску (відмучування), вилежування (природного вивітрювання), подрібнення у спеціальних машинах, обробкою парюю або додаванням пластичної глини.

Зв'язність – зусилля, необхідне роз'єднання частинок глини. Зв'язок обумовлена малою величиною та пластинчастою формою частинок глинистої речовини. Чим вища кількість глинистих фракцій, тим вища зв'язність.

Визначення усадки глин. Глинисті мінерали при змочуванні глин водою набухають внаслідок того, що вода, що поглинається, розташовується між окремими шарами їх кристалічних решіток; при цьому міжплощинні відстані ґрат значно збільшуються. При сушінні глин відбувається зворотний процес, що супроводжується усадкою.

Повітряна усадка – зменшення лінійних розмірів та обсягу зразка із глиняного тіста при висиханні. Повітряна усадка тим більше, що вища пластичність глини.

При випаленні глин після видалення гігроскопічної вологи та вигорання органічних домішок відбувається розкладання глинистих мінералів. Так, каолінит при температурі 500 – 600 ° С втрачає хімічно зв'язану воду; при цьому процес протікає з повним розпадом кристалічних ґрат і утворенням аморфної суміші глинозему Al_2O_3 і кремнезему SiO_2 . При подальшому нагріванні до температур 900 – 950°C виникають нові металеві силікати, наприклад муліт $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, і утворюється деяка кількість розплаву (рідкої фази) внаслідок плавлення найбільш легкоплавких мінералів, що входять до складу глиняних мас, що обпалюються. Чим більше у складі глин окислів-плавнів Na_2O , K_2O , MgO , CaO , Fe_2O_3 , тим нижче температура утворили рідкої фази. У процесі

випалу під впливом сил поверхневого натягу рідкої фази тверді частинки обпалюваного матеріалу зближуються, і його зменшується, т. е. відбувається вогнева усадка [10].

3 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ У ВИРОБНИЦТВІ КЕРАМІЧНОЇ ЛИЦЬОВОЇ ЦЕГЛИ

3.1 Одержання лицьової цегли

При виробництві цегли використовують в якості основної сировини легкоплавкі глини в щільному, пухкому і пластичному стані, а також відходи видобутку і збагачення вугілля, золи ТЕС і інші схожі за складом відходи. Відпрацьовані бентоніти можна використовувати при виробництві цегли, так як зі збільшенням вмісту оксиду алюмінію, як правило, підвищується пластичність, зростає міцність сформованих, сухих і обпалених виробів, збільшується їх вогнетривкість. Запропонований новий склад композиту не передбачає зміну технологічного регламенту виробництва лицьової цегли і енергетичних характеристик процесу. Послідовність виробництва цегли керамічної лицьової наступна:

1. Привезену з родовища «Лукашівське» на завод глину очищують від різних сторонніх предметів, домішок (сульфат, мергель), просівають, доводять до однорідної маси.
2. Змішують глину з піском (20%), і водою. Чим жирніше глина, тим більше піску. Додають добавки:
 - платифікатор (каолін) 20%
 - спіснювач (дрібнодисперсне вугілля) 10%,
 - пігмент 5%.
3. Формують. На цьому етапі цеглі надається прямокутна форма. Використовують метод пластичного формування.
4. Сушать і отримують так звану цеглу-сирець
5. Обпалюють при температурі від 800 до 1000 °С

На рис.3.1 представлена технологічна схема виробництва з використанням наявного технологічного обладнання і технологічного регламенту виробництва.

Використання додаткових автоматичних ліній, обладнання чи проведення технологічного контролю не передбачено.

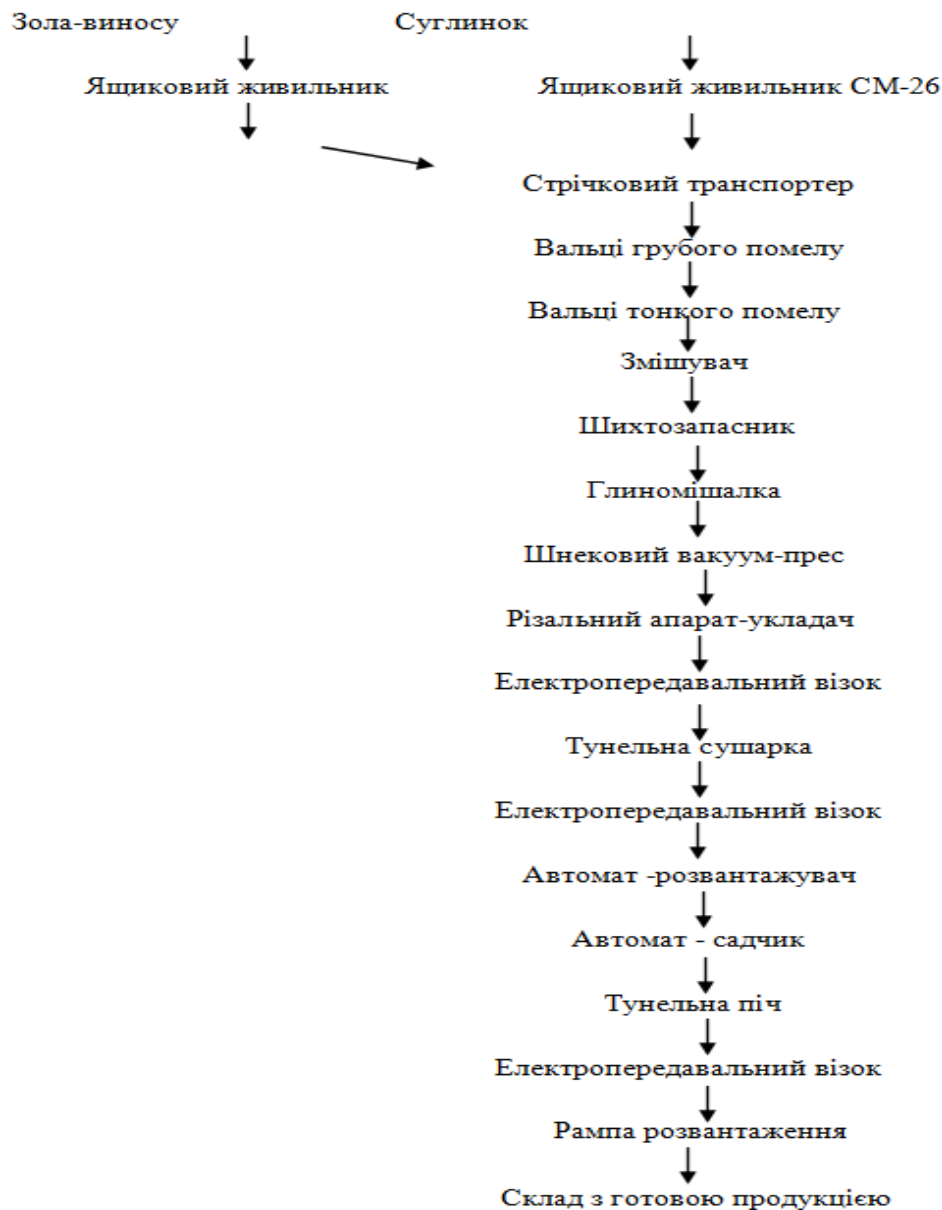


Рисунок 3.1– Технологічна схема виробництва керамічної цегли з використанням золи-виносу ТЕС

Запропоновані зміни в складі композиту по виготовленню лицьової цегли представлені у таблиці 3.1.

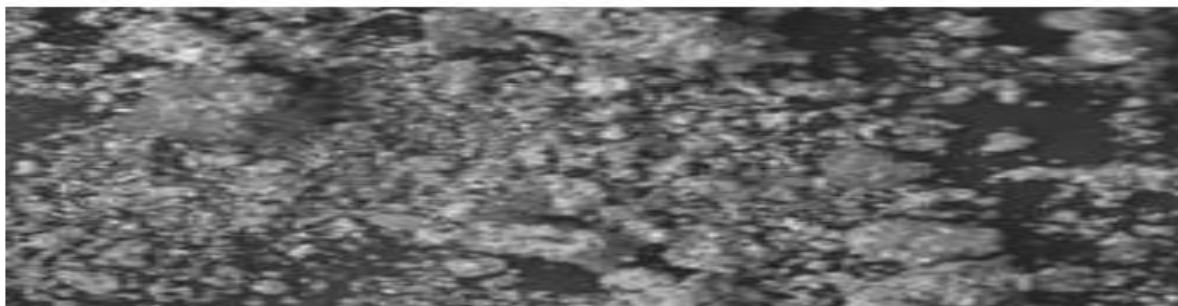
Таблиця 3.1– Склад глинистої суміші для виробництва лицьової цегли

Складові композиту	Типовий склад		Досліджуваний склад	
	Основний компонент	Глина будівельна	53,5	Глина будівельна
Високотемпературний спіснювач	Пісок	20	Пісок	10
Вигораючий спіснювач	Зола	10	Зола-винос ТЕС	20
Пластифікатор	Каолін	15	Відпрацьований бентоніт	20
Пігмент	Оксиди заліза	1,5	-	

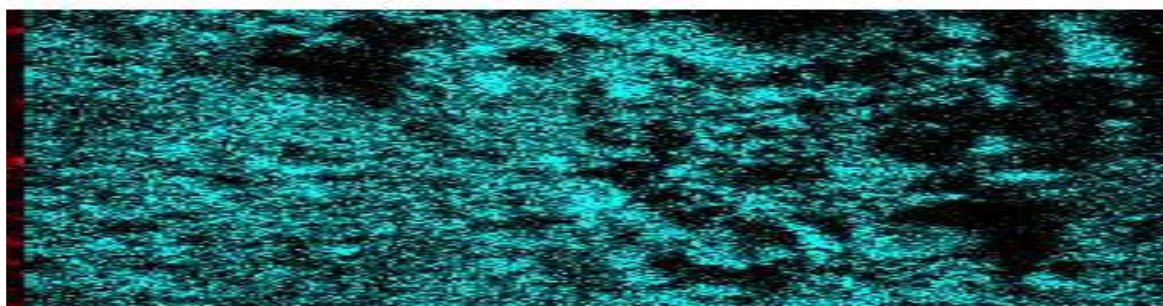
3.2 Обґрунтування використання техногенних відходів для виробництва керамічної цегли

Для визначення естетичних характеристик лицьової цегли з домішками відпрацьованого бентоніту проведено мікроскопію відпрацьованих глинистих матеріалів, насичених іонами хрому (III) у збільшенні $500 \times_{\text{zoom}}$. Візуально визначено, що у зразках з відпрацьованим бентонітом забарвлення при випалі 1000°C стає менш яскравим, однак зберігає насиченість та характерну вираженість зеленого кольору (рис. 3.2). Імовірно, насичений колір є наслідком додаткового комплексоутворення, де комплексоутворювачем у хелатних сполуках виступає іон хрому [33].

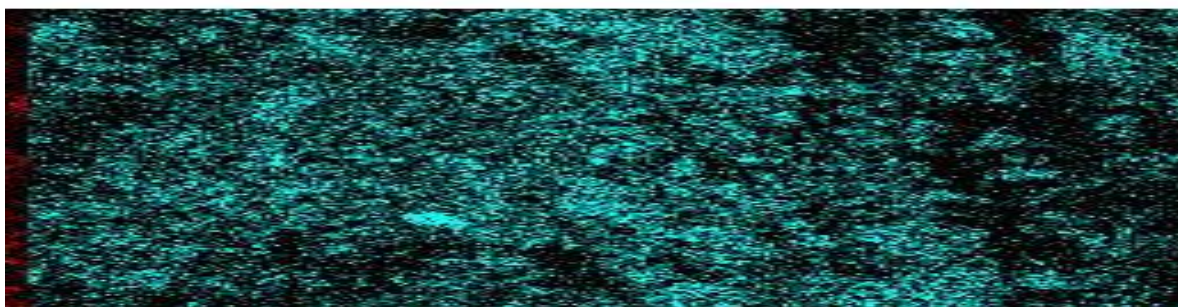
За даними оптичної мікроскопії структура зразків суміші золи-виносу і бентоніту після спікання у збільшенні $1000 \times_{\text{zoom}}$ показує наявність щодо великих включень в дрібнозернистій основній масі (матриці) алюмосилікату за присутності бентоніту. Такі включення, обумовлені наявністю барвника (2,4) приблизно однакові за розмірами у природного і відпрацьованого алюмосилікату. Наявність відходів у складі бентоніту (3.4) сприяє формуванню більш рівномірної гранульованої структури. Цей факт може свідчити про впровадження іонів хрому до матриці монтморилоніту, а також про спорідненість комплексів, утворених мінералами, що входять до складу алюмосилікату і іоном хрому (рис.3.3).



1



2



3

Рисунок 3.2 – Структура бентоніту:

1 – бентоніт,

2- бентоніт з вмістом іонів Cr^{+3}

3 – бентоніт з вмістом іонів Cr^{+3} , прожарений при температурі 1000°C

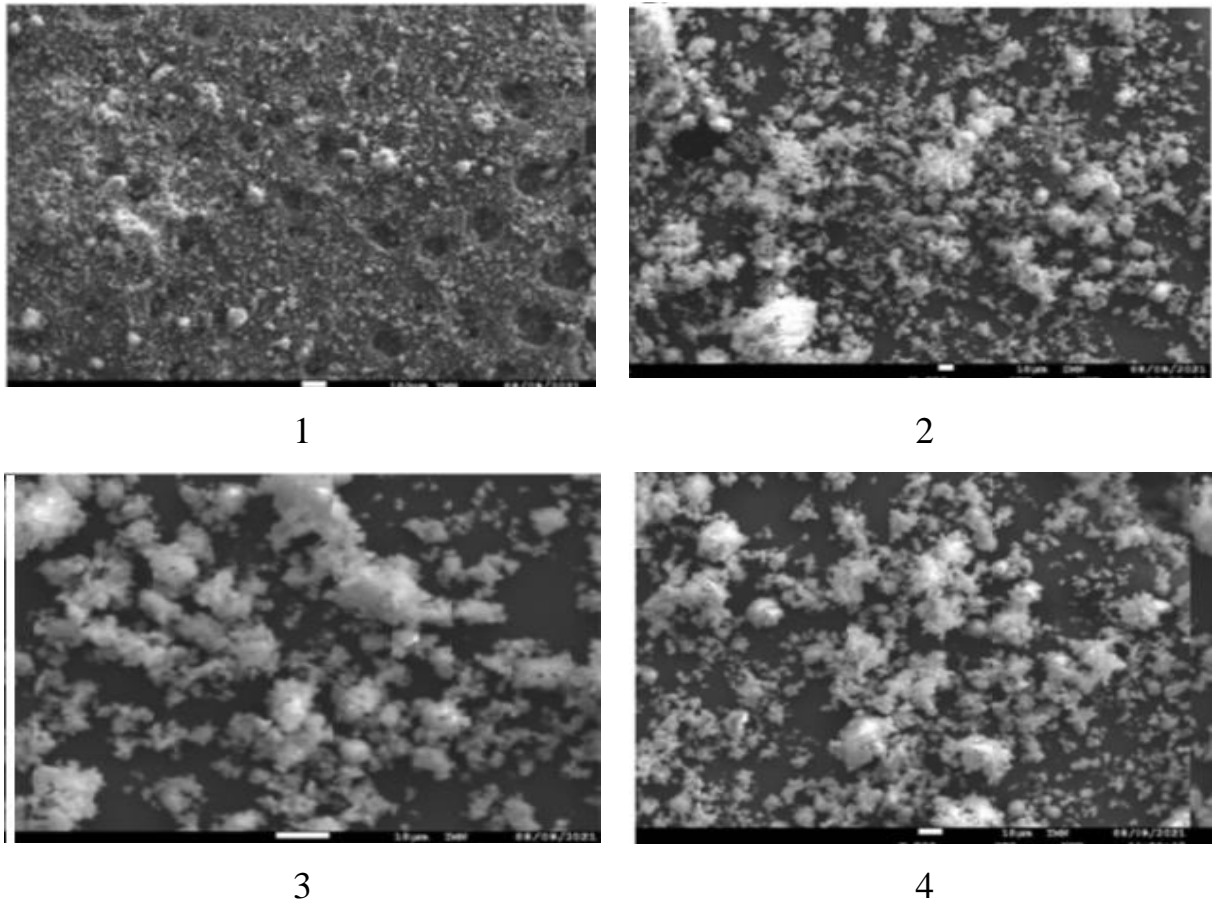
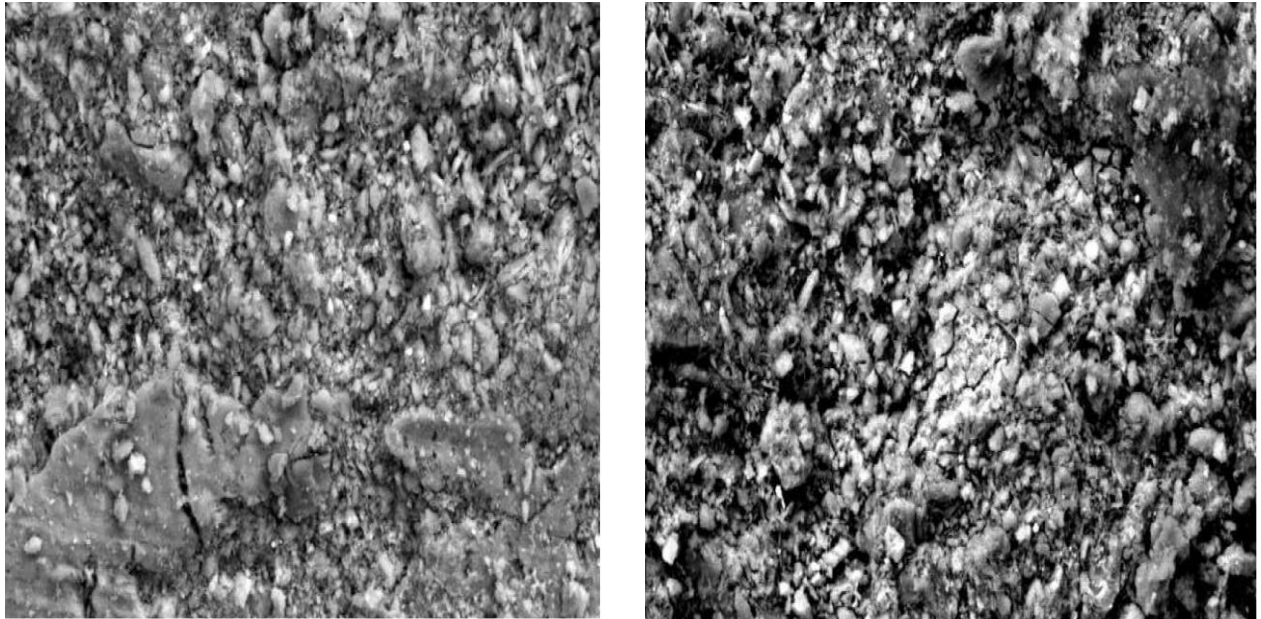


Рисунок 3.3 – Мікроструктура бентоніту та сумішей бентоніту і золи:

- 1 – зола;
- 2 – природний бентоніт;
- 3 – природний бентоніт + зола
- 4 -відпрацьований бентоніт+зола;

По даним оптичної мікроскопії структурних зразків цегли лицьової (рис.3.4.), в дослідному зразку простежується наявність відносно великих включень, що знаходяться в дрібнозернистій спеченій основній масі (матриці) цегли. Додавання відходів до складу сприяє формуванню більш рівномірної гранульованої структури. Цей факт може свідчити про зниження температури плавлення та появи розплаву, що призвело до процесів кристалізації мінералів із розплаву[32].



1

2

Рисунок 3.3 – Мікроструктура лицьової цегли, виготовленої за типовою методикою (1) і з додаванням золи-виносу та відпрацьованого бентоніту

3.3 Дослідження фізико-механічних властивостей цегли, що виготовлена з використанням твердих відходів

Основними недоліками виробництва керамічної цегли є велика кількість глинистої сировини та велика кількість енерговитрат. Для удосконалення технології доцільно здійснити заміну частини глинистої сировини на техногенні відходи промисловості, зокрема золошлакові відходи ТЕС. У таблиці 3.2 представлені результати фізико-хімічних випробувань керамічної цегли. На рисунках 3.4 – 3.6 графіки залежності відповідно теплопровідності, водопоглинання і межі міцності на стиски від температури випалу і вмісту золи-виносу (%).

Таблиця 3.2 – Фізико-механічні характеристики керамічної цегли при різному вмісту золи та різній температурі випалу

Вміст золи, %	Теплопровідність, Вт/м °С				Водопоглинання, %				Межа міцності на стиск, кг/см ²			
	Температура, °С				Температура, °С				Температура, °С			
	700	800	900	1000	700	800	900	1000	700	800	900	1000
0	0,84	0,85	0,85	0,85	11	10	9	8	60	80	90	110
5	0,83	0,84	0,82	0,85	17	17	15	10	70	96	100	115
10	0,83	0,81	0,82	0,81	18	18	16	12	72	104	110	120
20	0,77	0,79	0,74	0,76	20	19	17	13	75	106	115	125
25	0,55	0,6	0,57	0,61	27	25	20	18	65	85	95	110

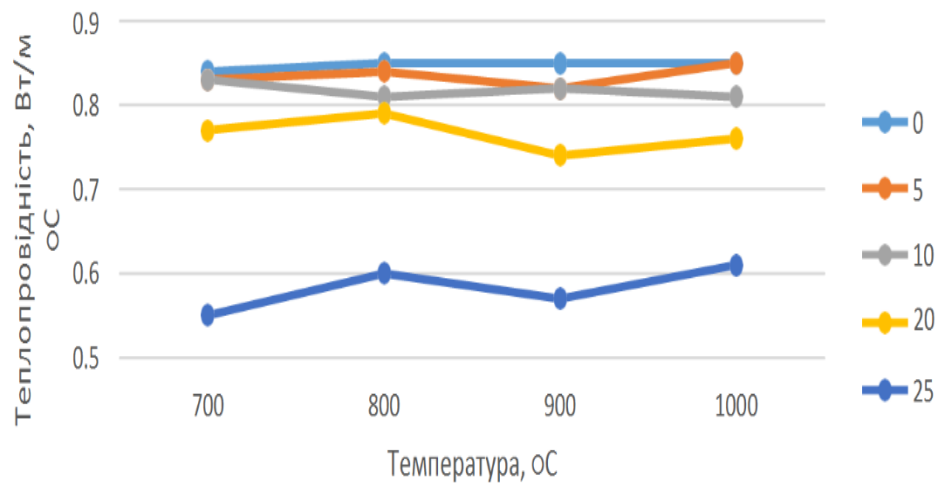


Рисунок 3.4 – Графік залежності теплопровідності цегли від $t_{\text{випалу}}$

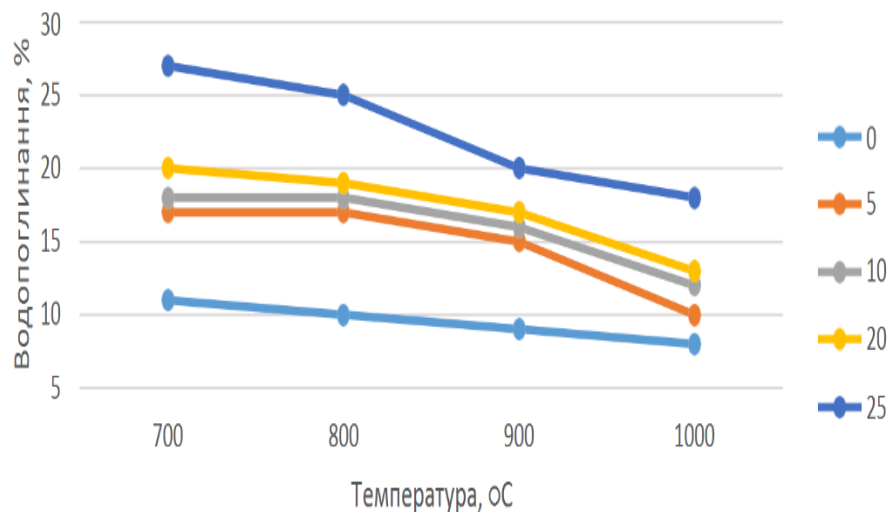


Рисунок 3.5 – Графік залежності водопоглинання цегли від $t_{\text{випалу}}$

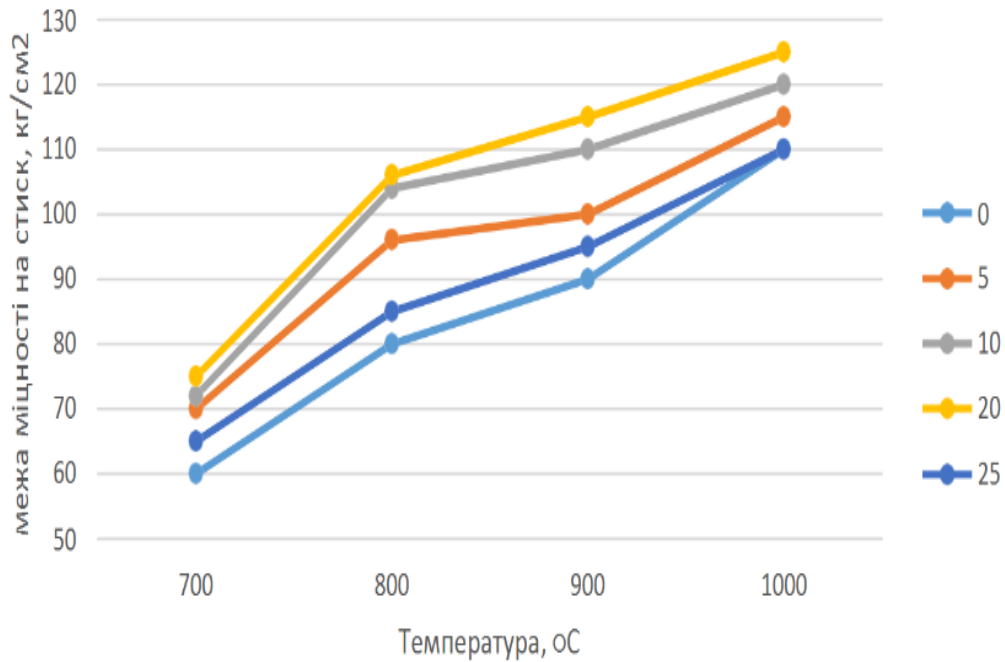


Рисунок 3.6 – Графік залежності межі міцності на стиск цегли від $t_{\text{випалу}}$

Результати досліджень показують, що оптимальний вміст золи-виносу в складі композиту є 15-20%. За таких умов теплопровідність готових виробів становить $0,76 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$, водопоглинання – 13%, а межа міцності на стиск – 125 кг/см^2 .

Витрата технологічного палива при введенні зол і шлаків знижується на 20-70%, цикл сушіння цегли-сирцю скорочується більш ніж на 20%.

Порівняльна характеристика фізико-механічних випробувань цегли, виробленої за типовою методикою (Варіант 1) і за досліджуваною методикою (Варіант 2) представлено у таблиці 3.3. Результати проведених досліджень показують, що добавка відпрацьованих бентонітів до складу керамічного цегли не знижують її фізико-механічних показників, а реологічні показники покращують. В той же час збільшення відсотка золи (Таблиця 3.2) спочатку дає зростання основних фізико-механічних показників, а потім їх зниження. Одержуваний матеріал з морозостійкості перевершує керамічну цеглу, що вироблено за типовою методикою, має менші значення водопоглинання. Досліджуваний продукт з мінімальною вологістю, що зменшує тривалість сушіння сирцю.

Таблиця 3.3 – Результати фізико-механічних досліджень лицьової цегли

Назва показника, од. виміру	Нормативне значення	Варіант 1	Варіант 2
Межа міцності на стиск, МПа	17,0	16,5	16,4
Межа міцності на вигин, МПа	2,5-3	2,9	3,2
Водопоглинання, %	Не менше 8	16,5	16,8
Морозостійкість, цикл	Не менше 15	20	19

Цегла, виготовлена з добавкам золи – виносу і бентоніту має стабільну міцність і високу морозостійкість. Зразки цегли керамічної лицьової повнотілого одинарного пластичного формування з додаванням хромовмісних відходів відповідають нормативним вимогам [14].

4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАХОДІВ ПО УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ

4.1 Напрямки зменшення негативного впливу пилю цегельного виробництва на навколишнє середовище

Основними джерелами викиду шкідливих речовин на підприємстві ВАТ «Ладизинський завод силікатної цегли» є:

- шахтна піч – виробництво вапна;
- цех силікатних виробів;
- котельня (два котли);
- ковальське горно;
- деревообробні станки;
- зварювальний пост;
- АЗС.

Аналіз викидів забруднюючих речовин в атмосферу ВАТ „ЛЗСЦ” за 4 квартали 2020 року представлено на рисунках 4.1 – 4.6.

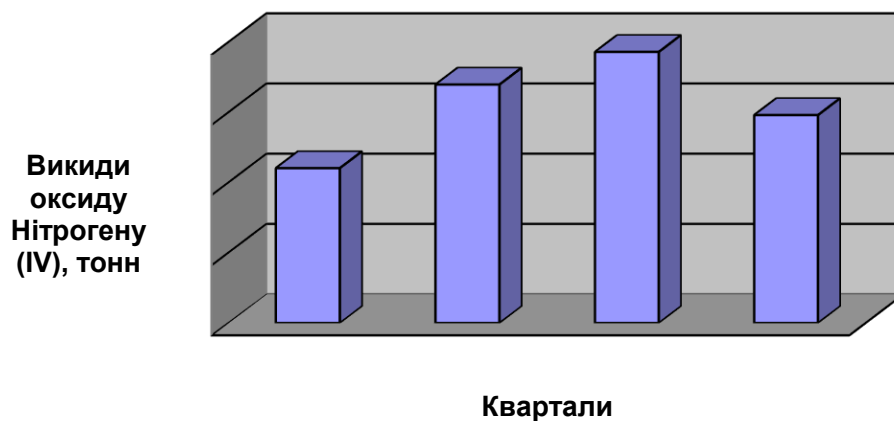


Рисунок 4.1 – Викиди оксиду Нітрогену (IV) ВАТ „ЛЗСЦ” за 2020 рік, т.

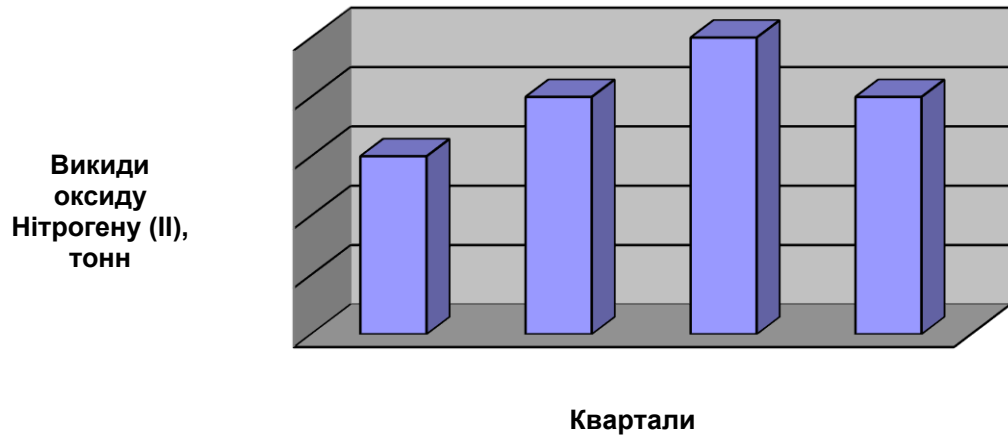


Рисунок 4.2 – Викиди оксиду Нітрогену (II) ВАТ „ЛЗСЦ” за 2020 рік, т.

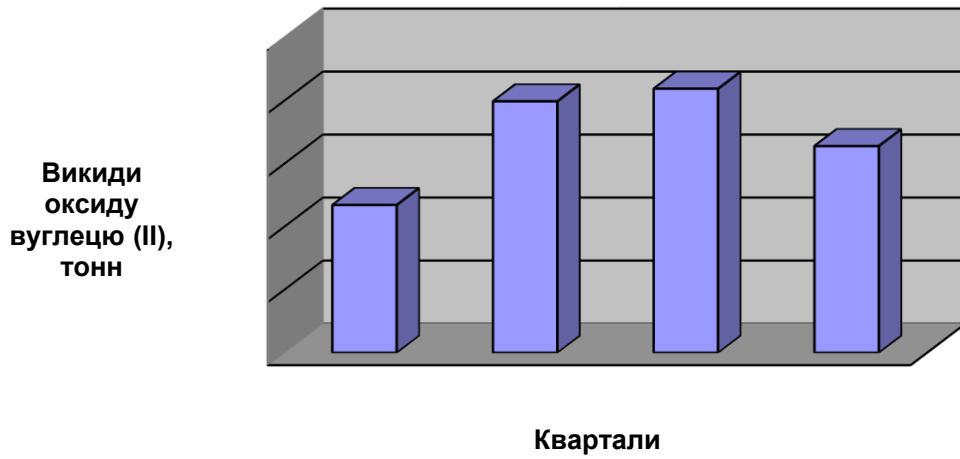


Рисунок 4.3 – Викиди оксиду вуглецю (II) ВАТ „ЛЗСЦ” за 2020 рік, т.

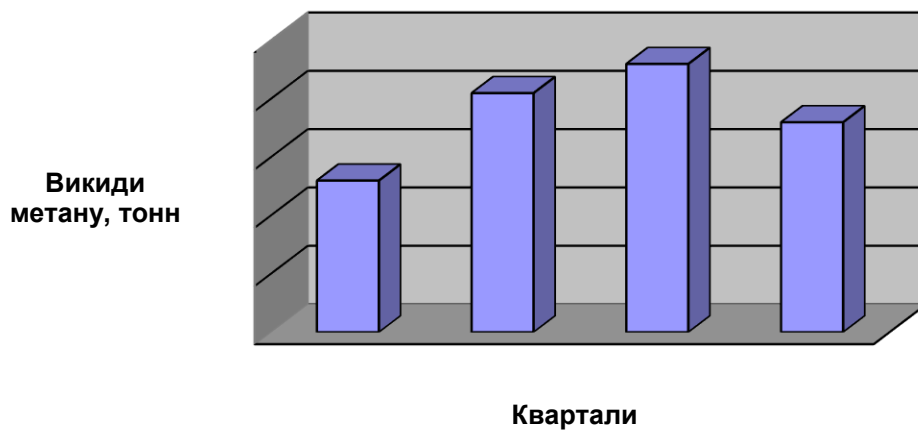


Рисунок 4.4 – Викиди метану ВАТ „ЛЗСЦ” за 2020 рік, т.

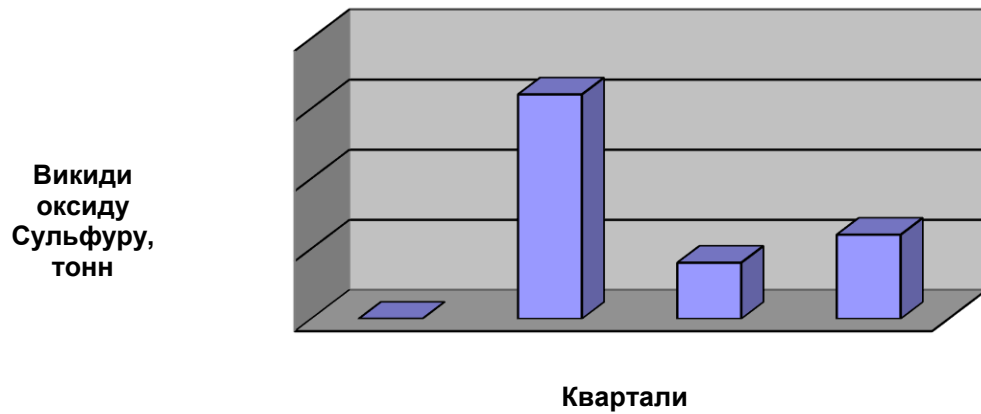


Рисунок 4.5 – Викиди оксиду Сульфуру ВАТ „ЛЗСЦ” за 2020 рік, т.

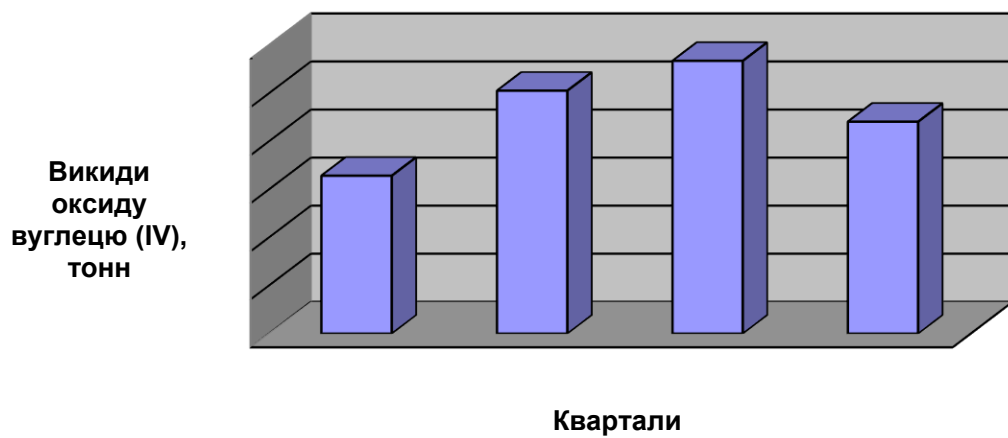


Рисунок 4.6 – Викиди оксиду вуглецю (IV) ВАТ „ЛЗСЦ” за 2020 рік, т.

За представленими діаграмами варто зробити висновок, що найбільшу кількість оксиду Нітрогену (IV), оксиду Нітрогену (II), оксиду вуглецю (II), метану та оксиду вуглецю (IV) Ладижинським заводом силікатної цегли було викинуто в атмосферне повітря за третій квартал 2020 року. Найменшу кількість забруднюючих речовин підприємством було викинуто за перший квартал.

Для покращення екологічної ситуації на підприємстві вводяться наступні заходи:

- дотримання норм ГДК забезпечується вентиляцією та аспірацією при оснащенні спеціальними потужними фільтрами для уловлення пилу та інших речовин;

- бракований сирець підлягає поверненню на лінію подачі силікатної маси в реактор, де він змішується із свіжовиготовленою силікатною сумішшю для вторинного використання;
- бракована готова продукція (половняк, щебінь) реалізується споживачам;
- відходи піску після грохочення використовується для потреб заводу;
- використовують сучасні методи очищення промислових газів, серед яких варто визначити такі технологічні схеми:

1) *Лужний метод очистки промислових газів від оксидів нітрогену.* Лужні методи базуються на взаємодії оксидів нітрогену з водними розчинами лугів. Внаслідок взаємодії утворюються солі нітратної та нітритної кислоти, які є товарними продуктами. Внаслідок цього лужні методи є економічно доцільними. Проходить наступна реакція:



Очистку промислових газів проводять в апаратах насадкового або барботажного типу. Недоліком лужних методів очистки газів від оксидів нітрогену є низька ступінь очистки газів, яка не відповідає санітарним вимогам викидів оксидів нітрогену в атмосферу.

2) *Синтез-метод очистки промислових газів від оксиду Карбону (II).* Процес часто називають реакцією водяного газу. Процес відбувається при значних концентраціях оксиду карбону, як перша стадія очистки. Сутність реакції водяного газу (конверсія з водяним паром) можна показати на прикладі рівняння:



Реакцію каталізують сполуки Феруму. Промисловий каталізатор конверсії має форму пігулок та складається на 70-85% з Fe_2O_3 та 5-15% з Cr_2O_3 . Каталізатор зберігає активність до температури 600°C , він відносно стійкий в присутності сполук Сульфуру та крапельної вологи. У випадках високої концентрації оксиду карбону у вхідному газі, каталізатор в контактному апараті розміщують шарами, причому передбачаються заходи для відведення тепла між шарами [3].

Газову суміш, яка містить СО і пару, охолоджують до 370°C і пропускають через конвектор першого ступеня (1). В присутності каталізатора проходить перетворення СО в СО₂ на 90-95% з утворенням еквімолярних кількостей водню. Утворену газову суміш охолоджують до 35-40°C в холодильнику (2), а діоксид карбону вловлюють моноетаноламіном (МЕА) в абсорбері першого ступеня (3). Очищений газ нагрівають додаванням певної кількості пару і знову подають у конвектор (5). В адсорбері (7) знову очищають газ від утвореного діоксиду карбону. На виході одержують водень чистотою до 99,7%. Температуру процесу підтримують в межах 315-480°C, тиск від 0,2 до 2,5 МПа.

3) *Очистка промислових газів від діоксиду карбону (СО₂) адсорбційним методом.*

Абсорбція водою є поширеним методом вилучення діоксиду карбону з газів. Основними перевагами води як абсорбенту, для видалення домішок із газової суміші є її доступність та дешевина. Більше того, немає необхідності в регенерації абсорбенту та герметизації обладнання.

Основні переваги водної очистки газів від СО₂:

- простота конструкції установки, відсутність теплообмінників та кип'ятильників;
- відсутність витрат тепла;
- дешевина розчинника (абсорбенту);
- відсутність парів дорогого або токсичного розчинника, який може переходити в газову фазу.

Основні недоліки процесу водної абсорбції:

- великі витрати газу при високому тиску, внаслідок значного підвищення розчинності;
- недостатньо висока ефективність поглинання СО₂ (до 8кг СО₂ на 100кг води);
- значні витрати енергії на перекачування розчину;
- недостатньо висока чистота виділеного СО.

Для збільшення розчинності CO_2 у воді, процес проводять при підвищеному тиску.

Цеоліти – велика група мінералів, водні алюмосилікати кальцію і натрію, іноді К, Ва, Sr. При нагріванні цеолітів вода нагрівається поступово, без руйнування кристалічної ґратки. Мають іонообмінні властивості. Штучні цеоліти – пермутити використовують для пом'якшення води, очищення жирів, масел, соків. Цеоліти є ефективними поглинювачами (адсорбентами) діоксиду карбону та гідрогенсульфату із різних промислових газів. Молекули CO_2 достатньо малі ($d \approx 0,31 \text{ нм}$), що дозволяє їм проникати до внутрішньої структури більшості цеолітів. Молекули CO_2 не мають дипольного моменту, але за рахунок полярності зв'язку $\text{C}=\text{O}$ володіють квадрупольним моментом – $3,2 \times 10^{-26}$ ел.ст.од. Внаслідок цього енергія адсорбції діоксиду карбону на цеолітах значно зростає за рахунок взаємодії квадруполь-катиону (який входить до складу цеоліту), а також донорно-акцепторної взаємодії з участю неподільних електронних пар атомів кисню, газу та вакантних орбіталей катіонів цеолітів. Катіони є специфічними активними центрами для молекул CO_2 .

Прикладом вдалого застосування цеолітів для одночасного видалення парів води та діоксиду карбону з очищувального газу є готування екзотермічної контрольної атмосфери (захисного інертного газу в металургійних процесах), яка одержується при згоранні природного газу в повітрі. В результаті спалювання метану одержують газову суміш, насичену парами води і яка містить до 12% CO_2 . В якості цеолітів використовують модифіковані цеоліти СаА. Цей тип цеолітів, поряд з високими рівноважними та кінетичними показниками, зберігає свою стабільність при багаторазовому використанні. Хоча ці установки не дуже продуктивні, проте для них характерна висока ефективність.

З метою підвищення ефективності екологічних міроприємств на виробництві, для подальших досліджень пропонується використовувати глинисті сорбенти (цеоліти, бентоніти, глауконіти) які після насичення поллютантами надалі утилізувати в складі керамічної або силікатної цегли.

4) Аміачний метод очистки промислових газів від діоксиду сульфуру

Сутність аміачних методів полягає в хемосорбції діоксиду сульфуру водними розчинами сульфїту амонїю.

Згідно із подальшою методикою розкладу бісульфїту амонїю розрізняють декілька модифікацій методу: аміачно-сульфатнокислий, аміачно-автоклавний та аміачно-циклічний. Ефективність всіх методів залежить від процесу хемосорбції діоксиду сульфуру і складає $\geq 95 - 96\%$.

Частину діоксиду сульфуру (до 50%), який виділяється, направляють на виробництво сульфатної кислоти, яка використовується безпосередньо в процесі, а частина використовується як товарний продукт: SO_2 або H_2SO_4 . Утворений сульфат амонїю викристалізують і використовують як товарний продукт.

Очистку газу проводять в скрубєрі насадочного типу в протитоці з циркулюючим розчином сульфїт-бісульфїту амонїю. Очищений газ через трубу викидається в атмосферу. В результаті абсорбції діоксиду сульфуру, концентрація солей в розчині зростає. Частину розчину відбирають, очищують від механічних домішок у фільтрпресі і насосом закачують в автоклав. Сульфур, який утворюється, направляють на склад готової продукції, а розчин сульфату амонїю випарюють під вакуумом в колоні і охолоджують. Кристали, які при цьому випадають в осад, відділяють в центрифугі, висушують в сушильному апараті і також відвантажують на склад готової продукції. Рідку фазу повертають в процес.

Поглинутий в абсорбері діоксид сульфуру відганяють із поглинювального розчину в десорбері водяною парою, а газоподібний діоксид сульфуру (100%-вий) використовують для одержання сульфатної кислоти або рідкого діоксиду сульфуру. Паралельно проходить процес утворення сульфату амонїю, в який переходить до 20% від вловленої кількості діоксиду сульфуру.

4.1.1. Напрямки зменшення впливу пилу твердих речовин на навколишнє середовище

Пил, який може потрапляти в повітря з витяжних систем створює забруднення навколишнього середовища. Він через циклони витягується у спеціальний резервуар у вигляді бака.

Сепарація пилу з аерозольного потоку проходить під дією відцентрових сил на частки пилу, які виникають при поступово-обертальному русі газового потоку.

Циклони складаються з двох частин: циліндричної труби та конуса, який звужується до низу. Тангенціально входячи в циклон, запилений газ рухається по спіралі всередині апарату. Під дією відцентрових сил завислі частки відкидаються до стінок циклону і втрачаючи швидкість, опускаються по його конічній частині. Чим вища швидкість газу в циклоні, тим вища його ефективність, і тим менші його габарити. Але із збільшенням швидкості зростає гідравлічний опір. Циклони, що випускаються промисловістю, розраховані на швидкість газового потоку на вході від 5 до 20 м/с (номінально 15 м/с).

Циклони мають просту конструкцію експлуатації, відносно невелику вартість, а також високу продуктивність.

Основними перевагами циклонів перед іншими апаратами очистки газів від твердих часток є відсутність рухомих частин, надійна робота в широких межах температур, вловлювання пилу в сухому вигляді, можливість роботи при високих тисках, стабільність гідравлічного опору, простота виготовлення та можливість ремонту [6].

До недоліків циклонів можна віднести високий гідравлічний опір (1200-1500 Па) та низьку ефективність при вловлюванні часток розміром <5мкм.

Циклони недоцільно використовувати в установках з непостійним режимом роботи, оскільки їх ефективність змінюється при коливаннях витрат газу та нерівномірних газових потоках. Цей недолік усувається в батарейних циклонах – мультициклонах, в яких газовий потік розподіляється по

підключеними паралельно циклонах, об'єднаних в одну споруду, які мають загальний ввід та відвід газів, а також збірний бункер.

4.2 Екологічний податок підприємства

Підприємства по виробництву будівельних матеріалів є платниками екологічного податку відповідно статті 240 Податкового кодексу України. Екологічний податок з ВАТ «Ладжинський завод сілікатної цегли» стягується за викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря та за розміщення відходів [34].

Екологічний податок 2023 за викиди в атмосферне повітря та за розміщення відходів зобов'язані сплачувати усі юридичні особи, якщо їхня діяльність призводить до:

- викидів шкідливих речовин у повітря, у тому числі вуглекислого газу (CO₂);
- скидів шкідливих речовин до річок, ставків, озер, каналів, водосховищ, моря чи підземних вод;
- розміщення відходів, у тому числі автомобільних шин, різного роду акумуляторів, люмінесцентних ламп тощо (виняток – відходи використовуються як сировина або укладені договори на вивезення відходів з комунальними або спеціалізованими підприємствами з зазначенням строків такого вивезення, ІПК ДФС від 13.09.2019 р. № 175/6/99-00-04-04-03-15/ІПК);
- утворення радіоактивних відходів, їх тимчасове зберігання понад термін, встановлений особливими умовами ліцензії. [35].

Відповідно до статті 242 об'єктами та базою оподаткування є обсяги та види забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами, які скидаються безпосередньо у водні об'єкти, а також обсяги та види (класи) розміщених відходів, окрім тих що розміщуються на власній території та відносяться до вторинної сировини.

Ставки податків описані у статтях 243- 245. Ставки податку за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин визначаються за:

- найменуванням речовини;
- класом небезпечності речовини;
- ОБРВ (орієнтовний безпечний рівень впливу).

В умовах воєнного стану підприємство залишається платником екологічного податку, оскільки його діяльність не відповідає виняткам, коли екологічний податок не сплачується:

- за об'єктами оподаткування, що розташовані на територіях бойових дій. Це стосується і тих територій, де велися бойові дії, а також територій, які тимчасово окуповані Росією. Таке звільнення тимчасове та діє з 01 січня 2022 року по 31 грудня року, в якому буде припинено або скасовано воєнний стан (див. п. 69.16 підрозд. 10 Перехідних положень ПКУ). Є Перелік територій, на яких ведуться (велися) бойові дії або тимчасово окупованих Російською Федерацією, затверджений наказом Мінреінтеграції від 22.12.2022 р. № 309;
- при використанні електрогенераторів. За загальним правилом електрогенератори – це стаціонарні джерела забруднення, а тому екологічний податок з них сплачується (пп. 242.1.1 ПКУ). Однак щодо установок з кодом УКТ ЗЕД 8502 зроблено тимчасовий виняток – на період під час воєнного стану та 30 днів після його скасування такі установки не вважаються стаціонарними джерелами. Код УКТ ЗЕД 8502 – це електрогенераторні установки та обертові електричні [35].

4.3 Розрахунок зниження вартості сировини

Виробнича програма підприємства ВАТ «Ладизинський завод силікатної цегли» становить 1млн од. цегли / рік. Лицьової цегли випускають 35-40% щорічно. Звідси виробнича програма по лицьовій цеглі становить:

$$ВП = 0,4 \cdot 1000000 = 400000 \text{ од/рік}$$

Стандартна маса однієї цеглини 4,3 кг. Усадка в процесі виготовлення становить в середньому 10%. Звідси мага сировини для виконання виробничої програми:

$$M \text{ сировини} = 4,3 \cdot 400000 \cdot 0,1 = 172000 (\text{кг}) = 172 \text{ т}$$

Визначимо витрати на сировину композиту за типовою і розробленою рецептурою, скориставшись даними таблиці 3.1:

Таблиця 4.1 – Вартість сировини для виготовлення цегли лицьової

Складові композиту	Типовий склад			Досліджуваний склад		
	Назва	Маса, т	Ціна, грн/т	Назва	Маса, т	Ціна, грн/т
Основний компонент	Глина будівельна	92	100	Глина будівельна	86	100
Високотемпературний спіснювач	Пісок	34,4	150	Пісок	17,2	150
Вигораючий спіснювач	Зола	17,2	250	Зола-винос ТЕС	34,4	110
Пластифікатор	Каолін	25,8	2400	Відпрацьований бентоніт	34,4	80
Пігмент	Оксиди заліза	2,6	850	-		

* ціни вказані з врахуванням транспортних витрат

Розраховуємо економію по сировинним ресурсам:

$$B1 = 92 \cdot 100 + 34,4 \cdot 150 + 17,2 \cdot 250 + 25,8 \cdot 2400 + 2,6 \cdot 860 = 82790 (\text{грн})$$

$$B2 = 86 \cdot 100 + 17,2 \cdot 150 + 34,4 \cdot 100 + 34,4 \cdot 80 = 17372 (\text{грн}).$$

Звідси економія по сировині становить:

$$E = 82790 - 17372 = \underline{65418} (\text{грн/рік}).$$

Можливість зниження енергетичних витрат внаслідок використання більшого обсягу золи в складі композиту теоретично обґрунтована, однак не досліджувалась, тому розрахунок економії по даній статті собівартості не приведено.

4.4 Розрахунок розміру відведеного екологічного збитку внаслідок утилізації техногенних відходів

Відведений екологічний збиток полягає в тому, що відходи – зола ТЕС і бентоніт, насичений іонами важких металів – помірно небезпечні, що належать до III класу небезпечності запропоновано не розміщувати на звалищах, або промислових майданчиках промислових підприємств, а ефективно утилізувати в складі композиту для виготовлення керамічної лицьової цегли.

Суми податку, який справляється за розміщення відходів (Прв), обчислюються виходячи з фактичних обсягів розміщення відходів, ставок податку та коригуючих коефіцієнтів за формулою:

$$\text{Прв} = \sum_{i=1}^n (\text{Нпі} \times \text{Млі} \times \text{Кт} \times \text{Ко}), \quad (4.3)$$

де Нпі — ставки податку в поточному році за тону і-того виду відходів у гривнях з копійками;

Млі — обсяг відходів і-того виду в тонах (т);

Кт — коригуючий коефіцієнт, який враховує розташування місця розміщення відходів і який наведено у п. 246.5 ПКУ;

Ко — коригуючий коефіцієнт, що дорівнює 3 і застосовується у разі розміщення відходів на звалищах, які не забезпечують повного виключення забруднення атмосферного повітря або водних об'єктів [35]. При розрахунку зробимо припущення, що всі відходи розташовують на спеціально обладнаному звалищі, тому Ко=1.

Визначимо масу відходів III класу небезпечності, які можливо утилізувати при виробництві 400000од. цегли лицьової ВАТ «Ладжинський завод силікатної цегли» за рік:

$$M \text{ відходів} = 34,4 + 34,4 = 68,8 \text{ т}$$

Ставки екологічного податку за розміщення відходів у навколишньому середовищі у 2023 році представлені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Ставки екологічного податку 2023

СТАВКИ ЕКОЛОГІЧНОГО ПОДАТКУ 2023			
(за розміщення відходів, ст. 246 ПКУ)			
Вид відходів	Клас небезпечності	Ставка податку,	
		грн/т	грн / /одиницю
відходи, які:	I	1546,22	–
• надзвичайно небезпечні, у т. ч.:			
приладдя, що містить ртуть або елементи, які мають іонізуюче випромінювання		–	952,02
люмінесцентні лампи		–	16,57
• високонебезпечні	II	56,32	–
• помірно небезпечні	III	14,12	–
• малонебезпечні	IV	5,50	–
малонебезпечні нетоксичні відходи гірничої промисловості	–	0,54	–
відходи без класу небезпечн (п. 246.3 ПКУ)	–	1546,22	–

За формулою 4.3 розраховуємо суму відведеного екологічного збитку:

$$ZE = 68.8 \cdot 14,12 \cdot 1 = \underline{971,46 \text{ (грн/рік)}}.$$

ВИСНОВКИ

Важливим напрямом ресурсоенергозбереження цегельного виробництва є використання техногенних відходів у складі композиту. Використання відходів золи-виносу ТЕС і бентоніту, що був використаний при очищенні стічних вод від іонів важких металів, дозволить скоротити витрати сировини, енергоресурсів на випал виробів та знизить собівартість продукції.

Оптимальний вміст золи-виносу визначено 15-20% від загальної маси виробу-сирця при подальшій температурі випалу 1000⁰С. За таких умов теплопровідність готових виробів становить 0,76 Вт/м•⁰С, водопоглинання – 13%, а межа міцності на стиск – 125 кг/см².

Використання відпрацьованих бентонітів, насичених іонами хрому до 20% у складі композиту дозволить одержати лицьову цеглу заданого кольору без додаткового використання пігменту.

В магістерській кваліфікаційній роботі на прикладі ВАТ «Ладжинський завод силікатної цегли» досліджено вплив шкідливих забруднюючих речовин на навколишнє середовище під час процесу виготовлення цегли.

1. Наведено загальну характеристику Ладжинського заводу силікатної цегли. Розглянуто технологічний процес виробництва цегли.
2. Наведено характеристику основних забруднюючих речовин під час виробництва силікатної цегли.
3. Запропоновано природоохоронні заходи щодо зменшення шкідливого впливу підприємства на навколишнє природне середовище.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білявський Г. О., Бутченко Л. І., Навроцький В. М. Основи екології: теорія та практикум. Навч. посібник. – К.: Лібра, 2002. – 352 с.
2. Кучерявий В. П. Екологія. – Львів: Світ, 2001. – 500 с.
3. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навч. посіб. – К.: Т-во “Знання”, КОО, 2000. – 203 с.
4. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К. Будівельне матеріалознавство. – К: ТОВ УАВК «Екс Об», 2004.-302с.
5. Гоц В.І. Бетони і будівельні розчини. – К.: КНУБА, 2004.-254с.
6. Гутаревич Ю. Ф., Зеркалов Д. В. та ін. Екологія автомобільного транспорту. Навч. Посібник. – К.: Основа, 2002. – 312 с.
7. Агенція місцевого економічного розвитку. м. Ладижин. Режим доступу <https://amerlad.wordpress.com/>
8. Perez-Villarejo L., Corpas-Iglesias F. A., Martinez-Martinez S., Artiaga R., Pascual-Cosp J. Manufacturing new ceramic materials from clay and red mud derived from the aluminium industry //Construction and Building Materials. – 2012. – V. 35. – P. 656–665
9. Хімічна технологія тугоплавких неметалевих та силікатних матеріалів. Дипломний проект бакалавра [Текст]: метод. вказівки для студ. напряму підготовки «Хімічна технологія» / Уклад.: Ю.М. Величко, М.М. Племянніков, С.О. Бондаренко. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 71 с.
10. Химия поверхности кремнезёма. / под. ред. А. А. Чуйко. Киев: УкрИТЭИ, 2001. Ч.1,2. 1236 с
11. Клименко Л.П. Техноекологія. Навч. Посібник. –Миколаїв:Таврія, 2000. – 526 с.
12. Колосюк Д.С., Зеркалов Д.В. Експлуатаційні матеріали. – К.: Арістей, 2007. – 244 с.
13. Sutcu M., Alptekin H., Erdogmus E., Er Y., Gencel O. Characteristics of fired clay bricks with waste marble powder addition as building materials // Construction and Building Materials. – 2015. – V. 82. – P. 1–8

14. ДСТУ Б В.2.7-61:2008 Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови. Затв. Наказом Мінрегіонбуду України від 25.12.2008р. №639. Початок дії 01.01.2010

15. ДСТУ Б А.1.1-17-94 ССНБ Вироби керамічні кислототривкі, каналізаційні та дренажні. Терміни та визначення. Затв. Наказом Мінбудархітектури України від 12.04.1994 р. № 83. Початок дії 01.01.1995.

16. ДСТУ Б В.2.7-187:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск. Затв. Наказом Мінрегіонбуду України від 01.12.2009 р. № 543. Початок дії 01.08.2010.

17. Лукінюк М. В. Технологічні вимірювання та прилади: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М.В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 436 с.: іл. – Бібліогр.: с. 427–428. – 200 пр. – ISBN 978-966-622- 247-6.

18. Д.А. Плугін, О.С. Борзяк. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Будівельні матеріали». Х:УДАЗТ, 2015.-75с.

19. Pérez-Villarejo L., Martínez-Martínez S., Carrasco-Hurtado B., Eliche-Quesada D., Ureña-Nieto C., Sánchez-Soto P. J. Valorization and inertization of galvanic sludge waste in clay bricks // *Applied Clay Science*. – 2015. – V. 105–106. – P. 89–99

20. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології» / М.В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с.: іл. – Бібліогр.: с. 230–231. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-287-2.

21. Naganathan S., Mohamed A. Y.O., Mustapha K. N. Performance of bricks made using fly ash and bottom ash // *Construction and Building Materials*. – 2015. – V. 96. – P. 576–580.

22. Дворкин Л.И., Шестаков В.Л., Пашков И.А., Дымчук А.П. Отходы химической промышленности в производстве строительных материалов. – К.: Будивельник, 1986. – 128с.

23. І.М. Петрушка, М.С. Мальований. Природні мінерали для використання в природоохоронних технологіях. Ефективні шляхи модифікування // Хімічна промисловість України. – 2012. – №5(112). – С. 64–67.

24. Петрушка І.М., Захарко Я.М., Королько С.В., Використання відпрацьованих природних сорбентів, насичених барвниками, у будівельній галузі. // Вісн. Нац. ун-ту Львівська політехніка – Хімія, технологія речовин та їх застосування. –2009. –№612. –С.189-191.

25. І. М. Петрушка, О. Д. Тарасович. Використання відпрацьованих сорбентів для виробництва будівельних матеріалів // Вісник Національного університету Львівська політехніка. Теорія і практика будівництва. – 2013. – 755. – С.305-308.

26. G.V. Sakalova, T.M.Vasylynych, N.O. Koval, V.A. Kashchei. Investigation of the metod of chemical desorption for exstraction of nikel ions (II) from bentonite clays // Enviromental problems. – 2017. –Vol. 2– No. 4. – P.187-190.

27. Г.В. Сакалова Очищення стічних від іонів хрому природними дисперсними сорбентами. Технологічні аспекти. // Вісник ХНУ. –2018. – №6(267). – С.109-115.

28. Ihor Bordun, Tamara Vasylynych, Myroslav Malovanyu, Halyna Sakalova, Liudmyla Liubchak, Liubov Luchyt. Study of adsorption of differently charged dyes by carbon adsorbents // Desalination and water treatment. –2023. –288(2023). –151-158.

29. Myroslav Malovanyu, Olga Palamarchuk, Iryna Trach, Halyna Petruk, Halyna Sakalova, Khrystyna Soloviy, Tamara Vasylynych, Ivan Tymchuk, Nataliya Vronska. Adsorption Extraction of Chromium Ions (III) with the Help of Bentonite Clays. // Journal of Ecological Engineering. –2020. –21(7). –P.178–185.

30. Василінич Т.М., Коваль Н.О. Проблема застосування використаних сорбентів: регенерація чи утилізація. Збірник наукових праць ВДПУ Актуальні питання географічних, біологічних і хімічних наук. – 2017. – Вип. 14(19). – С. 120.

31. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В., Сакалова Г.В. Технології захисту навколишнього середовища. Ч.1. Захист атмосфери. Cherson: «Одді-плюс», 2019. __ 432с.

32. Сакалова Г.В., Василінич Т.М., Петрук Г.Д., Трач І.А. Оцінка ефективності використання відпрацьованого глинистого сорбенту: Колективна монографія. «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування». – Lwow: «ТзОВ ЗУКЦ», 2020.– 649. – С.364-376.

33. Сакалова Г.В., Василінич Т.М., Петрук Г.Д. Вдосконалення методів очищення стічних вод від іонів хрому. Перспективні матеріали та інноваційні технології: біотехнологія, прикладна хімія та екологія: колективна монографія. Київ: «Світ Успіху», 2020. 492с.

34. Хвесик М.А., Рогач С. М., Кулаєць М. М., Ільків Л. А., Авраменко Т. П.. Економіка природокористування: Підручник / За ред. д-ра. екон. наук, проф., академіка НААН України Хвесика М. А. – К.: Аграр Медіа Груп, 2013.- 334с.

35. Екологічний податок за розміщення відходів. Режим доступу: https://oblikbudget.com.ua/article/133-ekologchniy-podatok#anc_4

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬНазва роботи: Використання відходів у виробництві будівельних матеріалівТип роботи: магістерська кваліфікаційна роботаПідрозділ екології, хімії та технологій захисту довкілля

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 87,2%Схожість 12,8%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

Матусяк М.В.

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи

Автор роботи

Сидоренко А.А.

Керівник роботи

Сакалова Г.В.

Додаток Б

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ У ВИРОБНИЦТВІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

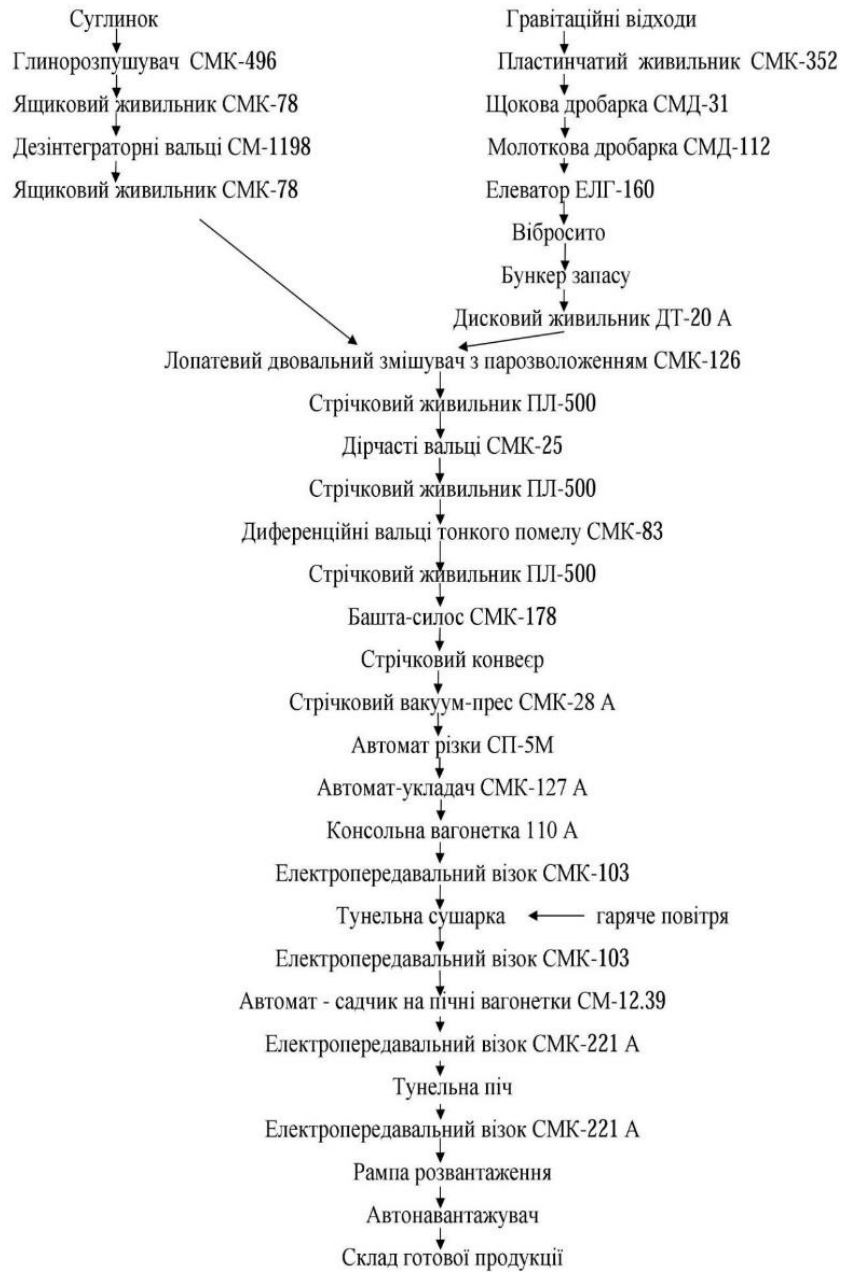
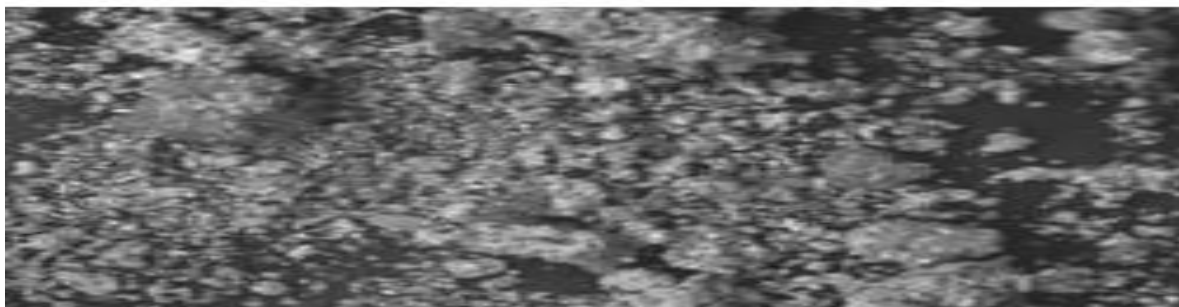
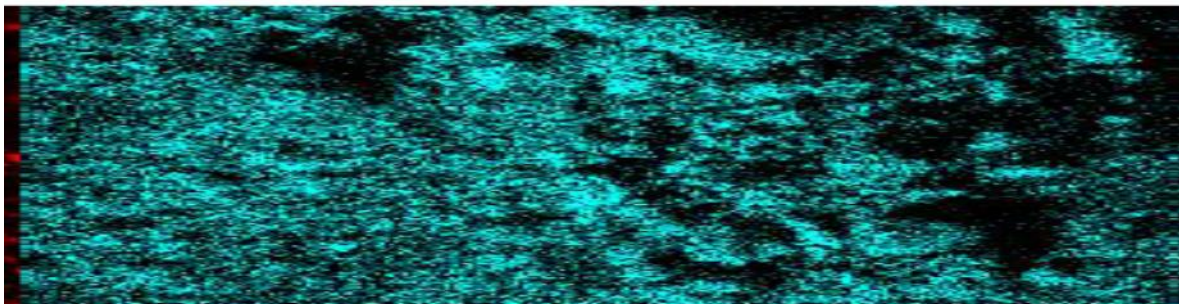


Рисунок Б.1 – Технологічна схема виробництва керамічної цегли з використанням дрібнодисперсного карбону

1



2



3

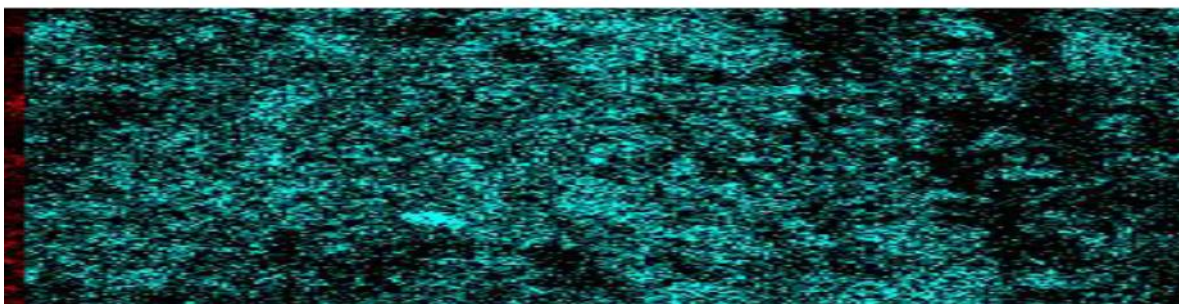


Рисунок Б.1 – Структура бентоніту:

1 – бентоніт,

2- бентоніт з вмістом іонів Cr⁺³

3 – бентоніт з вмістом іонів Cr⁺³, прожарений при температурі 1000⁰С

Таблиця Б.3 – Фізико-механічні характеристики керамічної цегли при різному вмісту золи та різній температурі випалу

Вміст золи, %	Теплопровідність, Вт/м °С				Водопоглинання, %				Межа міцності на стиск, кг/см ²			
	Температура, °С				Температура, °С				Температура, °С			
	700	800	900	1000	700	800	900	1000	700	800	900	1000
0	0,84	0,85	0,85	0,85	11	10	9	8	60	80	90	110
5	0,83	0,84	0,82	0,85	17	17	15	10	70	96	100	115
10	0,83	0,81	0,82	0,81	18	18	16	12	72	104	110	120
20	0,77	0,79	0,74	0,76	20	19	17	13	75	106	115	125
25	0,55	0,6	0,57	0,61	27	25	20	18	65	85	95	110

Таблиця Б.4 – Ставки екологічного податку 2023

СТАВКИ ЕКОЛОГІЧНОГО ПОДАТКУ 2023			
(за розміщення відходів, ст. 246 ПКУ)			
Вид відходів	Клас небезпечності	Ставка податку,	
		грн/т	грн / /одинацю
відходи, які:	I	1546,22	–
• надзвичайно небезпечні, у т. ч.:			
приладдя, що містить ртуть або елементи, які мають іонізуюче випромінювання		–	952,02
люмінесцентні лампи		–	16,57
• високонебезпечні	II	56,32	–
• помірно небезпечні	III	14,12	–
• малонебезпечні	IV	5,50	–
малонебезпечні нетоксичні відходи гірничої промисловості	–	0,54	–
відходи без класу безпеки (п. 246.3 ПКУ)	–	1546,22	–