

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

(повне найменування інституту, факультету)

КАФЕДРА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КЕРАМІКИ ТА СКЛА

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____

Б.Ю.

Корнілович

(підпис)

(ініціали,

прізвище)

« ____ » _____ 2018 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»
(код та назва спеціальності)

за спеціалізацією «Хімічні технології неорганічних керамічних матеріалів»

на тему _____

Виконав: студент _____ курсу, групи _____

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультанти:

_____ (назва розділу) _____ (вчене ступінь та звання, прізвище, ініціали) _____ (підпис)

_____ (назва розділу) _____ (вчене ступінь та звання, прізвище, ініціали) _____ (підпис)

_____ (назва розділу) _____ (вчене ступінь та звання, прізвище, ініціали) _____ (підпис)

Рецензент _____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань

Студент _____ (підпис)

Київ - 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
(повне факультету)

КАФЕДРА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КЕРАМІКИ ТА СКЛА
(повна назва кафедри)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

за **освітньо-професійною** програмою

Спеціальність – 161 «Хімічні технології та інженерія»

Спеціалізація – «Хімічні технології неорганічних керамічних матеріалів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Корнілович

прізвище)

(підпис)

(ініціали,

«__» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

1. Тема дисертації _____

науковий керівник дисертації _____

затверджені наказом по університету від «07» листопада 2018 р. № 4099-с

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження _____

4. Предмет дослідження _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити _____

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу _____

7. Орієнтовний перелік публікацій

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	Тюленєва Ю. В., доцент		
	Полукаров Ю. О., доцент		
	Бородін В. І., асистент		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Студент

_____ (підпис) _____ (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис) _____ (ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається з: __ сторінок, __ рисунків, __ таблиць, __ літературних джерел.

Мета роботи – підвищення якості рядової керамічної цегли шляхом покращення формувальних властивостей керамічної маси за рахунок введення відходів вуглезбагачення.

Актуальність теми магістерської дисертації на здобуття ступеня магістра «Виготовлення рядової керамічної цегли: покращення властивостей формувальної маси» обумовлена необхідністю створення виробів покращеної якості.

КЕРАМІЧНА ЦЕГЛА, ВІДХОДИ ЗБАГАЧЕННЯ ВУГІЛЛЯ,
ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ, ФОРМУВАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ.

ABSTRACT

Explanatory note: __ p.; table ____; ____ links; __ app.

The goal of of the work is to improve the quality of ordinary ceramic bricks by improving the molding properties of the ceramic mass due to the introduction of corrosive waste.

The urgency of the theme of the master's thesis for master's degree "Production of ordinary ceramic bricks: improvement of the properties of molding mass" due to the need to create products of improved quality.

CERAMIC BRICK, COAL WASTE, TECHNOLOGICAL LINE,
FORMING PROPERTIES.

ЗМІСТ

ВСТУП	
1 АНАЛІЗ СТАНУ ВИРОБНИЦТВА КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ В УКРАЇНІ	
1.1 Характеристика сучасних технологій виготовлення керамічної цегли ..	
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	
2.1 Вибір та обґрунтування точки будівництва	
2.2 Асортимент та вимоги діючих стандартів до продукції	
2.3 Характеристика сировини	
2.3.1 Характеристика суглинку	
2.3.2 Характеристика гравітаційних відходів вуглезбагачення	
2.4 Обґрунтування та опис технологічної схеми	
2.5 Матеріальний баланс виробництва	
2.6 Розрахунок основного тепло-технологічного агрегату.....	
2.6.1 Розрахунок горіння палива	
2.6.2 Розрахунок основних розмірів тепло-технологічного агрегату.....	
2.6.3 Тепловий баланс тунельної печі.....	
2.6.4 Розрахунок аеродинамічних параметрів	
2.7 Генеральний план підприємства	
2.7.1 Вибір та розрахунки кількості основного технологічного обладнання	
2.7.2 Розрахунок габаритних розмірів складу та підбір складського обладнання	
3 КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА І АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ	
3.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації	
3.2 Опис розробленої схеми автоматизації.....	
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
4.1 Охорона праці	
4.1.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів. Заходи з охорони праці	
4.1.1.1 Повітря робочої зони	

4.1.1.2	Виробниче освітлення.....
4.1.1.3	Захист від виробничого шуму та вібрацій.....
4.1.1.4	Електробезпека.....
4.2	Безпека в надзвичайних ситуаціях
4.2.1	Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання
4.2.2	Пожежна безпека
4.2.3	Аналіз небезпеки об'єкта, що проектується
5	СТАРТАП-ПРОЕКТ.....
5.1.	Резюме: конкретизація бізнес-ідеї, мети стартапу, об'єкту дослідження, місця розробки у інноваційному ланцюжку цінності.....
5.2	Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу.....
5.3	Визначення ключових факторів успіху проекту
5.4	Визначення потенційних споживачів
5.5	Ціна інноваційної пропозиції на ринку
5.6	Аналіз джерел фінансування стартапу
5.7	Концепція бізнес-моделі проекту та карта бізнес-процесів реалізації проекту
5.8	Ризики розробки та методи управління ними
	ВИСНОВКИ.....
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....
	ДОДАТКИ.....

ВСТУП

Керамічна цегла представляє собою матеріал, що отримують шляхом спікання легкоплавких глин з різноманітними домішками. Вона знаходить широке застосування при будівництві об'єктів різного призначення. При великому розмаїтті енергозберігаючих матеріалів керамічна цегла завжди зберігає свої позиції завдяки поєднанню цінних властивостей таких як міцність, довговічність та екологічність.

В сучасних умовах рядова керамічна цегла зазвичай застосовується в якості кладки в енергоефективних спорудах. Тому перед виробниками керамічної цегли постає питання покращення якості та розширення її асортименту.

Для постійного збільшення попиту в сучасних умовах конкуренції на будівельному ринку необхідним є постійне розширення асортименту керамічної цегли, покращення фізико-технічних властивостей та, найголовніше, забезпечення конкурентної здатності за ціною. Забезпечити конкурентну здатність може використання відходів промисловості в якості розширення сировинної бази.

Направленість українського ринку будівельних матеріалів на внутрішнє споживання і невисока ціна української цегли в порівнянні з імпортною обумовлює актуальність теми магістерської дисертації, яка стосується випуску рядової керамічної цегли з покращеними формувальними властивостями.

Головними орієнтирами в розвитку цегельної промисловості є:

- розробка нових та покращення вже існуючих технологічних процесів;
- застосування сучасного обладнання та максимальна автоматизація виробничих ліній;
- зменшення енерго- та матеріалоемності виробництва і, відповідно, зменшення капіталовкладень та собівартості продукту.

Основною сировиною для виробництва керамічної цегли є глини, поклади яких достатньо поширені на території України. В якості домішок використовують відходи промисловості, що позитивно впливає на екологічний стан навколишнього середовища і зменшує собівартість готової продукції.

Магістерська дисертація виконувалась з метою підвищення якості рядової керамічної цегли шляхом покращення формувальних властивостей керамічної маси за рахунок введення відходів вуглезбагачення.

1 АНАЛІЗ СТАНУ ВИРОБНИЦТВА КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ В УКРАЇНІ

Ринок будівельних матеріалів в світі і в Україні розвивається швидкими темпами, породжуючи нові сучасні матеріали. Не зважаючи на це, керамічна цегла залишається найбільш поширеним будівельним матеріалом. Майже в половині всіх споруд використовується рядова керамічна цегла завдяки її довговічності та екологічності.

Вітчизняні компанії-забудовники найчастіше використовують цеглу українського виробника, оскільки це знижує собівартість будівництва. Таким чином український ринок цегли орієнтований більшою мірою на внутрішнього споживача. Це пояснюється тим, що українська цегла є дешевшою за імпорту, оскільки відсутні витрати на міжнародні перевезення і розмитнення продукції.

На території України налічується близько 200 виробників цегли. З них найбільшими учасниками ринку, є наступні:

ПрАТ «Слобожанська Будівельна Кераміка» – найбільший в Україні виробник облицювальної цегли та поризованих керамічних блоків.

Виробничі потужності компанії складаються з двох заводів: в місті Ромни (Сумська область) та селі Озера (Київська область), сумарна потужність становить 180 млн. шт. цегли в рік. Компанія має власну сировинну базу з 4-х кар'єрів, що розміщені в різних областях України, що дозволяє здійснювати безперервні поставки глини в повному обсязі.

ПрАТ «Роздільський керамічний завод» (ТМ «Євротон»). Підприємство розташоване у Львівській області, використовує сучасне обладнання та технології. Займається виробництвом керамічної будівельної цегли, блоків для мурування.

ТОВ «Керамейя». Українське підприємство, що спеціалізується на виробництві клінкерної керамічної цегли, клінкерної керамічної бруківки та поризованих керамічних блоків.

ТОВ «АПБ-цегла». Орієнтоване на виробництво лицьової цегли. Потужність виробництва 35 млн. шт. цегли в рік на базі власної сировини.

ТОВ «Білоцерківські будматеріали» виготовляє широкий асортимент керамічної цегли, клінкер, фігурну цеглу та керамічний камінь.

ТОВ «Альтком-Керам». Підприємство розташоване в Донецькій області на території, підконтрольній українському уряду.

Сфера діяльності компанії – виробництво та реалізація облицювальної керамічної цегли .

ТОВ «Керамбуд» – один із найпотужніших виробників цегли в Західній Україні. Випускає пустотілу керамічну цеглу та пустотілі керамічні блоки.

Основним споживачем керамічної цегли є внутрішній будівельний ринок України, в порівнянні з яким об'єми експорту та імпорту є незначними. Так в 2016 році з вироблених 3 499 000 т блоків і цегли було експортовано лише 27 944 т, що становить менше 1%, аналогічно і частка імпорту не перевищила 1%. Зовнішня торгівля обмежується найближчими до України країнами [1].

1.1 Характеристика сучасних технологій виготовлення керамічної цегли

Для виробництва керамічної цегли зазвичай використовують метод пластичного формування або напівсухого пресування.

Метод пластичного формування цегли передбачає приготування глиняної маси з вмістом вологи від 18 до 22 %. Сировиною для виготовлення цегли є глини та суглинки. Також використовуються різні добавки, вміст яких може сягати 30 %.

Спочатку з глини видаляють великі кам'яні включення, після цього подрібнюють її на вальцях та змішують з раніше підготованими добавками з додатковим зволоженням до формувальної вологості: 18-22 %. Волога маса потрапляє в прес, за допомогою якого формується глиняний брус.

Сформований брус розрізається на окремі вироби – цеглу-сирець. Випалювати таку цеглу одразу не можна тому, що через великий вміст вологи цегла може потріскатися. Тому спочатку цеглу-сирець сушать до вологості 3-6 %. Після завершення сушки цеглу складають на пічні вагонетки та випалюють в печах.

На виході з печі ми отримуємо каменеподібне тіло, що володіє водостійкістю, міцністю, стійкістю до різких перепадів температури тощо.

На відміну від методу пластичного формування, при виготовленні цегли методом напівсухого пресування кількість вологи в глиняній масі не перевищує 8 %, що дає можливість виключити фазу сушки із технологічної схеми і одразу перейти до випалу.

З попередньо підготованої глини готують прес-порошок. Для цього використовують два способи: шкілерний та сушильно-помольний.

Сушильно-помольний метод передбачає подрібнення, сушку в сушильному барабані, помел, просів та зволоження глиняної маси паром. Після всіх цих технологічних операцій готовий порошок підлягає вилежуванню в бункерах для вирівнювання вологості.

Шлікерний спосіб передбачає розпуск глини гарячою водою в шлікер, вологість якого складає 40-45 %. Для вилучення дрібних каменів шлікер закачують в дугові сита під тиском, а потім зливають в шламбасейни. Зі шламбасейну шлікер потрапляє в розпилювальні сушарки, де його вологість знижується до 10 %. Через контрольне сито шлікер відправляється в витратний бункер.

Прес-порошок, отриманий шлікерним способом, володіє вищою якістю. Збільшується вологісна однорідність і майже відсутні пилоподібна фракція.

Після стадій підготовки прес-порошок пресують, в деяких випадках сушать, та випалюють.

Вироби, що отримують методом напівсухого пресування, мають низький опір на згин, володіють збільшеною водопроникністю, низькою

морозостійкістю. Також при такому виробництві цегли необхідна більш висока температура випалу. Необхідно враховувати великі втрати на брак (10-20 %), хоча геометричні характеристики такої цегли на високому рівні.

Слід зазначити, що для методу напівсухого пресування підходить не кожна глина. Сировиною можуть слугувати глини низької та середньої пластичності. Найкращі результати отримують при використанні глин середньої пластичності, а також сланцевих глин [2].

Вище було наведено дві типові технології виробництва керамічної цегли. Однак, з розвитком ринку та вимог споживачів, виникає потреба у впровадженні інноваційних методів підготовки глиняної маси задля покращення експлуатаційних характеристик продукції.

Далі ми розглянемо приклади таких методів та вплив їх використання на якість цегли.

Якість готової цегли прямопропорційна якості обробки сировини та глиняної маси на стадії підготовки. Зазвичай на даному етапі використовують від 6 до 10 перероблюючих машин: глинорозпушувач, дезінтеграторні вальці, дірчасті вальці, вальці тонкого помелу, бігуни, глиномішалки тощо.

Проте дана нагромадженість технологічної лінії може призвести до зниження надійності всієї технологічної лінії та підвищення витрати електроенергії, що відобразиться на вартості готової продукції.

Тому створення обладнання з багаторазовим впливом на глину, що зможе замінити технологічну лінію підготовки сировини є дуже актуальним.

Вчені з Інституту Нових Технологій та Автоматизації промисловості будівельних матеріалів запропонували нову установку «КАСКАД», яка включає в себе всі етапи підготовки глиняної маси.

В ході експериментальних досліджень було виявлено значне покращення властивостей сировини, а значить і готової продукції, після обробки на установці «КАСКАД». Спостерігався приріст пластичності маси, зниження чутливості до сушіння, збільшення міцності на стиск [3].

Сьогодні найбільш важливою проблемою є утилізація відходів промисловості та ефективне використання природних ресурсів.

Одним із найбільш поширених напрямків утилізації відходів є отримання на їх основі керамічних будівельних матеріалів. Це впливатиме не лише на екологічну сферу, але і на економічну, оскільки вартість відходів менша, ніж природної сировини.

Число досліджень на тему використання відходів в якості домішок в керамічні маси при виготовленні виробів постійно зростає.

Проводяться дослідження можливості використання в якості добавки шламу, що утворюється при очищенні питної води, який складається на 70 % з аморфного Fe_2O_3 . Було виявлено, що даний шлам може бути використаний як пігмент, що надає виробу більш інтенсивний червоний колір, за рахунок високого вмісту Fe_2O_3 [4].

Досліджено можливість застосування відходів гальванічного виробництва. Вони являють собою осади, що утворюються при обробці стічних вод, мають значний потенціал для використання в цегляній промисловості. Включення до маси 5 мас. % такого шламу зменшувало лінійну усадку та відкриту пористість, тому цегла володіє відмінними механічними властивостями. Також дослідники визначили, що важкі метали (Cr, Zn, Ni), що знаходяться в шламі, під час випалу переходять в стійкі сполуки в складі кераміки [5].

Велику кількість публікацій присвячено залученню до виробництва керамічних будівельних матеріалів хвостів збагачення руд, пісків відсіву, шкалів.

Встановлено можливість використання домішок нанокристалічного алюмінієвого шлаку з метою покращення термічних властивостей кераміки. Це дозволяє отримати цеглу з покращеними теплоізоляційними властивостями [6].

Було розглянуто практику введення до цегли сталюого шлаку. Встановлено, що додавання шлаку знижує температуру випалу, а якість цегли залишається майже без змін [7].

Було оцінено можливість використання відходів виробництва борної кислоти в якості добавки для покращення властивостей цегли. Було встановлено, що зразки цегли, що містили 10 мас. % такої добавки, проявляли найбільшу міцність на стиск [8].

Чимало робіт присвячено використанню шламів хіміко-металургійних виробництв.

Показано, що при додаванні до глиняної маси 50 % червоного шламу, спостерігається збільшення міцності на стиск [9].

Велика кількість статей присвячена застосуванню органічних відходів для отримання будівельної кераміки.

Так, було наведено 10-річний досвід отримання керамічних будівельних матеріалів з додаванням шламу целюлозно-паперової промисловості [10].

Дослідження показали, що збільшення вмісту паперового шламу в глиняній масі надає матеріалу покращену тепло- та звукоізоляцію та підвищену пластичність, хоча і знижує його механічну міцність.

Описано композиції на основі червоної глини з використанням шламу паперової промисловості та склобою для отримання кераміки. Керамічні матеріали продемонстрували більш високі фізико-механічні властивості у порівнянні з матеріалами зі 100 % глини [11].

Було отримано пористу та легку цегли зі зниженою теплопровідністю з додаванням залишків переробки паперу.

Результати показали, що використання таких добавок знижує густину цегли, збільшує міцність та стиск та зменшує теплопровідність цегли більше ніж на 50 % [12].

Досліджено маси з використанням різних пороутворюючих компонентів (тирса, зола, відходи целюлозно-паперового та цукрового

виробництва в кількості до 10 %). Було встановлено, що дані добавки покращують теплоізоляційні характеристики матеріалів [13].

Вивчено зниження водопоглинання лицьової цегли за рахунок використання гранульованого доменного шлаку. Таке зниження водопоглинання засноване на процесі спікання, що буде відбуватися в масі.

Для зниження коефіцієнта теплопровідності керамічної цегли було запропоновано масу, що містить глину, гранульований доменний шлак та тонкомелений бій бетону. Результат досягається тим, що низькоосновні гідросилікати бою бетону при випалі переходять у воластоніт та видаляється хімічно зв'язана вода, що додає додаткову систему мікропор [14].

Застосування гранульованого доменного шлаку дозволяє покращити сушильні властивості сирцю, знизити усадку [15].

Розроблено керамічну масу, що містить спіснювач – купершлак, попередньо оброблений потоком пришвидшених електронів. При температурі випалу 1000 °С досягається підвищення міцності на згин.

Таке підвищення пояснюється тим, що при електронній обробці купершлаку на його поверхні утворюються активні центри, що сприяють зв'язуванню частинок шлаку та глиняної матриці за донорно-акцепторним механізмом [16].

Введення пилу газоочистки електрометалургійного виробництва покращує формувальні властивості керамічної маси, збільшує її пластичність.

За рахунок присутності в керамічній масі флотаційних відходів вуглезбагачення збільшується спіклівість черепка, збільшується міцність [17].

Було розглянуто можливість утилізації відходів трахітів, шляхом їх застосування у виробництві цегли [18].

Було виявлено, що лужні польові шпати в трахіті виявляються активними флюсами, що сприяє збільшенню компактності глиняної матриці.

Встановлено, що додавання трахіту надає достатні технічні характеристики вже при 900 °С, що дозволяє знизити температуру випалу.

Досліджено вплив відходів алюмінієвих заводів на властивості цегли: летуча зола та червоний шлам. Виявлено, що дані добавки покращують пористість та теплоізоляційні властивості виробів [19].

Також проводились дослідження з отримання супергідрофобної цегли. Така властивість зможе призвести до зменшення забруднення поверхні.

Для цього на поверхню цегли наносили золь, що містив силікат натрію, гексадецилтриметоксисилан та щавлеву кислоту. Після висихання золю кут контакту води значно збільшувався і залишався майже не змінним в суворих умовах [20].

Питання зменшення втрат енергії в будівлях є досить актуальним, тому було досліджено можливість виготовлення теплоізоляційної цегли на основі перліту, природного цеоліту, подрібненого гранульованого доменного шлаку та глини. Було встановлено, що цегла, що містить такі добавки, має більш низьку теплопровідність у порівнянні зі стандартною цеглою, і тому може бути використана в якості теплоізоляційного матеріалу [21].

Також вивчалася можливість застосування відпрацьованого скла для покращення фізико-механічних властивостей цегли та зменшення температури випалу.

Дослідження показали, що включення до 10 мас. % відпрацьованого скла та випал при 900 °С зменшує пористість і, відповідно, збільшує міцність цегли [22].

Аналізувалося використання діатомових залишків в якості сировини для виробництва цегли. Результати експериментів показали, що додавання альтернативних сировинних матеріалів покращує поведінку виробу під час сушки, збільшує відкриту пористість та надає цеглі кращі теплоізоляційні властивості [23].

Нині в світі існує проблема підвищеної концентрації заліза та арсену у воді за рахунок скидання до водостоків відходів промисловості.

Тому робилися спроби включити осад арсену та заліза до керамічної маси. Дослідження показали, що при вмісті такої добавки 6 мас.% міцність на стиск збільшувалась у порівнянні зі звичайною цеглою [24].

Вивчалось додавання деякого проценту наноглини до маси. Додавання нанокаоліну призвело до підвищення міцності на стиск у порівнянні зі звичайною цеглою [25].

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Аналіз українського будівельного ринку показав ефективність, конкурентну здатність та екологічну цінність керамічної цегли. Тому тема магістерської дисертації є актуальною.

Розглянуті літературні джерела показали, що різні відходи виробництва сприяють розширенню сировинної бази виробництва, покращенню екологічного стану та зниженню витрат на виробництво. Ці заходи забезпечують зниження собівартості виготовлення цегли і підвищують її конкурентну здатність.

Запропоновано з метою покращення якості керамічної цегли за рахунок поліпшення формувальної властивості маси використовувати відходи вуглезбагачення.

Аналіз існуючих методів виробництва керамічної цегли показав переваги та недоліки різних способів. Встановлено найбільш ефективним способом виробництва рядової керамічної цегли є пластичний. Наведено можливі інноваційні шляхи для покращення властивостей формувальної маси та зменшення енерговитрат для виробництва.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір та обґрунтування точки будівництва

В основу вибору району будівництва покладена схема районного планування.

Основними умовами, що лежать в основі вибору точки будівництва та розробки схем районного планування, є:

- наближеність виробництва до джерел сировини, палива, водних ресурсів;
- наявність поблизу автомобільних та залізних доріг;
- демографічна ситуація регіону;
- наявність ринку збуту.

Використання відходів окремих галузей важкої індустрії (шлаки в металургійному виробництві, відходи золи в електроенергетиці) призвело до виникнення комплексів підприємств на основі комбінування виробництва будівельних матеріалів з чорною і кольоровою металургією, електроенергетикою та галузями, що виробляють мінеральну сировину.

Використання золи і шлаків теплових електростанцій, відходів вуглезбагачувальних фабрик, металургійного виробництва посилює зв'язки промисловості будівельних матеріалів з галузями важкої індустрії і розглядається як один з головних резервів зростання виробництва продукції.

Враховуючі всі основні умови вибору точки будівництва було вирішено, що підприємство буде побудовано на північно-західній околиці села Бажани, Петропавлівського району Дніпровської області розміром 6,2 га.

Дана точка будівництва була обрана тому, що в цьому районі знаходиться вільна земельна ділянка на околиці села з відносно спокійним рельєфом. Територія не є відведеною під сільськогосподарські угіддя, не є рекреаційною зоною, зоною лісового фонду. Неподалік знаходиться Павлоградське родовище з видобутку вогнетривких і тугоплавких глин, а

також залізнична гілка для поставки сировинних матеріалів.

- Північно-західна околиця с. Бажани Петропавлівського району Дніпровської області;
- Широта $48^{\circ} 24' 32''$ N (48.40889°);
- Довгота $36^{\circ} 07' 23''$ E (36.12306°);
- 30 м на Південний - Захід траса європейського значення E58;
- 230 м на Південний - Захід гілка Придніпровської залізниці;
- 1100 м на Північ річка Самара.

Основна увага при проектуванні заводу буде приділено поліпшенню переробки сировини, автоматизації технологічної лінії, підвищенню якості продукції, що виготовляється.

Економічна доцільність пояснюється тим, що:

- проєктований завод планується побудувати біля населеного пункту, що забезпечить його робочою силою та паливно-енергетичними ресурсами;
- будівництво розташування поруч джерела сировини (Павлоградське родовище), адже його транспортування на великі відстані не рентабельне; неподалік річка Самара значно спростить водопостачання;
- обране місце знаходиться неподалік великої автотранспортної розв'язки (траса E58), поруч також проходить гілка Придніпровської залізниці;
- використання якісного сучасного устаткування дозволить одержувати продукцію високої якості.

Сировина на завод доставляється за допомогою залізничного та автомобільного транспорту. Даний район газифікований, тобто є можливість постачання природним газом від магістрального газопроводу.

Кваліфіковані працівники та інженерно-технічний склад буде набиратися серед мешканців найближчого населеного пункту та сусідніх областей та випускників місцевих навчальних закладів. Вода, придатна для

пиття і для виробничих цілей, надходить на завод з міського системи водопостачання.

Джерелом енергії є міська електромагістраль. Крім того, поруч розташована залізниця, що дозволяє зменшити витрати на доставку сировини. Автомобільні дороги дозволяють використовувати для цих цілей і автотранспорт.

Ще одним вагомим чинником будівництва заводу в цьому населеному пункті є близьке розташування до родовища сировини.

2.2 Асортимент та вимоги діючих стандартів до продукції

Згідно ДСТУ Б В.2.7-61:2008 вироби класифікують за такими основними ознаками:

- призначенням;
- наявністю порожнин;
- міцністю;
- розмірами;
- морозостійкістю;
- середньою густиною;
- теплотехнічними властивостями;
- радіоактивністю.

За призначенням вироби підрозділяють на два види: рядові (Р) і лицьові (Л).

Керамічну цеглу виготовляють двох типів: повнотілою (без порожнин або з технічними порожнинами об'ємом до 13 % для запобігання структурному свілеутворенню) або порожнистою.

Порожнини у виробках можуть розташовуватись як вертикально, так і горизонтально.

Залежно від границі міцності при стиску цеглу виготовляють: марок 75, 100, 125, 150, 170, 200, 250, 300; цеглу та камені з горизонтально розташованими пустотами марок 35, 50, 75, 100.

За морозостійкістю вироби виготовляють марок F-15, F-25, F-35, F-50, F-75, F-100.

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 ділять на п'ять груп:

- 1) високої ефективності (клас середньої густини 0,8);
- 2) збільшеної ефективності (клас середньої густини 1,0);
- 3) ефективні (клас середньої густини 1,2);
- 4) умовно ефективні (клас середньої густини 1,4);
- 5) малоефективні (клас середньої густини 2,0).

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

Пустоти у виробках повинні розташовуватися перпендикулярно (вертикально розташовані) або паралельно (горизонтально розташовані) постелі і можуть бути наскрізними і нескрізними.

Ширина щілиновидних порожнин має бути не більше 16 мм, а діаметр циліндричних наскрізних і розмір сторони квадратних порожнин – не більше 20 мм.

Товщина зовнішніх стінок до порожнин цегли повинна бути не менше 12 мм.

Для рядових виробів вапняні включення, які викликають після пропарювання руйнування виробів або їх поверхонь, або відколи на їх поверхні розміром від 5 мм до 10 мм у кількості більше трьох на одному виробі, не допускаються.

Випалені вироби за кольором повинні відповідати кольору нормального випаленого зразка.

Марку цегли за міцністю установлюють за значеннями границь міцності на стиск і згин.

Водопоглинання рядових виробів, що висушені до постійної маси, повинно бути для повнотілої цегли не менше 8 % за масою, пустотілого – не менше 6 % за масою.

Вироби повинні бути морозостійкими і в насиченому водою стані повинні без ознак видимих пошкоджень (розшарування, лущення, розтріскування, викришування) витримувати 15, 25, 35 і 50 циклів поперемінного заморожування і відтавання для марок за морозостійкістю відповідно F-15, F-20, F-35, F-50.

Маса цегли у висушеному стані повинна бути не більше 4,3 кг [26].

Відповідно до ДСТУ Б В.2.7-60-97 для виробництва цегли застосовують глинисту сировину:

- легкоплавку (частково застосовують і тугоплавку);
- напівкислу або кислу;
- з середнім або високим вмістом Fe_2O_3 , TiO_2 ;
- гідрослюдисту, полімінеральну та частково можуть застосовувати і каолінітову;
- середньо- та низькодисперсну;
- помірнопластичну;
- неспікливу;
- ту, що не спучується [27].

В даній роботі передбачено випуск керамічної рядової цегли нормального формату – одинарна марки 100 з морозостійкістю 25 циклів, густиною – 1240 кг/м^3 , пустотністю – 34%, класом середньої густини – 1,2, теплопровідністю – 0,36-0,46.

Загальний вигляд цегли представлений на рис.2.1.

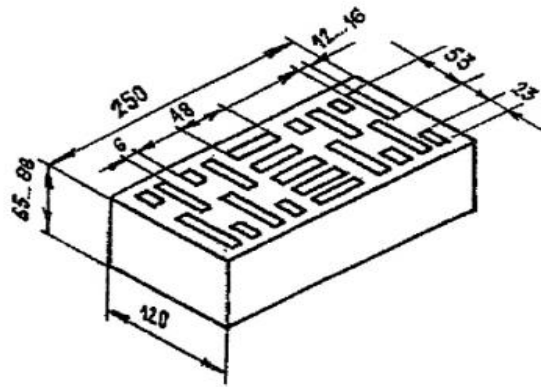


Рисунок 2.1 – Цегла керамічна порожниста

2.3 Характеристика сировини

Для виробництва даного виду керамічної цегли використовується суглинок та гравітаційні відходи вуглезбагачення Павлоградського родовища, Павлоградський район південно-західна частина м. Павлоград. У співвідношенні відповідно суглинку 80 % і гравітаційних відходів вуглезбагачення 20 %.

2.3.1 Характеристика суглинку

Характеристика геологічного розрізу суглинок:

1. Ґрунтово-рослинний шар 0,5 м.
2. Суглинок льосовидний – буро-жовтий 3,2 м.
3. Суглинок темно-сірий 1,3 м.
4. Суглинок льосовидний 2,5 м.
5. Суглинок бурий 4 м.

Хімічний склад і характеристики суглинку представлені в таблиці 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад суглинку

Оксид	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ВПП	С
Вміст, %	65,2	6,6	3,3	9,3	1,9	-	13,7	-

Таблиця 2.2 – Характеристика суглинку

Число пластичності	Формувальна вологість, %	Температура випалу, °С	Повітряна усадка, %	Коефіцієнт чутливості до сушіння	Водопоглинання	Межа міцності, МПа	
						при вигині	при стиску
6,1-14,8	21,9-22	980-1100	9,6	0,7-1,7	11,2-14,0	14,1	18,4

Гранулометричний склад сировини представлений в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Гранулометричний склад сировини

Фракція, мм				
0,25 і більше	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005 і менше
0,1 – 0,2	10,7 – 18,9	29,6 – 40,4	27,5 – 35,9	14,2 – 23,2

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.

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, сульфітно – спиртова барда;
- 5) зміцнююче – флюсуючі домішки – піритні недогарки, відходи скла.

2.3.2 Характеристика гравітаційних відходів вуглезбагачення

Використання відходів збагачення вугілля в якості сировини для виробництва керамічної цегли є дуже ефективним.

Відходи вуглезбагачення отримують після збагачення різноманітного вугілля. Вони являють собою глинисті, сланцеві породи з вмістом горючої частини 10 – 30 %, які відрізняються високою теплотворною здатністю.

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. Вуглевмісні відходи збільшують інтервал спікання легкоплавких глин та міцність виробів [28].

Хімічний склад гравітаційних відходів представлений в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Хімічний склад гравітаційних вуглевідходів

Оксид	C	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ВПП
Вміст, %	8,0	39,6	18,4	8,83	1,34	1,4	3,83	18,6

Мінералогічний склад гравітаційних відходів вуглезбагачення наступний: аргіліт, алеврит, піщаник, кальцит, вугільно-мінеральний зросток. Вологість 5 %. Вміст карбону 8,0 %.

Один з негативних факторів використання вуглевідходів при виробництві цегли – високий вміст в них сірки. Вона негативно впливає на якість виробів – утворення висолів на їх поверхні і кристалогідратів в порах і капілярах, що призводить до збільшення внутрішнього об'єму і руйнування.

Основна причина появи висолів – наявність в сировині водорозчинних сульфатів лужних і лужноземельних металів і сульфатів заліза. Також висоли на поверхні цегли в процесі сушіння і випалу можуть утворюватися внаслідок наявності сірки в паливі, через сірковмісні димові газы, що впливають на поверхню цегли при її сушці або випалі. Приблизно 80 % сірки переходять в димові газы, що надходять в сушарку, що призводить до появи плям на поверхні виробів. Якщо глина навіть не має водорозчинних солей, але містить вапняні домішки, то при сушінні вони, з'єднуючись з сірчанам ангідридом, що знаходиться в теплоносії, утворюють сульфат кальцію, який виступає на поверхні цегли у вигляді білого нальоту [29].

У виробництві стінової кераміки відходи вуглезбагачення використовують як спіснюючу або вигоряючу домішку. Додавання в шихту відходів вуглезбагачення значно покращує формувальні властивості керамічних мас. Введення оптимальної кількості вигоряючої добавки покращує міцність виробів (до 30 – 40 %), призводить до економії палива (до 30 %), збільшує продуктивність печі [28].

2.4 Обґрунтування та опис технологічної схеми

Для виготовлення керамічної цегли використовують метод пластичного формування або напівсухого пресування.

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.

Пластичне формування передбачує додатковий виробничий етап: сушку сирця перед випалом через те, що формувальна вологість глин (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.

Не зважаючи на більшу енергоємність та металоємність виробництва цегли пластичним формування, цей метод дозволяє отримати виріб високої якості.

Технологічна схема виробництва керамічної цегли пластичним способом формування наведена на рис. 2.2.

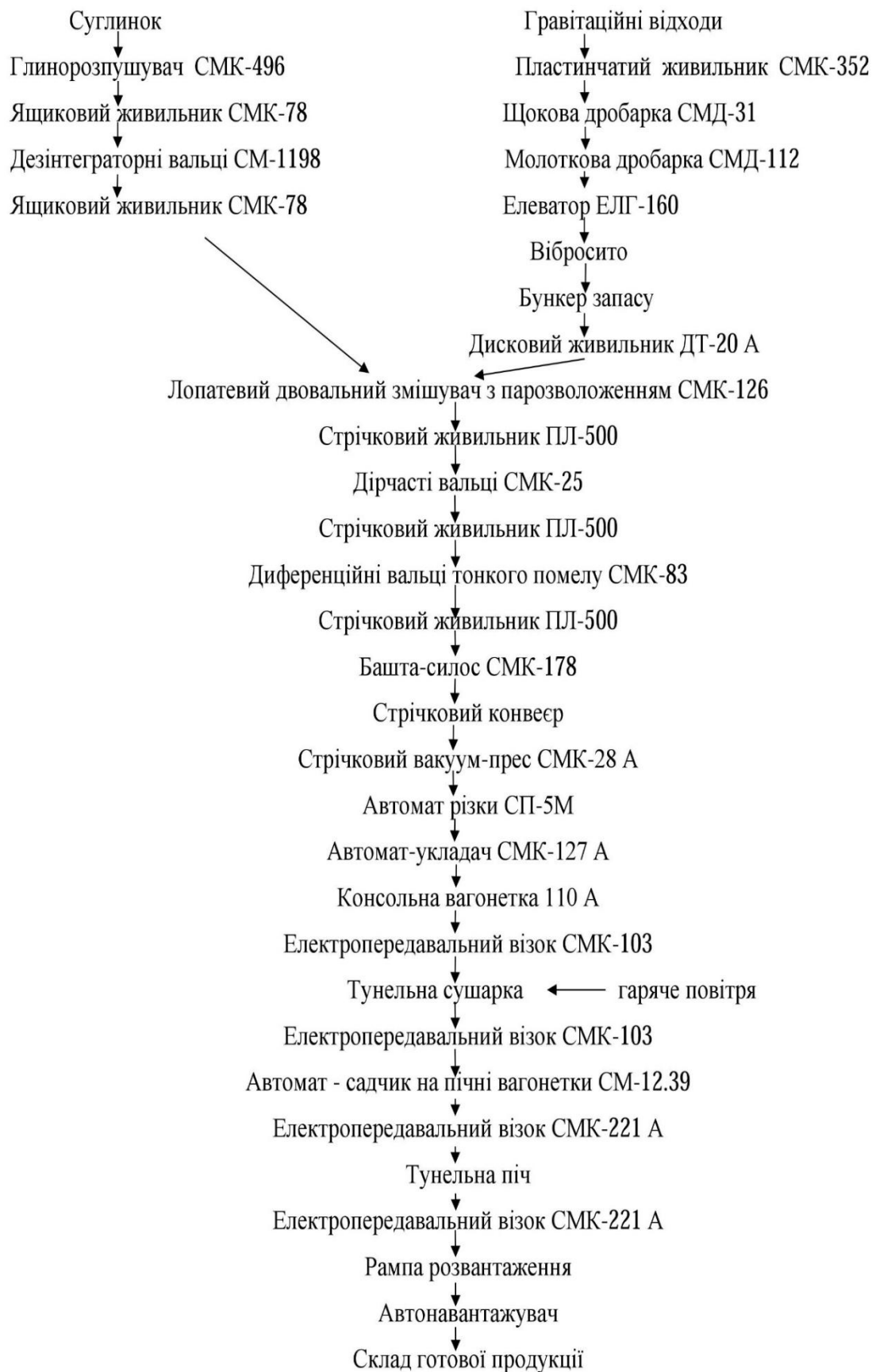


Рисунок 2.2 – Технологічна схема виробництва керамічної цегли

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.

За даними детальної експлуатаційної розвідки родовища складають проект і план гірничих робіт. Перед добуванням глини в кар'єрах проводять підготовчі роботи.

В районах з теплим кліматом глину добувають відкритим способом як влітку, так і взимку. В районах з суворим кліматом застосовують іноді закритий спосіб добування під утепленим покриттям і в теплицях різних конструкцій. Розробку дуже щільних покладів глини проводять вибуховим способом.

Спосіб добування залежить від товщини залягання глини, кліматичних умов тощо.

В якості глинодобувних машин застосовують екскаватори. В деяких випадках застосовують скрепери, бульдозери.

Властивості глини, що добувається в кар'єрі, неоднорідні. По товщині залягання зазвичай змінюється пластичність, засміченість, вологість та хімічний склад сировини. Тому глини, що залягають в кар'єрах в їх природному стані, без попередньої підготовки непридатні для виготовлення цегли.

Щоб отримати з сировини високоякісні вироби, потрібно зробити глиняну масу однорідною, тобто усереднити її. Це роблять в процесі добування глини в кар'єрі, а також шляхом перевалювання її у відкриті глинозапасники, «конуси», або в стаціонарні глиносховища закритого типу.

В залежності від об'єму потрібної глини, відстані від родовища до місця її використання та рельєфу місцевості обирають той чи інший вид транспорту: безрейковий – автосамоскиди, скрепери, бульдозери; рельсовий – мотовози, електровози, канатна тяга.

В даному проекті сировину видобувають в кар'єрі відкритим способом.

Екскаватором і бульдозером знімають і видаляють рослинний шар ґрунту, піску і непродуктивних шарів, що покривають корисні запаси суглинку. Видобуток проводиться багатоковшовим екскаватором. Після цього суглинок вантажать на автосамоскиди. Потім її доставляють на майданчик проміжного зберігання. Майстер кар'єру здійснює зовнішній огляд сировини.

З майданчика зберігання глина бульдозером подається до глинорозпушувача СМК-496. Глинорозпушувач застосовується тоді, коли глина містить багато крупних монолітних або зліплених кусків. Глинорозпушувач являє собою подовжений бункер, в нижній частині якого розташований вал із закріпленими на ньому білами-лопатями. Внизу бункера замість днища встановлена решітка з металевих прутків, між якими при обертанні вала проходять біла-лопаті. Привід вала здійснюється від електродвигуна через редуктор.

Технічна характеристика глинорозпушувача:

- Продуктивність – 50 т/год;
- Частота обертання вала з білами – 20 хв^{-1} ;
- Місткість бункера – $3,2 \text{ м}^3$;
- Встановлена потужність – 30 кВт;
- Маса – 5000 кг;
- Габаритні розміри – $4500 \times 2400 \times 1430 \text{ мм}$.

Після попереднього розпушення глина потрапляє в ящиківий живильник СМК-78, який застосовується для рівномірного та безперервного живлення сировиною глинообробних машин, дозування сировини, що подається, та часткового подрібнення крупних шматків глини.

Ящиківий живильник являє собою корпус, дном якого є металева безкінечна пластинчаста стрічка, що закріплена на двох роликівих ланцюгах та приводиться до руху через редуктор електродвигуна. Ця стрічка, рухаючись в бік відкритої частини живильника, транспортує матеріал до валу з білами, де крупні шматки частково розбиваються.

Дозування глинистої сировини регулюється висотою підняття шибера, а також регулюванням швидкості руху стрічки транспортера живильника.

Технічна характеристика ящикового живильника:

- Продуктивність – 25 м³/год;
- Швидкість руху стрічки – 1,5 -2 м/хв;
- Частота обертання валу з білами – 60 і 80 об/хв;
- Місткість корпусу – 2,9 м³;
- Встановлена потужність – 4,0 кВт;
- Маса – 4600 кг;
- Габаритні розміри – 6350×2530×1620 мм.

Для первинного дроблення глини і виділення з неї крупних твердих включень застосовують каменевидільні дезінтеграторні вальці СМ-1198.. Вальці складаються з двох валків різного діаметру та з різною частотою обертання, з яких валок більшого діаметру гладкий, а меншого – ребристий. Гладкий валок – тихохідний, ребристий – швидкохідний.

На валу кожного валка встановлені привідні шківи. Обидва вали розміщені в закритому металічному кожусі з воронкою для завантаження матеріалу.

Дезінтеграторні вальці працюють наступним чином. Глина, що потрапляє через завантажувальну воронку, потрапляє на швидкохідний ребристий валок. Під ударами ребер цього валка глина відкидається на гладкий тихохідний валок, який затягує її в зазор між валками. Кам'яністі включення при ударі ребер відкидаються в бік гладкого валка, зіштовхуються з верхньою кришкою кожуха і викидаються через відповідний лоток.

Дезінтеграторні вальці видаляють камені величиною лише більше 10мм, а частину крупних включень дроблять.

Технічна характеристика дезінтеграторних вальців:

- Продуктивність – 25 м³/год;
- Діаметр валків:

- ребристого – 600 мм;
- гладкого – 1000 мм;
- Довжина валків – 700 мм;
- Зазор між валками:
 - за виступами – 2 мм;
 - за впадинами – 10 мм;
- Частота обертання валків – 440/44 об/хв;
- Встановлена потужність – 43 кВт;
- Маса – 4960 кг;
- Габаритні розміри – 3182×2806×1325 мм.

Після первинного дроблення та часткового видалення крупних включень необхідно змішати глину з добавками, які були попередньо оброблені.

Підготовка гравітаційних відходів полягає в їх помелі до відповідного гранулометричного складу, просіюванні, а іноді і в частковому зневодненні.

Гравітаційні відходи зі складу сировини подаються на пластинчатий живильник СМК-352 для часткового подрібнення та дозування.

Технічна характеристика пластинчатого живильника:

- Продуктивність – 17 т/ год;
- Місткість ящика – 7,1 м³;
- Швидкість руху стрічки – 0,22-1,4 м/хв;
- Встановлена потужність – 11 кВт;
- Маса – 6940 кг;
- Габаритні розміри – 8750×3606×2560 мм.

Живильник рівномірно завантажує гравітаційні відходи в шокову дробарку СМД-31. Її застосовують для первинного дроблення відходів. Матеріал подрібнюється шляхом роздавлювання та часткового стирання між двома плитами.

Технічна характеристика шокової дробарки:

- Продуктивність – 3,5-12 м³/год;
- Розміри приймального отвору – 250×400 мм;
- Ширина вихідної щілини – 20×80 мм;
- Максимальний розмір матеріалу, що завантажується – 210 мм;
- Частота обертання ексцентрикового валу – 275 об/хв;
- Встановлена потужність – 25 кВт;
- Маса – 2500 кг;
- Габаритні розміри – 1330×1200×1415 мм.

Далі на дрібний помел гравітаційні відходи йдуть у швидкохідну молоткову дробарку СМД-112. Вона представляє собою шахтний млин, молотки в якому підвішені шарнірно. Матеріал подрібнюється під дією удару молотків, ударів самого матеріалу в броню і частково стирання.

Технічна характеристика молоткової дробарки:

- Продуктивність – 12-15 м³/год;
- Найбільший розмір матеріалу, що завантажується – до 150 мм;
- Розмір шматків отриманого матеріалу – 0-30 мм;
- Частота обертання – 1250 об/хв;
- Встановлена потужність – 17 кВт;
- Маса – 976 кг;
- Габаритні розміри – 1060×895×1122 мм.

У бункер запасу суміші матеріал потрапляє через елеватор ЕЛГ-160 (продуктивність 14,6 м³/год). Над бункером запасу встановлено вібросито з розміром осередків до 3 мм. Через сито матеріал потрапляє в бункер, а більш велика фракція по тічці повертається на помел в молоткову дробарку.

Технічна характеристика сита:

- Розмір корисної площі сита – 1,0×2,5;
- Частота обертання валу вібратора – 740 об/хв.;
- Потужність електродвигуна – 5,5 кВт;
- Продуктивність – 40 м³/год.;
- Маса – 1650 кг.

Для рівномірного прокидання матеріалу з бункера можливий кут нахилу стінок, але не дуже сильний, для хорошого стікання матеріалу кути приймаються на 5-10 % більше кута природного відколу матеріалу. Для попередження самовільного виходу матеріалу застосовуються бункерні затвори, для регулювання – дисковий живильник ДТ-20 А.

Технічна характеристика дискового живильника:

- Продуктивність – 310 т/год;
- Діаметр диску – 2000 мм;
- Маса – 3260 кг;
- Габаритні розміри – 3170×2000×870 мм.

У цей час суглинки з каменевидільних дезінтеграторних вальців надходять на ящиківий живильник СМ-78, з якого потім потрапляють у лопатевий двовальний змішувач з парозволоженням СМК-126. Сюди ж потрапляють і добавки за допомогою дискового живильника. Маса подається через завантажувальний люк в корпус змішувача, де перемішується та дозволюється водою. Вологість пластичної маси, що виходить після змішувача – 18 %.

Технічна характеристика змішувача:

- Продуктивність – 35 м³/год;
- Ширина корпусу – 1595 мм;
- Довжина корпусу – 3500 мм;
- Частота обертання лопатевих валів – 32 об/хв;
- Встановлена потужність – 40 кВт;
- Маса – 4790 кг;
- Габаритні розміри – 6215×1657×1355 мм.

Потім маса за допомогою стрічкового живильника ПЛ-500 направляється в дірчасті вальці СМК-25. Їх застосовують для вторинного подрібнення та обробки глиняної маси. Кожен ряд отворів одного валка розміщується напроти суцільної доріжки іншого валка.

В дірчастих вальцях глина роздавлюється між валками, стирається і потім продавлюється через отвори в бандажах всередину барабану і з нього скочується на живильник.

При використанні дірчастих вальців якість маси покращується, а міцність отримуваних виробів збільшується.

Технічна характеристика стрічкового живильника:

- Продуктивність – 75 м³/год;
- Ширина стрічки – 500 м;
- Швидкість стрічки – 0,5 м/с;
- Довжина живильника – від 1 до 12 м;

Технічна характеристика дірчастих вальців:

- Продуктивність – 40 т/год;
- Розміри валків:
 - діаметр – 1000 мм;
 - довжина – 640;
- Частота обертання валків:
 - рухомого – 20,8 об/хв;
 - нерухомого – 30,0 об/хв;
- Встановлена потужність – 40 кВт;
- Маса – 6400 кг;
- Габаритні розміри – 2905×3800×1290 мм.

Далі маса стрічковим живильником ПЛ-500 направляється до диференціальних вальців тонкого помелу СМК-83. У них відбувається найбільше руйнування природної текстури маси. Валки обертаються з різною швидкістю, і матеріал між ними стирається.

Технічна характеристика вальців тонкого помелу:

- Продуктивність – 25 м³/год;
- Мінімальний зазор між валками – 2 мм;
- Розміри валків:
 - діаметр – 1000 мм;

довжина – 700 мм;

- Частота обертання валків:

нерухомого – 185 об/хв;

рухомого – 160 об/хв;

- Встановлення потужність – 52 кВт;

- Маса – 5600 кг;

- Габаритні розміри – 3800×3230×1220 мм.

Після цього сировинна суміш за допомогою стрічкового живильника потрапляє башту-силос СМК-178 місткістю 100-150 м³. Такий силос являє собою сталю циліндричну ємність, що розширюється донизу. Дно башти викладене перфорованими плитами, над якими обертаються два ножі-протирачі, вертикальний вал яких обертається за допомогою спеціального приводу.

Сировинна суміш завантажується в приймальний пристрій. Протерта сировинна суміш потрапляє на таріль, що обертається, та вивантажується гвинтом на стрічковий конвеєр.

Стрічковим конвеєром маса направляється до стрічкового вакуум-пресу СМК-28 А. Він працює наступним чином. Маса, що пройшла попередню обробку, потрапляє до змішувача пресу, де змішується, дозволюється до формувальної вологості (22 %) і підігрівається паром. Лопаті, що знаходяться на валу змішувача, пересувають глину до вхідного отвору вакуум-камери.

Перед надходженням до вакуум-камери глина ущільнюється в конусній частині змішувача і за допомогою гвинтів заповнює вихідну частину змішувача; на вході до вакуум-камери глиняна маса проходить крізь кільцевий отвір і розрізається ножами на дрібні шматки.

В герметично закритій вакуум-камері подрібнена глина піддається деаерації шляхом вакуумування.

Герметизація вакуум-камери з одного боку створюється масою, що знаходиться в кінці конусної частини змішувача, а з іншого – масою, що

знаходиться в перехідній головці і мундштуці пресу. Підсос повітря з боку валу пресу усувається спеціальними прокладками та сальниками. Вакуум-камера під'єднана до вакуум-насосу.

Після вакуумування шматочки глиняної маси збираються в нижній частині вакуум-камери і спільними діями нагнітального валку та приймальних гвинтових лопатей захоплюються та пересуваються до корпусу пресу, з якого ущільнена глиняна маса лопатями подається в перехідну головку, через яку вона переходить в мундштук, з якого вона виходить у вигляді безперервної стрічки-бруса. Тиск в голівці преса 1,8-2,0 МПа.

Технічна характеристика вакуум-пресу:

- Продуктивність за цеглою – 5000 шт/год;
- Діаметр гвинта:
 - на виході – 450 мм;
 - в забірній частині – 450 мм;
- Зовнішній діаметр змішувача за лопатями – 600 мм;
- Довжина корпусу змішувача – 2240 мм;
- Частота обертання:
 - приводного валу – 160-200-240 об/хв;
 - гвинтового валу – 21,1-25-30 об/хв;
 - валу змішувача – 21-25-30;
- Встановлена потужність – 100 кВт;
- Маса – 12500 кг;
- Габаритні розміри – 6770×3660×2145 мм.

Стрічка бруса, що виходить з мундштука пресу, розрізається на окремі вироби за допомогою автомату різки СП-5М.

Технічна характеристика автомату різки:

- Продуктивність за цеглою – 11000 шт/год;
- Встановлена потужність – 2,2 кВт;
- Маса – 800 кг;

- Габаритні розміри – 1860×1250×1360 мм.

По роликовому конвеєру цегла надходить до автомату-укладача СМК-127 А. Він застосовується для відбору цегли від різального автомату, укладання її на рамки та завантаження консольних шестиполичних вагонеток тунельних сушарок.

Автомат складається з таких вузлів: укладача, магазину, роликового конвеєру, механізм подвоєння, візка, товкача, подавальника електронного синхронізатора.

З магазину штовхачами подаються дерев'яні або металічні рамки, на які по роликовому конвеєру надходять вироби. Далі рамки з виробами потрапляють на механізм подвоєння, який здійснює накопичення двох завантажених рамок і створює певний інтервал між рамками. Рамка, що надійшла на механізм подвоєння, після зупинки надає команду на її зміщення в поперечному напрямку для звільнення місця наступній рамці.

Коли в зоні механізму подвоєння буде дві завантажені рамки вильчата каретка підіймає їх на крок. Потім цей цикл повторюється, і на вильчатую каретку надходить друга пара рамок. Після того, коли таким чином завантажиться 5-6 пар рамок, надходить команда на поворот колони на кут 180°.

При цьому завантажена сирцем вильчата каретка разом з колоною розвертається на позицію розвантаження, а вільна каретка надходить на завантаження. Після припинення повороту подається команда на спуск завантаженої каретки до рівня, при якому вила каретки будуть знаходитись вище поличок вагонетки на 22 мм. Після виконання операції перезавантаження пакету рамок з цеглою на вагонетку каретка, що звільнилась, спускається в нижнє положення. Одночасно вільна каретка підіймається до рівня завантаження сирцем.

Технічна характеристика автомату-укладача:

- Продуктивність за цеглою – 10000 шт/год;
- Розміри сушильної рамки:

довжина – 930; 1110; 1030 мм;

ширина – 180 мм;

висота – 40 мм;

- Кількість цегли, що завантажуються на 1 рамку – 10; 11; 12 шт;

- Встановлена потужність – 15 кВт;

- Маса – 9500 кг;

- Габаритні розміри:

довжина від мундштука пресу – 8740 мм;

ширина – 8150 мм;

загальна висота – 5200 мм.

Цегла завантажується на консольну вагонетку СМК-110 А та через електропередавальний візок СМК-103 завантажується в ній в тунельну сушарку.

Електропередавальний візок СМК-103 призначений для перевезення чотирьох сушильних вагонеток від ділянки формування до тунельних сушарок, відкривання і закривання підйомних дверей сушарок, проштовхування вагонеток в сушарці і перевезення вагонеток з висушеною цеглою на ділянку розвантаження.

Мета процесу сушіння – видалення вологи і надання виробу певної міцності. Необхідно також дотримувати певний режим сушіння, який застерігає руйнування виробу.

Для сушки цегли-сирцю та керамічних каменів широко розповсюджені протиточні тунельні сушарки з горизонтально-повздовжнім напрямком теплоносія. Такі сушарки належать до сушарок безперервної дії.

Параметри сушарки: довжина тунелю 30 м, кількість сушильних тунелів – 5, кількість вагонеток у тунелі – 25 шт., ємність однієї вагонетки – 336 шт., довжина вагонетки 1,2 м.

Тунельні сушарки завантажують та розвантажують шляхом заштовхування вагонеток зі спресованою цеглою при пересуванні всього

потягу вагонеток та виштовхування вагонеток з висушеною цеглою з протилежного кінця тунелю.

У міру висихання сирцю і просування вагонеток до вивантаження їх зустрічає теплоносій з більш високою температурою і менш насиченою вологою. Температура теплоносія, що подається в тунелі 100-110°C. Температура відхідного теплоносія 26-38 °C, відносна вологість – 80-95 %.

Швидкість сушіння спочатку росте повільно до втрати 3-5% вологи, потім швидше досягає максимуму і знижується. Швидкість сушіння залежить від температури, вологовмісту і якості теплоносія, температури, форми і розмірів сирцю і конструкції садки.

Залишкова вологість сирцю після сушіння 6 %. Допускається загальна кількість браку не більше 7,0 %. Маса сирцю після сушіння становить 3,4 (+0.3) кг. Час сушіння 34 години.

Вагонетки, що знаходяться на останній позиції сушарки при черговому проштовхуванні всього складу, виштовхуються на рейкові колії біля сушарки. Потім за допомогою електропередавального візка СМК-103 вони подаються до автомата-садчика на пічні вагонетки СМ-12.39.

Автомат-садчик СМ-12.39 призначений для розвантаження цегли і керамічних каменів з консольних сушильних вагонеток і укладання їх на випалювальні вагонетки тунельної печі.

Після завантаження цегли на пічні вагонетки відбувається випал.

Випал – процес високотемпературної обробки матеріалів, в результаті якого цегла-сирець перетворюється на каменеподібне тіло, стійке до механічних, фізичних та хімічних впливів.

В процесі нагріву при різних температурах в матеріалі відбувається ряд складних фізико-хімічних процесів, що викликають зміну його властивостей.

В інтервалі температур 0-150 °C відбувається досушування цегли-сирцю. При цьому утворюється значна кількість водяної пари, яка при швидкому зростанні температури виділяється так бурхливо, що може

розірвати виріб. Тому прискорений випал цегли-сирцю з вологістю 6 % не можливий.

В інтервалі температур 150-800 °С відбувається дегідратація – видалення хімічно зв'язаної води, що входить до складу глинистої речовини та інших мінералів. При цьому руйнується кристалічна решітка матеріалу і глина втрачає пластичні властивості. Видалення хімічно зв'язаної води починається приблизно з 350 °С, а віддача основної маси цієї води йде при температурі 450-500 °С і може продовжуватись до 900 °С. При цьому відбувається усадка виробів та зниження їх механічної міцності. При температурі 200-800 °С виділяється летка частина органічних домішок глини та введених до складу маси вигоряючих добавок, а також окиснюються органічні домішки в межах температури їх займання.

В цей період матеріал володіє найбільшою пористістю, що сприяє безперешкодному видаленню води та леткої частини органічних домішок. Одночасно з видаленням хімічно зв'язаної води оксид заліза FeO в результаті окиснення переходить в оксид заліза Fe₂O₃.

Глина змінює забарвлення, і цегла набуває червоного кольору.

В інтервалі температур 300-1000 °С відбувається розклад карбонатів (при 300-400 °С – карбонатів заліза FeCO₃; 600-700 °С – карбонатів магнію MgCO₃; 800-900 °С – карбонатів кальцію CaCO₃). Цей період нагріву, включно з дегідратацією та модифікаційними перетвореннями кварцу, є практично безпечним навіть при випалі глин, що чутливі до даного процесу, і його можна проводити з високою швидкістю (100-200 град/год).

В інтервалі температур від 800 до максимальної глинозем Al₂O₃ та кремнезем SiO₂ з'єднуються в безводний алюмосилікат-муліт, що значно покращує фізико-механічні властивості виробу.

Цей період нагріву, що пов'язаний з руйнуванням кристалічної решітки глинистих мінералів і значними структурними змінами в матеріалі виробу, небезпечний по відношенню до утворення тріщин.

При високій температурі починає утворюватися рідка фаза. Зі збільшенням температури збільшується об'єм рідкої фази, відповідно зменшується пружність маси, в результаті чого виникає залишкова деформація під навантаженням і, нарешті, деформація виробів. Щоб запобігти цьому, підйом температури при випалі цегли варто завершувати на етапі, що забезпечує мінімальну необхідну кількість рідкої фази для утворення спаїв або зв'язки між дегідратованими частинками глиноутворюючих мінералів, декарбонізованими частинками вапняку та зернами кварцу. Ця створює умови для достатньої механічної та атмосферної стійкості виробу.

Витримку виробів при максимальній температурі випалу застосовують для вирівнювання температури по всій товщині виробу, що забезпечує рівномірний розподіл рідкої фази.

Охолодження виробів після витримки при максимальній випалу є не менш відповідальним періодом випалу, ніж нагрів.

В початковий період охолодження при зниженні температури за 100-200 °С керамічні матеріали зазнають термічний стиск і деформуються пластично, піддаючись незначним навантаженням. В цьому періоді при швидкому охолодженні у виробі можуть утворюватися тріщини. Тому величина температурного перепаду по товщині виробу не має перевищувати 25-30 °С.

Охолодження після 850-800 до 650 °С можна значно пришвидшити.

Охолодження виробів в інтервалі температур 650-500 °С характеризується модифікаційним перетворенням кварцу (573 °С) зі зменшенням об'єму на 0,82 %. Швидкість охолодження на цій ділянці не має перевищувати 150 град/год.

Допустима швидкість охолодження після досягнення виробом температури 500 °С складає 500-600 град/год і обмежується лише умовами зовнішнього теплообміну [28].

Температурна крива випалу цегли представлена на рис.2.3.

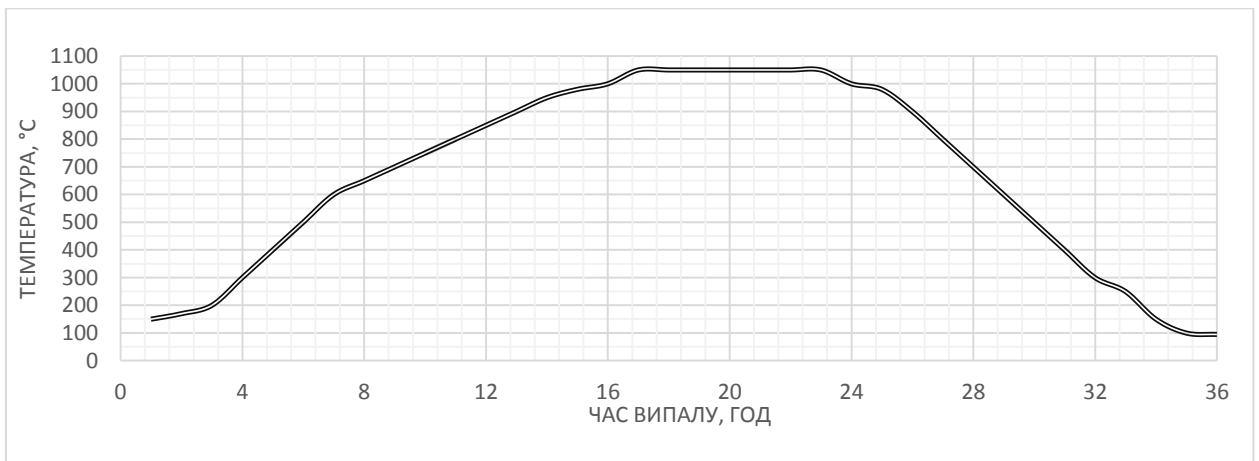


Рисунок. 2.3 – Температурна крива випалу

На підприємстві випал проводиться в тунельних печах безперервної дії.

Піч являє собою суцільний прямолінійний канал, по рейковому шляху якого переміщуються вагонетки з садкою випалюваної цегли. Працюють за принципом протитоку. Вагонетки з сирцем (напівфабрикатом) вштовхуються в піч з завантажувального кінця, а в цей час із розвантажувального виштовхуються вагонетки з уже випаленою цеглою.

В середній частині печі розміщена зона випалу, в якій розміщені форсунки. Продукти горіння просмоктуються вперед та омиває вироби, що знаходяться в зоні підігріву. Відпрацьовані димові гази викидаються в атмосферу димососом.

Атмосферне повітря нагнітається вентилятором в кінець зони охолодження, омиває випалені вироби, охолоджує їх при цьому, а саме нагрівається. Потім частина нагрітого повітря подається в зону випалу для забезпечення горіння палива; інша частина нагрітого повітря направляється в сушарку.

Рециркуляція відпрацьованих газів дає можливість турбулізувати газовий потік в зоні підігріву та знизити його температурне розшарування.

Повітряна завіса дозволяє ізолювати зону випалу від суміжних зон і створити в ній відновлювальне середовище. До того ж завіса на стику зон випалу та охолодження сприяє інтенсифікації процесу охолодження в період піропластичного стану матеріалу.

Зона підігріву розділена на три автономно регульовані секції: низькотемпературної рециркуляції, що здійснюється звичайними перемішувачами; високотемпературної рециркуляції, обладнаної жаростійкими перемішувачами; підігріву поду вагонеток. Зона охолодження також розділена на чотири секції: загартування, помірного, уповільненого та інтенсивного охолодження. Підвагонеточний канал обладнаний приточно-витяжною вентиляцією для створення зрівноваженого аеродинамічного режиму з випалювальним каналом.

Склепіння печей виготовляється плоским – перекривається багат шаровими плоскими панелями, що виготовлені з жаростійкого бетону на глиноземному цементі з теплоізоляцією мулітокремнеземистою ватою. Наявність плоского склепіння спрощує застосування пакетної садки. За рахунок цього збільшується коефіцієнт заповнення каналу цеглою та покращується аеродинамічний режим печі.

Стіни печей, як правило, виконані з шамотної цегли; ззовні їх облицьовують звичайною керамічною цеглою. Для покращення теплоізоляції стін та склепіння печей останнім часом використовують плити з каолінітового волокна.

Ізоляція випалювального каналу від підвагонеточного каналу здійснюється за допомогою пісочного затвору, що являє собою вузький канал, розміщений вздовж внутрішніх поверхонь печі. Канал заповнений піском, який засипається в нього через воронки, виведені на зовнішні поверхні стін. На верхніх бічних поверхнях вагонеток закріплюються ножі, які занурюються в пісок, перешкоджаючи таким чином проникненню розпечених димових газів в підвагонеточний простір. Для захисту ножів від дії високих температур на них клеять мулітовокремнеземистий картон за допомогою алюмохромофосфатного клею.

Вагонетки тунельних печей футерують жаростійким бетоном або шамотним каменем для захисту її металічних частин від дії високих температур [30].

Довжина робочого каналу печі 81 м, об'єм печі 206,55 м³. Висота садки – 0,7 м, ширина садки – 2,0 м, щільність садки – 211 шт./м³. Продуктивність – 10 млн. шт. цегли в рік.

Садка цегли на вагонетки повинна бути міцною і стійкою, що виключає можливість завалів у печі, досить щільною і проникною для пічних газів, як по довжині, так і по ширині [31].

Час випалу – 36 годин. У процесі випалу допускається брак не більше 3 %. Максимальна температура 1050 °С.

Випалену керамічну цеглу на пічних вагонетках транспортують на розвантаження електропередавальним візком СМК-221. Цегла укладається на піддони та автонавантажувачем виставляється на майданчик готової продукції. При цьому здійснюється сортування за зовнішнім виглядом відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-61:2008.

В якості інноваційної ідеї в даній магістерській дисертації розглянуто проект створення декорованої цегли шляхом нанесення декору на одну з поверхонь цегли з метою покращення її декоративних характеристик.

Технологія виробництва такої цегли може бути реалізована, якщо після різки глиняного бруса на окремі вироби на бічній стороні кожної цегли штампом робиться поглиблення і вироби далі рухаються по технологічній схемі. Цегла проходить стадію сушіння та випалу, після цього в поглиблення закладається будь-який декор відповідно до бажань замовника.

2.5 Матеріальний баланс виробництва

Таблиця 2.5 – Основні параметри виробництва

Параметр	Позначення	Величина
Продуктивність цеху (умовної цегли), шт./рік	P	$10 \cdot 10^6$
Маса цегли, кг	m	2,838
Відносна вологість цегли після сушіння, %	W_c	6
Формувальна вологість, %	W_ϕ	22

Таблиця 2.6 – Норми браку і втрат

Види браку і втрат	Позначення	Значення, %
Брак випалу	B_B	3
-зокрема зворотні втрати	B_{B3}	90
Брак сушіння	B_C	3
-зокрема зворотні втрати	B_{C3}	97
Брак формування	B_Φ	4
-зокрема зворотні втрати	$B_{\Phi3}$	100
Втрати в масозаготівельному відділенні	$B_{МЗВ}$	0,2
Втрати на складі:		
глина	B_G	0,2
відходи вуглезбагачення	B_Π	0,2

Таблиця 2.7 – Склад і характеристика компонентів маси

Компонент	Вміст, мас. %	Вологість, %	Хімічний склад, %							
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ВПП	C
Суглинок	80	16	65,2	6,6	3,3	9,3	1,9	-	13,7	-
Гравітаційні вуглевідходи	20	5	39,6	18,4	8,83	1,34	1,4	3,83	18,6	8,0

Розрахунок хімічного складу шихти:

$$SiO_2 = 0,8 \cdot 65,2 + 0,2 \cdot 39,6 = 60,08$$

$$Al_2O_3 = 0,8 \cdot 6,6 + 0,2 \cdot 18,4 = 8,96$$

$$Fe_2O_3 = 0,8 \cdot 3,3 + 0,2 \cdot 8,83 = 4,41$$

$$CaO = 0,8 \cdot 9,3 + 0,2 \cdot 1,34 = 7,71$$

$$MgO = 0,8 \cdot 1,9 + 0,2 \cdot 1,4 = 1,8$$

$$SO_3 = 0,2 \cdot 3,83 = 0,77$$

$$ВПП = 0,8 \cdot 13,7 + 0,2 \cdot 18,6 = 14,68$$

$$C = 0,2 \cdot 8,0 = 1,6$$

Таблиця 2.8 – Хімічний склад маси

Компонент	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ВПП	C	Сума
Вміст, %	60,08	8,96	4,41	7,71	1,8	0,77	14,68	1,6	100,0

1. Річний випуск цегли за масою становитиме:

$$M_p = m \cdot P = 2,838 \cdot 10 \cdot 10^6 = 28,4 \cdot 10^6 \text{ кг/рік},$$

де P – продуктивність цеху, шт. на рік; m – маса однієї цеглини, кг.

2. З врахуванням браку під час випалу (B_B) в піч необхідно подати цегли:

в кількісному виразі:

$$P_1 = \frac{P \cdot 100}{100 - B_B} = \frac{10 \cdot 10^6 \cdot 100}{100 - 3} = 10,3 \cdot 10^6 \text{ шт./рік};$$

за масою:

$$M_1 = \frac{M_p \cdot 100}{100 - B_B} = \frac{28,4 \cdot 10^6 \cdot 100}{100 - 3} = 29,3 \cdot 10^6 \text{ кг/рік};$$

маса браку випалу за рік становить:

$$M_{BB} = M_1 - M_p = (29,3 - 28,4) \cdot 10^6 = 8,7 \cdot 10^5 \text{ кг/рік}.$$

Масу зворотних втрат, що повертаються у виробництво розраховуємо за формулою:

$$M_{BBB} = \frac{M_{BB} \cdot B_{B3}}{100} = \frac{8,7 \cdot 10^5 \cdot 90}{100} = 7,9 \cdot 10^5 \text{ кг/рік}.$$

3. З врахуванням ВПП маса абсолютно сухої цегли, що подається в піч буде дорівнювати:

$$M_2 = \frac{M_1 \cdot 100}{100 - \text{ВПП}} = \frac{29,3 \cdot 10^6 \cdot 100}{100 - 14,68} = 34,3 \cdot 10^6 \text{ кг/рік}$$

4. З врахуванням вологості сирцю після сушіння (W_C), маса висушеної цегли, що подається в піч, з залишковою вологістю W_C , становить:

$$M_3 = \frac{M_2 \cdot 100}{100 - W_C} = \frac{34,3 \cdot 10^6 \cdot 100}{100 - 6} = 36,5 \cdot 10^6 \text{ кг/рік}$$

5. З врахуванням браку сушіння в сушарку необхідно подати: в кількісному виразі:

$$P_4 = \frac{P_1 \cdot 100}{100 - B_C} = \frac{10,3 \cdot 10^6 \cdot 100}{100 - 3} = 10,6 \cdot 10^6 \text{ шт/рік};$$

за масою:

$$M_4 = \frac{M_3 \cdot 100}{100 - B_C} = \frac{36,5 \cdot 10^6 \cdot 100}{100 - 3} = 37,6 \cdot 10^6 \text{ кг/рік};$$

маса браку сушіння становить:

$$M_{BC} = M_4 - M_3 = (37,6 - 36,5) \cdot 10^6 = 1,1 \cdot 10^6 \text{ кг/рік};$$

а маса зворотних втрат складає:

$$M_{BC3} = \frac{M_{BC} \cdot B_{C3}}{100} = \frac{1,1 \cdot 10^6 \cdot 97}{100} = 1,09 \cdot 10^6 \text{ кг/рік}$$

6. З врахуванням зміни вологості під час сушіння маса цегли, що подається в сушарку становить:

$$M_5 = \frac{M_4 \cdot (100 - W_C)}{100 - W_\Phi} = \frac{37,6 \cdot 10^6 \cdot (100 - 6)}{100 - 22} = 45,3 \cdot 10^6 \text{ кг/рік}$$

7. З врахуванням браку формування (B_Φ), необхідно відформувати цегли:

в кількісному виразі:

$$P_6 = \frac{P_4 \cdot 100}{100 - B_\Phi} = \frac{10,6 \cdot 10^6 \cdot 100}{100 - 4} = 11,1 \cdot 10^6 \text{ шт/рік};$$

за масою треба відформувати:

$$M_6 = \frac{M_5 \cdot 100}{100 - B_\Phi} = \frac{45,3 \cdot 10^6 \cdot 100}{100 - 4} = 47,2 \cdot 10^6 \text{ кг/рік};$$

маса браку формування становить:

$$M_{\text{БФ}} = M_6 - M_5 = (47,2 - 45,3) \cdot 10^6 = 1,9 \cdot 10^6 \text{ кг/рік};$$

у тому числі маса зворотних втрат:

$$M_{\text{БФЗ}} = \frac{M_{\text{БФ}} \cdot B_{\text{ФЗ}}}{100} = \frac{1,9 \cdot 10^6 \cdot 100}{100} = 1,9 \cdot 10^6 \text{ кг/рік}.$$

8. Природна вологість маси визначається за формулою:

$$W_M = \left(W_G \cdot \frac{C_G}{100}\right) + \left(W_P \cdot \frac{C_P}{100}\right) = \left(16 \cdot \frac{80}{100}\right) + \left(5 \cdot \frac{20}{100}\right) = 13,8 \%,$$

де W_G та W_P – відносна вологість глини та породи відповідно, %; C_G та C_P – вміст глини та породи в масі відповідно, %.

З врахуванням зволоження маси до формувальної вологості (W_Φ) в змішувач необхідно подати маси:

$$\begin{aligned} M_7 &= \frac{(M_6 - M_{\text{БФЗ}}) \cdot (100 - W_\Phi)}{100 - W_M} = \frac{(47,2 - 1,9) \cdot 10^6 \cdot (100 - 22)}{100 - 13,8} = \\ &= 41 \cdot 10^6 \text{ кг/рік}. \end{aligned}$$

Маса води для зволоження керамічної маси в змішувачі розраховуємо за формулою:

$$M_{\text{ВОДИ}} = M_6 - M_{\text{БФЗ}} - M_7 = (47,2 - 1,9 - 41) \cdot 10^6 = 4,3 \cdot 10^6 \text{ кг/рік}$$

Питомі витрати води для зволоження (у розрахунки на 1000 шт. умовної цегли) складатимуть:

$$M_{\text{В.ПИТ}} = \frac{M_{\text{ВОДИ}} \cdot 1000}{P} = \frac{4,3 \cdot 10^6 \cdot 1000}{10 \cdot 10^6} = 431,15 \text{ кг}.$$

9. Маса керамічної маси, яку необхідно подати в змішувач в розрахунку на абсолютно суху речовину, буде дорівнювати:

$$M_8 = \frac{M_7 \cdot (100 - W_M)}{100} = \frac{41 \cdot 10^6 \cdot (100 - 13,8)}{100} = 35,4 \cdot 10^6 \text{ кг/рік}.$$

10. З врахуванням зворотних втрат сушіння в змішувач подається за абсолютно сухою масою:

$$M_9 = M_8 \cdot \frac{M_{\text{БСЗ}} \cdot (100 - W_C)}{100} = 35,4 \cdot 10^6 \cdot \frac{1,06 \cdot 10^6 \cdot (100 - 6)}{100} = 34,3 \cdot 10^6 \text{ кг/рік};$$

маса глини:

$$M_{9Г} = \frac{M_9 \cdot C_G}{100} = \frac{34,3 \cdot 10^6 \cdot 80}{100} = 27,5 \cdot 10^6 \text{ кг/рік};$$

маса породи:

$$M_{9П} = \frac{M_9 \cdot C_{\text{П}}}{100} = \frac{34,3 \cdot 10^6 \cdot 20}{100} = 6,8 \cdot 10^6 \text{ кг/рік}.$$

11. Розраховуємо масу кожного компонента, що подається в змішувач, з урахуванням природної вологості:

$$M_{10Г} = \frac{M_{9Г} \cdot 100}{100 - W_G} = \frac{27,5 \cdot 10^6 \cdot 100}{100 - 16} = 32,6 \cdot 10^6 \text{ кг/рік};$$

$$M_{10П} = \frac{M_{9П} \cdot 100}{100 - W_{\text{П}}} = \frac{6,8 \cdot 10^6 \cdot 100}{100 - 5} = 7,2 \cdot 10^6 \text{ кг/рік}.$$

12. З врахуванням втрат в масо-заготівельному відділенні ($V_{\text{МЗВ}}$) розраховуємо масу кожного компонента, що подається на переробку з природною вологістю:

$$M_{11Г} = \frac{M_{10Г} \cdot 100}{100 - V_{\text{МЗВ}}} = \frac{32,6 \cdot 10^6 \cdot 100}{100 - 0,2} = 32,7 \cdot 10^6 \text{ кг/рік};$$

$$M_{11П} = \frac{M_{10П} \cdot 100}{100 - V_{\text{МЗВ}}} = \frac{7,2 \cdot 10^6 \cdot 100}{100 - 0,2} = 7,24 \cdot 10^6 \text{ кг/рік}.$$

13. Враховуючи втрати на складі річні витрати компонентів маси складають:

$$M_{12Г} = \frac{M_{11Г} \cdot 100}{100 - V_G} = \frac{32,7 \cdot 10^6 \cdot 100}{100 - 0,2} = 32,8 \cdot 10^6 \text{ кг/рік};$$

$$M_{12П} = \frac{M_{11П} \cdot 100}{100 - V_{\text{П}}} = \frac{7,24 \cdot 10^6 \cdot 100}{100 - 0,2} = 7,25 \cdot 10^6 \text{ кг/рік}.$$

14. Питомі витрати сировини на 1000 шт. умовної цегли розраховуємо за формулою:

$$q_{\text{Г.пит}} = \frac{M_{12Г} \cdot 1000}{P} = \frac{32,8 \cdot 10^6 \cdot 1000}{10 \cdot 10^6} = 3282 \text{ кг};$$

$$q_{\text{п.пит}} = \frac{M_{12\text{п}} \cdot 1000}{P} = \frac{7,25 \cdot 10^6 \cdot 1000}{10 \cdot 10^6} = 724,2 \text{ кг.}$$

Таблиця 2.9 – Матеріальний баланс виробництва

Технологічна стадія	Режим роботи цеху			Одиниці виміру	Подати матеріалів				
	днів у році	змін на добу	годин на зміну		на рік, $\cdot 10^{-6}$	в місяць	на добу	за зміну	за годину
Подати на склад	350	2	8	кг					
Глини					32,8	$2,74 \cdot 10^6$	$9,38 \cdot 10^4$	$4,69 \cdot 10^4$	$5,86 \cdot 10^3$
вугле-відходів					7,25	$6,04 \cdot 10^5$	$2,07 \cdot 10^4$	$1,03 \cdot 10^4$	$1,29 \cdot 10^3$
Подати на переробку	365	3	8	кг					
Глини					32,7	$2,73 \cdot 10^6$	$8,97 \cdot 10^4$	$2,99 \cdot 10^4$	$3,74 \cdot 10^3$
вугле-відходів					7,24	$6,03 \cdot 10^5$	$1,98 \cdot 10^4$	$6,61 \cdot 10^3$	$8,27 \cdot 10^2$
Подати у змішувач	365	3	8	кг					
Глини					32,6	$2,72 \cdot 10^6$	$8,96 \cdot 10^4$	$2,99 \cdot 10^4$	$3,73 \cdot 10^3$
вугле-відходів					7,2	$6,02 \cdot 10^5$	$1,98 \cdot 10^4$	$6,6 \cdot 10^3$	$8,25 \cdot 10^2$
води					4,3	$3,59 \cdot 10^5$	$1,18 \cdot 10^4$	$3,94 \cdot 10^3$	$4,92 \cdot 10^2$
Відформувати цегли	365	3	8	кг	47,2	$3,93 \cdot 10^6$	$1,29 \cdot 10^5$	$4,31 \cdot 10^4$	$5,39 \cdot 10^3$
				шт.	11,1	$9,23 \cdot 10^5$	$3,03 \cdot 10^4$	$1,01 \cdot 10^4$	$1,26 \cdot 10^3$
Подати в сушарку цегли	365	3	8	кг	45,3	$3,78 \cdot 10^6$	$1,24 \cdot 10^4$	$4,14 \cdot 10^4$	$5,17 \cdot 10^3$
				шт.	10,6	$8,86 \cdot 10^5$	$2,91 \cdot 10^4$	$9,71 \cdot 10^3$	$1,21 \cdot 10^3$
Подати в піч цегли	365	3	8	кг	36,5	$2,95 \cdot 10^6$	$9,99 \cdot 10^4$	$3,33 \cdot 10^4$	$4,16 \cdot 10^3$
				шт.	10,3	$8,59 \cdot 10^5$	$2,82 \cdot 10^4$	$9,41 \cdot 10^3$	$1,18 \cdot 10^3$
Подати на склад цегли	350	3	8	кг	28,4	$2,37 \cdot 10^6$	$8,11 \cdot 10^4$	$2,7 \cdot 10^4$	$3,38 \cdot 10^3$
				шт.	10	$8,33 \cdot 10^5$	$2,86 \cdot 10^4$	$9,52 \cdot 10^3$	$1,19 \cdot 10^3$

2.6 Розрахунок основного тепло-технологічного агрегату

2.6.1 Розрахунок горіння палива

Розрахунок горіння палива ведуть для визначення теплотворної здатності палива, температури горіння палива, визначення необхідного об'єму повітря, складу і об'єму продуктів згорання. Для роботи печі застосовується природний газ з найближчого газопроводу.

Газ спалюється з коефіцієнтом надлишку повітря $\alpha = 1,2$. Повітря на горіння подається з температурою 20°C .

Об'єми повітря та газу приведені до нормальних умов: температура 0°C та тиск $101\,325\text{ Н/м}^2$.

Таблиця 2.10 – Склад сухого газу, %

CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	CO_2	N_2	Сума
98	0,3	0,1	0,1	0,3	1,2	100,00

Приймаємо вміст вологи в газі $1,0\%$.

Перераховуємо склад сухого газу на вологий робочий газ:

$$\text{CH}_4^{\text{вол}} = \text{CH}_4 \cdot \frac{100 - 1\%}{100} = 98 \cdot 0,99 = 97,02\%$$

Таблиця 2.11 – Склад газу на робочу масу, %

$\text{CH}_4^{\text{вол}}$	$\text{C}_2\text{H}_6^{\text{вол}}$	$\text{C}_3\text{H}_8^{\text{вол}}$	$\text{C}_4\text{H}_{10}^{\text{вол}}$	$\text{CO}_2^{\text{вол}}$	$\text{N}_2^{\text{вол}}$	$\text{H}_2\text{O}^{\text{вол}}$	Сума
97,02	0,297	0,099	0,099	0,279	1,118	1	100

Теплота згорання газу:

$$\begin{aligned} Q_{\text{H}} &= 358,2 \cdot \text{CH}_4 + 637,5 \cdot \text{C}_2\text{H}_6 + 912,5 \cdot \text{C}_3\text{H}_8 + 1186,5 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10} = \\ &= 358,2 \cdot 97,02 + 637,5 \cdot 0,297 + 912,5 \cdot 0,099 + 1186,5 \cdot 0,099 = 35149,7 \text{ кДж/м}^3 \end{aligned}$$

Знаходимо теоретично необхідну кількість сухого повітря:

$$\begin{aligned} L_0 &= 0,0476 \cdot (2 \cdot \text{CH}_4 + 3,5 \cdot \text{C}_2\text{H}_6 + 5 \cdot \text{C}_3\text{H}_8 + 6,5 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10}) = \\ &= 0,0476 \cdot (2 \cdot 97,02 + 3,5 \cdot 0,297 + 5 \cdot 0,099 + 6,5 \cdot 0,099) = \\ &= 0,0476 \cdot 196,218 = 9,34 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \end{aligned}$$

Приймаємо вологість атмосферного повітря $d = 10$ г/кг сух. пов. і знаходимо теоретично необхідну кількість атмосферного повітря з урахуванням його вологості:

$$L'_0 = 1,016 \cdot L_0 = 1,016 \cdot 9,34 = 9,49 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Знаходимо дійсну кількість повітря з урахуванням коефіцієнту надлишку $\alpha=1,2$:

$$\text{сухе повітря:} \quad L_\alpha = \alpha \cdot L_0 = 1,2 \cdot 9,34 = 11,21 \text{ м}^3/\text{м}^3;$$

$$\text{атмосферне повітря:} \quad L'_\alpha = \alpha \cdot L'_0 = 1,2 \cdot 9,49 = 11,39 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Визначаємо кількість і склад продуктів горіння при $\alpha=1,2$:

$$\begin{aligned} V_{\text{CO}_2} &= 0,01 \cdot (\text{CO}_2 + \text{CH}_4 + 2 \cdot \text{C}_2\text{H}_6 + 3 \cdot \text{C}_3\text{H}_8 + 4 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10}) = \\ &= 0,01 \cdot (0,297 + 97,02 + 2 \cdot 0,297 + 3 \cdot 0,099 + 4 \cdot 0,099) = 0,01 \cdot 98,604 = 0,986 \text{ м}^3/\text{м}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{H}_2\text{O}} &= 0,01 \cdot (2 \cdot \text{CH}_4 + 3 \cdot \text{C}_2\text{H}_6 + 4 \cdot \text{C}_3\text{H}_8 + 5 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10} + \text{H}_2\text{O} + 0,16 \cdot d + L_\alpha) = \\ &= 0,01 \cdot (2 \cdot 97,02 + 3 \cdot 0,297 + 4 \cdot 0,099 + 5 \cdot 0,099 + 1 + 0,16 \cdot 10 \cdot 11,21) = \\ &= 0,01 \cdot 214,74 = 2,148 \text{ м}^3/\text{м}^3 \end{aligned}$$

$$V_{\text{N}_2} = 0,79 \cdot L_\alpha + 0,01 \cdot N_2 = 0,79 \cdot 11,21 + 0,01 \cdot 1,188 = 8,866 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{\text{O}_2} = 0,21 \cdot (\alpha - 1) \cdot L_0 = 0,21 \cdot (1,2 - 1) \cdot 9,34 = 0,392 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Загальна кількість продуктів горіння складає:

$$V_\alpha = 0,986 + 2,148 + 8,866 + 0,392 = 12,392 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Визначаємо відсотковий вміст продуктів горіння:

$$\text{CO}_2 = \frac{0,986 \cdot 100}{12,392} = 7,957\%;$$

$$\text{H}_2\text{O} = \frac{2,148 \cdot 100}{12,392} = 17,334\%;$$

$$\text{N}_2 = \frac{8,866 \cdot 100}{12,392} = 71,546\%;$$

$$O_2 = \frac{0,392 \cdot 100}{12,392} = 3,163\%.$$

Всього: $7,957 + 17,334 + 71,546 + 3,163 = 100\%$.

Таблиця 2.12 – Матеріальний баланс процесу горіння

Прихід	кг	Витрати	кг
Природний газ		Продукти горіння	
$CH_4 = 97,02 \cdot 0,717$	69,56	$CO_2 = 0,986 \cdot 100 \cdot 1,977$	194,93
$C_2H_6 = 0,297 \cdot 1,356$	0,40	$H_2O = 2,148 \cdot 100 \cdot 0,804$	172,70
$C_3H_8 = 0,099 \cdot 2,020$	0,20	$N_2 = 8,866 \cdot 100 \cdot 1,251$	1109,14
$C_4H_{10} = 0,099 \cdot 2,840$	0,28	$O_2 = 0,392 \cdot 100 \cdot 1,429$	56,02
$CO_2 = 0,297 \cdot 1,977$	0,59	Різниця:	-0,44
$N_2 = 1,188 \cdot 1,251$	1,49		
$H_2O = 1 \cdot 0,804$	0,80		
Повітря			
$O_2 = 196,218 \cdot 1,2 \cdot 1,429$	336,47		
$N_2 = 196,218 \cdot 1,2 \cdot 3,762 \times$ $\times 1,251$	1108,14		
$H_2O = 0,16 \cdot 10 \cdot 11,21 \times$ $\times 0,804$	14,42		
Підсумок:	1532,35		1532,35

Різниця балансу складає:

$$\frac{0,44 \cdot 100}{1532,35} = 0,03\%$$

Визначаємо теоретичну температуру горіння. Для цього знаходимо тепловміст продуктів горіння з врахуванням температури повітря при $\alpha=1,2$.

По $i-t$ -діаграмі (рис. 2.4) знаходимо теплоту нагріву атмосферного повітря.

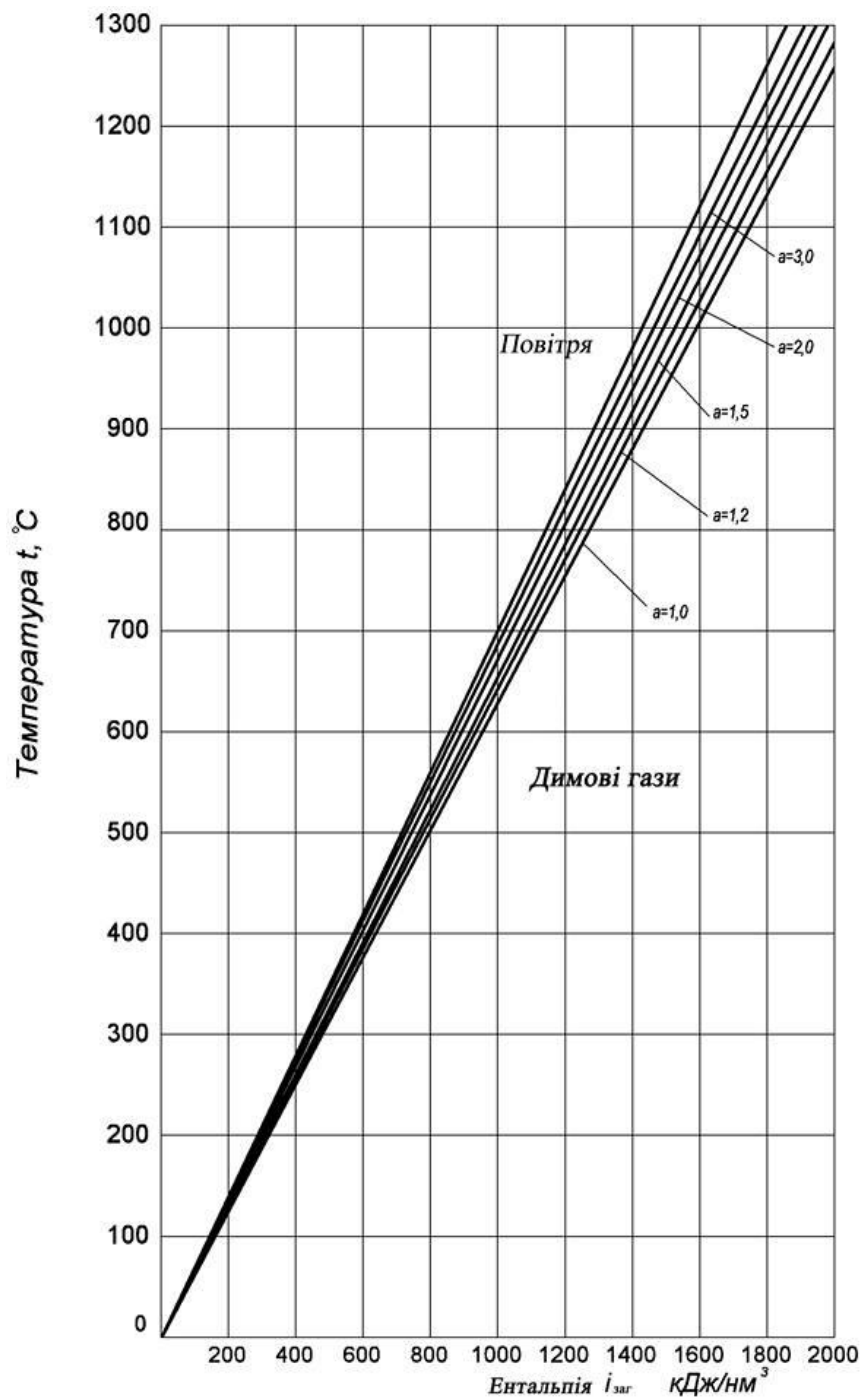


Рисунок 2.4 – i - t – діаграма для низьких температур

$$i'_{пов} = 33,4 \text{ кДж/м}^3.$$

Тоді:

$$i_{заг} = \frac{Q_H}{V_\alpha} + \frac{L'_\alpha \cdot i'_{пов}}{V_\alpha} = \frac{35149,7}{12,392} + \frac{11,39 \cdot 33,4}{12,392} = 2867,18 \text{ кДж/м}^3$$

Теоретичну та калориметричну температуру горіння з i - t – діаграми (рис.2.5).

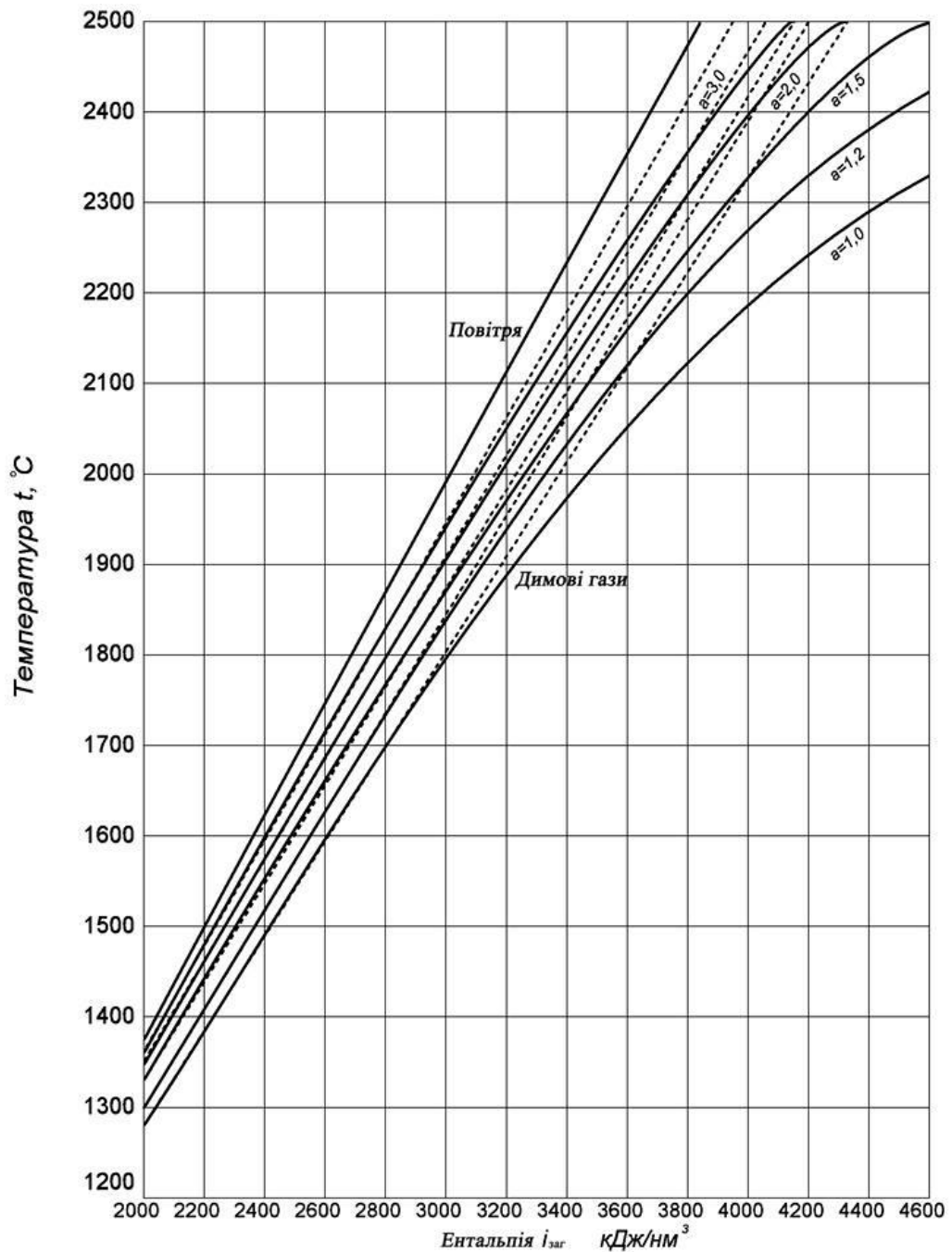


Рисунок 2.5 – i - t – діаграма для високих температур

Теоретична температура горіння при $\alpha=1,2$ дорівнює $t_{\text{теор}} = 1757^{\circ}\text{C}$.

Калориметрична температура горіння $t_{\text{к}} = 1784^{\circ}\text{C}$.

Визначаємо дійсну температуру горіння при коефіцієнті $\eta_{\text{п}}=0,75$:
розрахований тепловміст:

$$i'_{\text{заг}} = i_{\text{заг}} \cdot \eta_{\text{п}} = 2867,18 \cdot 0,75 = 2150,38 \text{ кДж/м}^3.$$

Дійсна температура горіння при $\alpha=1,2$ дорівнює $t_{\text{г}} = 1383^{\circ}\text{C}$.

2.6.2 Розрахунок основних розмірів тепло-технологічного агрегату

Вихідні дані до розрахунку:

Річна продуктивність (P)	$10 \cdot 10^6$ шт./рік;
Маса цегли ($m_{т.в.}$)	2,838 кг;
Розмір цегли	250×120×65 мм
Початкова вологість (W_p)	6 %;
Кінцева вологість (W_k)	0 %;
Температура випалу	1050 °С;
Час випалу (τ)	36 год;
Розрахунковий річний час роботи печі (z)	8760 год/рік;
Щільність садки (q)	211 шт./м ³ ;
Розмір вагонетки	3×2,4 м.

Встановлюємо, що піч буде працювати 365 днів на рік. Коефіцієнт використання обладнання (враховуючи зупинки печі) приймаємо рівним 0,97.

Плановий відсоток браку при випалі становить $m_b = 3\%$.

Продуктивність печі за годину $P_{год}$, з урахуванням коефіцієнту використання обладнання та браку при випалі, становить:

$$P_{год} = \frac{P}{z \cdot 0,97 \cdot \left(1 - \frac{m_b}{100\%}\right)} = \frac{10 \cdot 10^6}{8760 \cdot 0,97 \cdot \left(1 - \frac{3}{100\%}\right)} = 1213 \text{ шт/год}$$

Масова продуктивність печі:

$$G_M = P_{год} \cdot g = 1213 \cdot 2,838 = 3442,5 \text{ кг/год}$$

Ємність печі:

$$E = G_M \cdot \tau = 3442,5 \cdot 36 = 123930 \text{ кг} = 43668 \text{ шт}$$

Розміри вагонетки приймаємо одними з типових: ширина 2,4 м, довжина 3 м.

Ширина робочого каналу печі – В = 2,8 м; висота каналу печі – Н = 1,1 м. Тоді площа поперечного перерізу робочої частини каналу печі буде дорівнює:

$$S = B \cdot H = 2,8 \cdot 1,1 = 3,08 \text{ м}^2$$

Об'єм робочого каналу печі:

$$V = \frac{E}{q} = \frac{43668}{211} = 206,55 \text{ м}^3$$

Довжина робочого каналу:

$$L_p = \frac{V}{S} = \frac{206,55}{3,08} = 73,77 \text{ м}$$

Кількість вагонеток:

$$N = \frac{L_p}{l} = \frac{73,77}{3} = 24,6 \approx 25 \text{ шт}$$

Уточнюємо довжину печі:

$$L' = N \cdot l = 25 \cdot 3 = 75 \text{ м}$$

Довжина печі з урахуванням двох форкамер довжинами по 3 м:

$$L' = 75 + 2 \cdot 3 = 81 \text{ м}$$

Приймаємо довжину печі 81 м.

Довжини зон випалу печі:

1. Довжина зони охолодження:

$$L_{\text{ох}} = \frac{12}{36} \cdot 81 = 27 \text{ м}$$

2. Довжина зони підігріву та випалу:

$$L_{\text{п.в.}} = L' - L_{\text{ох}} = 81 - 27 = 54 \text{ м}$$

Виділяємо зону випалу, в якій розміщаємо 8 пар пальників, які розташовують через одну позицію один від одного. Це визначає довжину зони випалу:

$$L_{\text{випал}} = 3 \cdot 8 = 24 \text{ м}$$

3. Довжина зони підігріву:

$$L_{\text{нагрів}} = 54 - 24 = 30 \text{ м}$$

Конструктивні характеристики пічного вагона.

Таблиця 2.13 – Характеристика теплоізоляційних властивостей матеріалів вагонеток

№ шару	Матеріал шару	Товщина шару, м	Об'єм шару, м ³	Щільність, кг/м ³	Маса, кг
1	Шамот	0,065	1,04	1300	1352

2	Шамот	0,4	6,4	800	5120
---	-------	-----	-----	-----	------

Масу металокопункцій приймаємо рівною:

$$m_{\text{м.к.}} = 2200 \text{ кг.}$$

Тоді загальна маса вагонетки буде дорівнювати:

$$m_{\text{в}} = m_1 + m_2 + m_{\text{м.к.}} = 1352 + 5120 + 2200 = 8672 \text{ кг.}$$

Визначаємо масу вагонетки, що виходить із печі за 1 годину за формулою:

$$G_{\text{в}} = \frac{N \cdot m_{\text{в}}}{\tau},$$

де N – кількість вагонеток у печі; $m_{\text{в}}$ – загальна маса вагонетки, кг; τ – час випалу, год.

$$G_{\text{в}} = \frac{25 \cdot 8672}{36} = 6022,2 \text{ кг.}$$

Тоді швидкість руху вагонетки:

$$v = \frac{N}{\tau} = \frac{25}{36} = 0,69 \text{ ваг/год.}$$

Власне частота штовхання вагонетки $n = 86 \text{ хв.}$

Матеріальний баланс печі:

а) Годинна продуктивність печі:

$$G_{\text{М}} = P_{\text{год}} \cdot g = 1213 \cdot 2,838 = 3442,5 \text{ кг/год}$$

б) Визначаємо масу сухих та вологих виробів:

$$G_{\text{вир}}^{\text{сух}} = \frac{G_{\text{М}} \cdot 100}{100 - \text{ВПП}} = \frac{3442,5 \cdot 100}{100 - 14,68} = 4034,8 \text{ кг/год.};$$

$$G_{\text{вир}}^{\text{вол}} = \frac{G_{\text{вир}}^{\text{сух}} \cdot 100}{100 - W_{\text{п}}} = \frac{4034,8 \cdot 100}{100 - 6} = 4292,34 \text{ кг/год.}$$

в) визначаємо масу вологи, що видаляється за годину:

$$G_{\text{в}} = G_{\text{вир}}^{\text{вол}} - G_{\text{вир}}^{\text{сух}} = 4292,34 - 4034,8 = 257,54 \text{ кг/год.}$$

г) Маса газоподібних продуктів, які виділяються з виробу за годину:

$$G_{\text{г.п.}} = G_{\text{вир}}^{\text{сух}} - G_{\text{М}} = 4034,8 - 3442,5 = 592,31 \text{ кг/год.}$$

д) Маса відходів, що надходять у піч разом з цеглою за годину:

$$G_B = \frac{n_B \cdot G_{\text{вир}}^{\text{сух}}}{100} = \frac{20 \cdot 4034,8}{100} = 806,96 \text{ кг/год}$$

2.6.3 Тепловий баланс тунельної печі

Мета теплового балансу – визначити витрату палива, теплову потужність установки, витрати теплоти та повітря на окремі процеси, витрати теплоти на одиницю маси продукції, а також оцінити коефіцієнт корисної дії (ККД) печі. Для більш точного розрахунку проводиться складання двох теплових балансів: для зон підігріву та випалу і окремо для зони охолодження.

Основні статті надходження теплоти в зони підігріву та випалу:

1. Теплота, яка виділяється в процесі горіння палива в зоні випалу – Q_1^H :

$$Q_1^H = Q_H \cdot X,$$

$$Q_1^H = 35149,7 \cdot X \text{ кДж/год},$$

де Q_H – теплотворна здатність природного газу, кДж/м³; X – витрати газу, м³/год (визначається в результаті зведення теплового балансу).

2. Теплота, яка вноситься в зону підігріву гарячим повітрям із зони охолодження – Q_2^H :

$$Q_2^H = C_{\text{пов}} \cdot t_{\text{пов}} \cdot L'_\alpha \cdot X,$$

де $C_{\text{пов}}$ – питома теплоємність повітря, кДж/м³·К, за температури $t_{\text{пов}}$, °С; L'_α – витрата атмосферного повітря на спалювання 1 м³ природного газу, м³; X – витрати газу, м³/год (визначається в результаті зведення теплового балансу).

Приймаємо, що повітря в зону нагріву надходить з температурою дещо більшою, ніж середній перепад в садці виробів за зоною охолодження: $t_{\text{пов}}=560^\circ\text{C}$, відповідно питома теплоємність повітря за цієї температури становитиме $C_{\text{пов}} = 1,35 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{К}$.

Тоді, знаючи L'_α (з розрахунку палива), маємо:

$$Q_2^H = 1,35 \cdot 560 \cdot 11,39 \cdot X = 8610,84 \cdot X \text{ кДж/год}.$$

Основні статті витрат теплоти в зонах підігріву та випалу:

1. Теплота нагріву виробів Q^M до температури випалу – Q_1^B :

$$Q_1^B = Q^M = G_M \cdot (C_K \cdot t_K - C_{\Pi} \cdot t_{\Pi}),$$

де G_M – потужність печі за готовим матеріалом, кг/год; $C_K \cdot t_K$ – ентальпія (тепловміст) матеріалу за кінцевої температури випалу (1050 °С), кДж/кг; C_K – середня масова теплоємність матеріалу в інтервалі температур від t_{Π} до t_K , кДж/(кг·К); $C_{\Pi} \cdot t_{\Pi}$ – ентальпія (тепловміст) матеріалу на початку нагріву (20°С), кДж/кг.

Для матеріалу глиняної цегли питома теплоємність матеріалу може бути визначена з виразу $C = 0,837 + 0,000264 \cdot t$. Теплотою, яка вноситься в піч холодними виробами в першому наближенні можна знехтувати, оскільки вона є несуттєвою.

Тоді:

$$\begin{aligned} Q_1^B = Q^M &= 3442,5 \cdot ((0,837 + 0,000264 \cdot 1050) \cdot 1050) = \\ &= 4027415 \text{ кДж/год}. \end{aligned}$$

2. Теплота нагріву вагонеток $Q^{\text{ваг}}$ до температури випалу – Q_2^B :

Маса металевої конструкції вагонетки $m_M = 2200$ кг.

Маса першого шару шамотного вогнетриву вагонетки $m_1 = 1352$ кг.

Маса другого шару шамотного вогнетриву вагонетки $m_2 = 5120$ кг.

Питома теплоємність металу $C_M = 0,46$ кДж/(кг·°С).

Питома теплоємність першого шамоту $C_1 = 0,93$ кДж/(кг·°С).

Питома теплоємність другого шамоту $C_2 = 0,938$ кДж/(кг·°С).

Приймаємо температуру вагонеток на виході з зони випалу: $t_{\text{ваг}} = 1050^\circ\text{С}$.

Тепловміст однієї вагонетки:

$$\begin{aligned} Q^{\text{ваг}} &= m_M \cdot C_M \cdot t_{\text{ваг}} + m_1 \cdot C_1 \cdot t_{\text{ваг}} + m_2 \cdot C_2 \cdot t_{\text{ваг}} \\ Q^{\text{ваг}} &= 2200 \cdot 0,46 \cdot 1050 + 1352 \cdot 0,93 \cdot 1050 + 5120 \cdot 0,938 \cdot 1050 \\ Q^{\text{ваг}} &= 1012000 + 1257360 + 4802560 = 7425516 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

Швидкість переміщення вагонеток за годину $\nu = 0,69$ ваг/год.

Втрати теплоти:

$$Q_2^B = Q^{\text{вар}} \cdot \nu = 7425516 \cdot 0,69 = 5123606 \text{ кДж/год.}$$

3. Теплота, що виноситься з печі газами – Q_3^B .

В розрахунках будемо приймати до уваги тільки теплоту, що виноситься із печі з димовими газами. Для горіння природного газу заданого складу значення $V_\alpha = 12,392 \text{ м}^3$ димових газів на 1 м^3 .

Температуру димових газів на виході з печі приймаємо $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Ентальпію димових газів визначаємо з i - t – діаграми (рис. 2.1). Так, для $100 \text{ }^\circ\text{C}$ вона становитиме:

$I = 175 \text{ кДж/м}^3$, тоді:

$$Q_3^B = V_\alpha \cdot I \cdot X = 12,392 \cdot 175 \cdot X = 2168,6 \cdot X \text{ кДж/год.}$$

4. Теплота, що виноситься із зону випалу виробами – Q_4^B .

Для температури на виході з печі $t = 1050 \text{ }^\circ\text{C}$ питома теплоємність виробів може бути обчислена за формулою:

$$C = 0,837 + 0,000264 \cdot t = 0,837 + 0,000264 \cdot 1050 = 1,11 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$$

Втрати теплоти за годину:

$$Q_4^B = G_M \cdot C \cdot t_{\text{гор.вир.}} = 3442,5 \cdot 1,11 \cdot 1050 = 4012234 \text{ кДж/год.}$$

5. Теплота, яка витрачається на випаровування вологи – Q_5^B .

$$Q_5^B = G_W \cdot (2500 - 4,2 \cdot t_M),$$

де 2500 – питома теплота випаровування води, кДж/кг , $4,2$ – питома теплоємність води, кДж/кг , t_M – температура матеріалу, який надходить до печі, $^\circ\text{C}$.

$$Q_5^B = 257,54 \cdot 2500 = 643850 \text{ кДж/год.}$$

6. Теплота, яка витрачається на хімічні реакції – Q_6^B .

В процесі випалу глинистої сировини відбуваються ендотермічні реакції дегідратації глинистих мінералів та дисоціації карбонатів, які входять до складу вихідної сировини.

Єдиними сполуками кальцію і магнію в сировині є відповідні карбонати, які в процесі випалу розкладаються з виділенням CO_2 . Тепловий ефект декарбонізації CaCO_3 складає 3177 кДж/кг, а MgCO_3 2750 кДж/кг, відповідно.

Алюміній входить тільки до складу глинистої складової, тому за кількістю його оксиду, можна оцінити загальний вміст глини в сировині і, таким чином, вміст конституційної вода. Тепловий ефект дегідратації глини можна прийняти рівним 2090 кДж/кг для безводного Al_2O_3 .

Таким чином, відповідні витрати теплоти можна оцінити за вмістом оксидів: Al_2O_3 , CaO , MgO .

В цілому, теплота яка витрачається на хімічні реакції становить:

$$Q_6^B = \sum q_i \cdot G_i,$$

де q_i – теплота ендотермічних реакцій складових сировини, яка перерахована на 1 кг оксиду, кДж/кг; G_i – продуктивність печі в перерахунку на оксиду, кг/год.

Масова частка оксидів Al_2O_3 , CaO , MgO у вихідній сировині становить відповідно: 0,0896; 0,0771; 0,018.

Розрахунок здійснюється відносно визначеної раніше продуктивності печі $G_M = 3442,5$ кг/год.

Продуктивність печі за даними оксидами становить:

$$(\text{Al}_2\text{O}_3) G_1 = 3442,5 \cdot 0,0896 = 308,4 \text{ кг/год};$$

$$(\text{CaO}) G_2 = 3442,5 \cdot 0,0771 = 265,4 \text{ кг/год};$$

$$(\text{MgO}) G_3 = 3442,5 \cdot 0,018 = 62 \text{ кг/год}.$$

Тоді:

$$Q_6^B = 308,4 \cdot 2090 + 265,4 \cdot 3177 + 62 \cdot 2750 = 1658289 \text{ кДж/год}.$$

7. Теплота, що виноситься парами адсорбованої води та продуктами дегідрокристалізації глини – Q_7^B .

Кількість адсорбованої води та сумарна кількість газів, що утворюються при хімічних реакціях при випалі становлять відповідно $G_w = 257,54$ кг/год та $G_{г.п.} = 592,31$ кг/год.

Газоподібні продукти при випалі складаються з водяної пари та вуглекислого газу. Беручи до уваги дані хімічного складу видно, що кількість CO_2 суттєво менша за кількість водяної пари. Тому в подальшому розрахунку враховуємо тільки H_2O .

Тоді сумарна кількість H_2O , що виділяється становить:

$$G_w + G_{г.п.} = 257,54 + 592,31 = 849,85 \text{ кг/год.}$$

Густина парів води при $20^\circ C$ становить $0,804$ кг/м³.

Густина парів води при температурі газів, що відходять ($100^\circ C$):

$$0,804 \cdot \frac{20 + 273}{100 + 273} = 0,632 \text{ кг/м}^3.$$

Вихід парів води становитиме:

$$\frac{849,85}{0,632} = 1345,6 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Теплоємність води при $100^\circ C$ складає $1,5052$ кДж/(м³·К).

Тоді теплота, що виноситься парами води, складатиме:

$$Q_7^B = 1345,6 \cdot 1,5052 \cdot 100 = 202545 \text{ кДж/год.}$$

8. Втрати теплоти через огороження печі – Q_8^B , Q_9^B .

На відміну від усіх інших статей витрат, дана стаття не може бути обчислена узагальнено для всіх зон печі в цілому. Це пов'язано з тим, що конструкція печі і температура в зонах суттєво відрізняються. Тому витрати теплоти необхідно розрахувати окремо для двох зон: нагріву і витримки – Q_8^B , Q_9^B відповідно.

Оскільки температурні параметри трьох зон печі суттєво різняться, треба визначити середні їх значення.

Зона нагріву. Температура газів на вході – 1100 °С; на виході – 120 °С; середня температура 610 °С.

Зона випалу. Середню температуру газів приймаємо 1100 °С.

Зона охолодження. Температура газів (повітря) на вході – 20 °С; на виході – 560 °С; середня температура – 290 °С.

Ефективна товщина газового шару $S_{\text{еф}}$ визначається за формулою:

$$S_{\text{еф}} = \frac{3,6 \cdot V}{F},$$

де V – об'єм, що заповнений димовими газами між садкою і внутрішньою стінкою печі; F – площа стін та садки, що сприймають випромінювання.

$$V = (F_{\text{роб}} - F_{\text{сад}}) \cdot L_{\text{зони}}$$

$F_{\text{роб}}$ – площа робочого перерізу печі;

$F_{\text{сад}}$ – площа перерізу садки.

$$V = (2,8 \cdot 1,1 - 2 \cdot 0,7) \cdot 30 = 50,4 \text{ м}^3;$$

$$F = 2 \cdot 1,1 \cdot 30 + 2,8 \cdot 30 + 2 \cdot 30 + 2 \cdot 0,7 \cdot 30 = 252 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{еф}} = \frac{3,6 \cdot 50,4}{252} = 0,7 \text{ м}.$$

Парціальний тиск випромінюючих газів CO_2 і H_2O (в кН/м^2) визначається за їх вмістом у димових газах. Їх значення одержані за даними розрахунку горіння палива.

$$\text{CO}_2 - 8 \text{ кН/м}^2$$

$$\text{H}_2\text{O} - 17 \text{ кН/м}^2$$

Добуток $S_{\text{еф}} \cdot P$ становить:

$$\text{для } \text{CO}_2 - 8 \cdot 0,7 = 5,6 \text{ м} \cdot \text{кН/м}^2$$

$$\text{для } \text{H}_2\text{O} - 17 \cdot 0,7 = 11,9 \text{ м} \cdot \text{кН/м}^2$$

За цими значеннями визначаємо ступені чорноти ϵ_{CO_2} , $\epsilon_{\text{H}_2\text{O}}$ у зонах печі та поправочний коефіцієнт β .

Ступінь чорноти димових газів у зонах нагріву та випалу знаходимо за формулою:

$$\varepsilon_{\Gamma} = \varepsilon_{CO_2} + \beta \cdot \varepsilon_{H_2O}$$

Одержані результати приведені в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Результати визначення чорноти газів для двох зон печі

Зона	ε_{CO_2}	ε_{H_2O}	β	ε_{Γ}
Нагріву	0,09	0,16	1,1	0,266
Випалу	0,079	0,1	1,1	0,189
Охолодження	0,085	0,15	1,1	0,25

Розрахунок теплових втрат в зоні нагріву

Середня температури газів $t_{\Gamma} = 560$ °С. Приймаємо середню температури внутрішньої стінки $t_{ст1} = 500$ °С, а середню температури зовнішньої стінки $t_{ст2} = 50$ °С. Температура зовнішнього повітря $t_{п} = 20$ °С.

Приведений діаметр каналу приймаємо рівним $S_{сф}$

$$d = 0,7 \text{ м}$$

Приймаємо:

Ступінь чорноти стінок внутрішньої поверхні футерівки $\varepsilon_{\phi} = 0,9$.

Ступінь чорноти зовнішньої поверхні печі $\varepsilon_3 = 0,85$.

Ступінь чорноти димових газів $\varepsilon_{\Gamma} = 0,266$.

Густина потоку радіацією (Вт/м²):

$$\begin{aligned} q_p &= \frac{5,7}{\frac{1}{\varepsilon_{\phi}} + \frac{1}{\varepsilon_{\Gamma}} - 1} \cdot \left[\left(\frac{T_{\Gamma}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ст}}{100} \right)^4 \right] = \\ &= \frac{5,7}{\frac{1}{0,9} + \frac{1}{0,266} - 1} \cdot \left[\left(\frac{560 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{500 + 273}{100} \right)^4 \right] = \\ &= 1832,6 \text{ Вт/м}^2 \end{aligned}$$

Коефіцієнт тепловіддачі радіацією:

$$\alpha_p = \frac{q_p}{T_\Gamma - T_{\text{CT}}} = \frac{1832,6}{(560 + 273) - (500 + 273)} = 30,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot (\text{К}) \cdot$$

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією при турбулентному русі газу в каналах:

$$\alpha_k = 0,018 \cdot \frac{\lambda}{d} \cdot Re^{0,8} \cdot \varphi = 0,018 \cdot \frac{0,07}{0,7} \cdot 15556^{0,8} \cdot 1 = 4,1 \text{ Вт/м}^2 \cdot (\text{К}),$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності газів, Вт/(м·К); d – приведений діаметр каналу, м; Re – критерій Рейнольдса; φ – поправочний коефіцієнт, що залежить від співвідношення довжини каналу і приведенного діаметру каналу.

Попередньо визначений критерій Рейнольдса дорівнює:

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu} = \frac{2 \cdot 0,7}{0,00009} = 15556,$$

де ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості газів, м²/с; V – швидкість руху димових газів, м/с.

Сумарний коефіцієнт тепловіддачі дорівнює:

$$\alpha_1 = \alpha_k + \alpha_p = 4,1 + 30,5 = 34,6 \text{ Вт/м}^2 \cdot (\text{К}).$$

Тепловіддача від зовнішньої поверхні печі у навколишнє середовище.

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією:

$$\alpha_k = K \cdot \sqrt[4]{\Delta t} = 3 \cdot \sqrt[4]{50 - 20} = 7 \text{ Вт/м}^2 \cdot (\text{К}),$$

де K – коефіцієнт, що залежить від напрямку тепловіддачі: $K = 3,3$ (від склепіння – угору), $K = 2,6$ (від бокової стіни – вбік). Для спрощення приймаємо усереднене значення – $K = 3$.

Густина потоку радіацією:

$$\begin{aligned} q_p &= 5,7 \cdot \varepsilon_3 \cdot \left[\left(\frac{T_{\text{CT2}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_\Pi}{100} \right)^4 \right] = \\ &= 5,7 \cdot 0,85 \cdot \left[\left(\frac{50 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] = 170,3 \text{ Вт/м}^2. \end{aligned}$$

Коефіцієнт тепловіддачі радіацією:

$$\alpha_p = \frac{q_p}{T_{ст2} - T_{п}} = \frac{170,3}{(50 + 273) - (20 + 273)} = 5,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot (\text{К}).$$

Сумарний коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_2 = \alpha_k + \alpha_p = 7 + 5,7 = 12,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot (\text{К}).$$

Приймаємо наступну конструкцію стінки печі:

1-й шар – шамот.

Товщина $\delta_1 = 0,23$ м.

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_1 = 1,3$ Вт/(м·К).

2-й шар – шамот легковаговий.

Товщина $\delta_2 = 0,23$ м.

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_2 = 0,5$ Вт/(м·К).

3-й шар – цегла.

Товщина $\delta_3 = 0,25$ м.

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_3 = 0,8$ Вт/(м·К).

Загальний коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{34,6} + \frac{0,23}{1,3} + \frac{0,23}{0,5} + \frac{0,25}{0,8} + \frac{1}{12,7}} = 0,95 \text{ Вт/м}^2 \cdot (\text{К}).$$

Середня густина теплового потоку в зоні нагріву:

$$q = K \cdot (t_{г} - t_{п}) = 0,95 \cdot (560 - 20) = 510,8 \text{ Вт/м}^2$$

або

$$q = 3,6 \cdot 510,8 = 1839 \text{ кДж/}(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

Перевірка температур:

$$T_{ст1} = T_{г} - \frac{q}{\alpha_1} = 560 - \frac{510,8}{34,6} = 545 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_{ст2} = 20 + \frac{q}{\alpha_2} = 20 + \frac{510,8}{12,7} = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Площа бокових стін і склепіння в каналі зони підігріву:

$$F = L_{НАГР} \cdot (2 \cdot B_K + H_K) = 30 \cdot (2 \cdot 1,1 + 2,8) = 150 \text{ м}^2.$$

Втрати теплоти через огороження зони нагріву:

$$Q_8^B = q \cdot F = 1839 \cdot 150 = 275855 \text{ кДж/год.}$$

Розрахунок теплових втрат в зоні випалу.

Середня температури газів $t_r = 1100 \text{ }^\circ\text{C}$. Приймаємо середню температури внутрішньої стінки $t_{ст1} = 1090 \text{ }^\circ\text{C}$, а середню температури зовнішньої стінки $t_{ст2}=90 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура зовнішнього повітря $t_{п}= 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Приймаємо:

Ступінь чорноти стінок внутрішньої поверхні футерівки $\varepsilon_\phi = 0,9$.

Ступінь чорноти зовнішньої поверхні печі $\varepsilon_3 = 0,85$.

Ступінь чорноти димових газів $\varepsilon_r = 0,048$.

Густина потоку радіацією ($\text{Вт}/\text{м}^2$):

$$\begin{aligned} q_p &= \frac{5,7}{\frac{1}{\varepsilon_\phi} + \frac{1}{\varepsilon_r} - 1} \cdot \left[\left(\frac{T_r}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ст}}{100} \right)^4 \right] = \\ &= \frac{5,7}{\frac{1}{0,9} + \frac{1}{0,189} - 1} \cdot \left[\left(\frac{1100 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{1090 + 273}{100} \right)^4 \right] = \\ &= 1080,5 \text{ Вт}/\text{м}^2 \end{aligned}$$

Коефіцієнт тепловіддачі радіацією:

$$\alpha_p = \frac{q_p}{T_r - T_{ст}} = \frac{1080,5}{(1100 + 273) - (1090 + 273)} = 108,1 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot (\text{К}) \cdot$$

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією при турбулентному русі газу в каналах:

$$\alpha_k = 0,018 \cdot \frac{\lambda}{d} \cdot Re^{0,8} \cdot \varphi = 0,018 \cdot \frac{0,11}{0,7} \cdot 14737^{0,8} \cdot 1 = 6,1 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot (\text{К}),$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності газів, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; d – приведений діаметр каналу, м; Re – критерій Рейнольдса; φ – поправочний коефіцієнт, що залежить від співвідношення довжини каналу і приведенного діаметру каналу.

Попередньо визначений критерій Рейнольдса дорівнює:

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu} = \frac{4 \cdot 0,7}{0,00019} = 14737,$$

де ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості газів, м²/с; V – швидкість руху димових газів, м/с.

Сумарний коефіцієнт тепловіддачі дорівнює:

$$\alpha_1 = \alpha_k + \alpha_p = 6,1 + 108,1 = 114,2 \text{ Вт/м}^2 \cdot (\text{К}).$$

Тепловіддача від зовнішньої поверхні печі у навколишнє середовище.

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією:

$$\alpha_k = K \cdot \sqrt[4]{\Delta t} = 3 \cdot \sqrt[4]{90 - 20} = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot (\text{К}),$$

де K – коефіцієнт, що залежить від напрямку тепловіддачі: $K = 3,3$ (від склепіння – угору), $K = 2,6$ (від бокової стіни – вбік). Для спрощення приймаємо усереднене значення – $K = 3$.

Густина потоку радіацією:

$$\begin{aligned} q_p &= 5,7 \cdot \varepsilon_3 \cdot \left[\left(\frac{T_{\text{ст}2}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{п}}}{100} \right)^4 \right] = \\ &= 5,7 \cdot 0,85 \cdot \left[\left(\frac{90 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] = 484,2 \text{ Вт/м}^2. \end{aligned}$$

Коефіцієнт тепловіддачі радіацією:

$$\alpha_p = \frac{q_p}{T_{\text{ст}2} - T_{\text{п}}} = \frac{484,2}{(90 + 273) - (20 + 273)} = 6,9 \text{ Вт/м}^2 \cdot (\text{К}).$$

Сумарний коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_2 = \alpha_k + \alpha_p = 8,7 + 6,9 = 15,6 \text{ Вт/м}^2 \cdot (\text{К}).$$

Приймаємо наступну конструкцію стінки печі:

1-й шар – шамот.

Товщина $\delta_1 = 0,23$ м.

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_1 = 1,3$ Вт/(м·К).

2-й шар – шамот легковаговий.

Товщина $\delta_2 = 0,23$ м.

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_2 = 0,5 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

3-й шар – цегла.

Товщина $\delta_3 = 0,25 \text{ м}$.

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_3 = 0,8 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

Загальний коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{114,2} + \frac{0,23}{1,3} + \frac{0,23}{0,5} + \frac{0,25}{0,8} + \frac{1}{15,6}} = 0,98 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot (\text{К})$$

Середня густина теплового потоку в зоні нагріву:

$$q = K \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{п}}) = 0,98 \cdot (1100 - 20) = 1056,4 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

$$q = 3,6 \cdot 1056,4 = 3803,2 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Перевірка температур:

$$T_{\text{ст1}} = T_{\text{г}} - \frac{q}{\alpha_1} = 1150 - \frac{1056,4}{114,2} = 1091 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{ст2}} = 20 + \frac{q}{\alpha_2} = 20 + \frac{1056,4}{15,6} = 88 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Площа бокових стін і склепіння в каналі зони підігріву:

$$F = L_{\text{ВИП}} \cdot (2 \cdot B_{\text{К}} + H_{\text{К}}) = 24 \cdot (2 \cdot 1,1 + 2,8) = 120 \text{ м}^2.$$

Втрати теплоти через огороження зони нагріву:

$$Q_{\text{в}}^{\text{в}} = q \cdot F = 3803,2 \cdot 120 = 456379 \text{ кДж}/\text{год}.$$

Прирівнюємо статті надходження та витрат і отримаємо рівняння теплового балансу:

$$35149,7 \cdot X + 8610,84 \cdot X = 4027415 + 5123606 + 2168,6 X + 4012234 + \\ + 643850 + 1658289 + 202545 + 275855 + 456379$$

Підсумок статей з множником X та без нього дає тотожність:

$$41591,94 \cdot X = 16400172$$

Отже, кількість необхідна для забезпечення функціонування печі відповідно до обраного теплового режиму становитиме: $X = 394,3 \text{ м}^3/\text{год}$.

За даними розрахунків складаємо тепловий баланс (таблиця 2.15).

Таблиця 2.15 – Тепловий баланс печі за зонами підігріву та випалу

Статті надходження	з/п	кДж/год	Статті витрат	з/п	кДж/год
Теплота згоряння палива	Q^H_1	13859924	Теплота нагріву виробів до температури випалу	Q^B_1	4027415
Теплота повітря з зони охолодження	Q^H_2	3395351	Теплота нагріву вагонеток до температури випалу	Q^B_2	5123606
			Теплота, що виноситься з печі газами	Q^B_3	855104
			Теплота, що виноситься з печі виробами	Q^B_4	4012234
			Теплота, яка витрачається на випаровування вологи	Q^B_5	643850
			Теплота, яка витрачається на хімічні реакції	Q^B_6	1658289
			Теплота, що виноситься парами	Q^B_7	202545
			Втрати тепла через огороження печі	Q^B_8 Q^B_9	275855 456379
Разом:		17255276	Разом:		17255276

Питомі витрати газу становитимуть:

$$q = \frac{X}{G_M} = \frac{394,3}{3,443} = 114,54 \text{ м}^3/\text{т}.$$

Тепловий баланс зони охолодження складається для того, щоб визначити витрату повітря, необхідного на охолодження матеріалу $V_{\text{пов}}$.

Основні статті надходження теплоти в зону охолодження:

1. Теплота, що вноситься випаленими виробами – Q^{pp}_1 .

Ця стаття приходу чисельно рівна теплоті, що виноситься випаленими виробами із зони випалу:

$$Q^{pp}_1 = Q^B_4 = 4012234 \text{ кДж/год.}$$

2. Теплота, що вноситься транспортом – Q^{pp}_2 .

Теплота, що вноситься транспортом, чисельно дорівнює теплоті, що виноситься транспортом із зони випалу:

$$Q^{pp}_2 = Q^B_2 = 5123606 \text{ кДж/год.}$$

Основні статті витрат теплоти в зоні охолодження:

1. Теплота, що виноситься виробами із печі – Q^p_1 .

Для температури на виході з печі $t_{\text{гот.вир.}} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ питома теплоємність виробів може бути обчислена за формулою:

$$\begin{aligned} C &= 0,837 + 0,000264 \cdot t_{\text{гот.вир.}} = 0,837 + 0,000264 \cdot 50 = \\ &= 0,8502 \text{ кДж/кг} \cdot \text{K} \end{aligned}$$

Втрати теплоти за годину:

$$Q^p_1 = G_M \cdot C \cdot t_{\text{гот.вир.}} = 3442,5 \cdot 0,8502 \cdot 50 = 146341 \text{ кДж/год.}$$

2. Теплота, що виноситься транспортом – Q^p_2 .

Маса металевої конструкції вагонетки $m_M = 2200 \text{ кг}$.

Маса першого шару шамотного вогнетриву вагонетки $m_1 = 1352 \text{ кг}$.

Маса другого шару шамотного вогнетриву вагонетки $m_2 = 5120 \text{ кг}$.

Питома теплоємність металу $C_M = 0,46 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$.

Питома теплоємність першого шамоту $C_1 = 0,93 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$.

Питома теплоємність другого шамоту $C_2 = 0,938 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$.

Приймаємо температуру вагонеток на виході з зони охолодження:

$$t_{\text{ваг}} = 50 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Тепловміст однієї вагонетки:

$$Q^{\text{ваг}} = m_{\text{м}} \cdot C_{\text{м}} \cdot t_{\text{ваг}} + m_1 \cdot C_1 \cdot t_{\text{ваг}} + m_2 \cdot C_2 \cdot t_{\text{ваг}}$$

$$Q^{\text{ваг}} = 2200 \cdot 0,46 \cdot 50 + 1352 \cdot 0,93 \cdot 50 + 5120 \cdot 0,938 \cdot 50$$

$$Q^{\text{ваг}} = 50600 + 62868 + 240128 = 353596 \text{ кДж.}$$

Швидкість переміщення вагонеток за годину $v = 0,69$ ваг/год.

Втрати теплоти:

$$Q_2^{\text{р}} = Q^{\text{ваг}} \cdot v = 353596 \cdot 0,69 = 243981 \text{ кДж/год.}$$

3. Теплота, що відноситься повітрям в зону нагріву – $Q_3^{\text{р}}$.

$$Q_3^{\text{р}} = m \cdot L'_\alpha \cdot V_{\text{пов}} \cdot C_{\text{пов}} \cdot t_{\text{пов}}$$

Приймаємо, $t_{\text{пов}}=560^\circ\text{C}$, відповідно питома теплоємність повітря за цієї температури становитиме $C_{\text{пов}} = 1,35 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{К}$; m – доля підігрітого повітря йде на горіння. Тоді:

$$Q_3^{\text{р}} = 0,25 \cdot 11,39 \cdot V_{\text{пов}} \cdot 1,35 \cdot 560 = 2152,71 \cdot V_{\text{пов}}$$

4. Втрати тепла через огородження печі – $Q_4^{\text{р}}$.

Розрахунок теплових втрат в зоні охолодження.

Середня температури газів $t_{\text{г}} = 290$ °С. Приймаємо середню температури внутрішньої стінки $t_{\text{ст1}} = 200$ °С, а середню температури зовнішньої стінки $t_{\text{ст2}}=50$ °С. Температура зовнішнього повітря $t_{\text{п}}= 20$ °С.

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією при турбулентному русі газу в каналах:

$$\alpha_k = 0,018 \cdot \frac{\lambda}{d} \cdot Re^{0,8} \cdot \varphi = 0,018 \cdot \frac{0,05}{0,7} \cdot 39326^{0,8} \cdot 1 = 6,1 \text{ Вт/м}^2 \cdot (\text{К}),$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності газів, Вт/(м·К); d – приведений діаметр каналу, м; Re – критерій Рейнольдса; φ – поправочний коефіцієнт, що залежить від співвідношення довжини каналу і приведенного діаметру каналу.

Попередньо визначений критерій Рейнольдса дорівнює:

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu} = \frac{2,5 \cdot 0,7}{0,000045} = 39326,$$

де ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості газів, м²/с; V – швидкість руху димових газів, м/с.

Сумарний коефіцієнт тепловіддачі дорівнює:

$$\alpha_1 = \alpha_k = 6,1 \text{ Вт/м}^2 \cdot (\text{К})$$

Тепловіддача від зовнішньої поверхні печі у навколишнє середовище.

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією:

$$\alpha_k = K \cdot \sqrt[4]{\Delta t} = 3 \cdot \sqrt[4]{50 - 20} = 7 \text{ Вт/м}^2 \cdot (\text{К})$$

де K – коефіцієнт, що залежить від напрямку тепловіддачі: $K = 3,3$ (від склепіння – угору), $K = 2,6$ (від бокової стіни – вбік). Для спрощення приймаємо усереднене значення – $K = 3$.

Сумарний коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_2 = \alpha_k = 7 \text{ Вт/м}^2 \cdot (\text{К})$$

Приймаємо наступну конструкцію стінки печі:

Приймаємо наступну конструкцію стінки печі:

1-й шар – шамот.

Товщина $\delta_1 = 0,23$ м.

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_1 = 1,3$ Вт/(м·К).

2-й шар – шамот легковаговий.

Товщина $\delta_2 = 0,23$ м.

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_2 = 0,5$ Вт/(м·К).

3-й шар – цегла.

Товщина $\delta_3 = 0,25$ м.

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_3 = 0,8$ Вт/(м·К).

Загальний коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{6,1} + \frac{0,23}{1,3} + \frac{0,23}{0,5} + \frac{0,25}{0,8} + \frac{1}{7}} = 0,8 \text{ Вт/м}^2 \cdot (\text{К})$$

Середня густина теплового потоку в зоні нагріву:

$$q = K \cdot (t_r - t_n) = 0,8 \cdot (290 - 20) = 215 \text{ Вт/м}^2$$

$$q = 3,6 \cdot 215 = 773,9 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

Перевірка температур:

$$T_{\text{ст1}} = T_{\text{г}} - \frac{q}{\alpha_1} = 290 - \frac{215}{6,1} = 255^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{ст2}} = 20 + \frac{q}{\alpha_2} = 20 + \frac{215}{7} = 51^\circ\text{C}.$$

Площа бокових стін і склепіння в каналі зони охолодження:

$$F = L_{\text{охол}} \cdot (2 \cdot B_K + H_K) = 27 \cdot (2 \cdot 1,1 + 2,8) = 135 \text{ м}^2.$$

Втрати теплоти через огороження зони охолодження:

$$Q_4^p = q \cdot F = 773,9 \cdot 135 = 104478 \text{ кДж}/\text{год}.$$

Прирівнюємо статті надходження та витрат і отримаємо рівняння теплового балансу:

$$4012234 + 5123606 = 146341 + 243981 + 2152,71 \cdot V_{\text{пов}} + 104478$$

Підсумок статей з множником $V_{\text{пов}}$ та без нього дає тотожність:

$$2152,71 \cdot V_{\text{пов}} = 8641040$$

Отже, витрата повітря, необхідного на охолодження матеріалу становить: $V_{\text{пов}} = 4014 \text{ м}^3/\text{год}$.

За даними розрахунків складаємо тепловий баланс (таблиця 2.16).

Таблиця 2.16 – Тепловий баланс печі за зоною охолодження

Статті надходження	з/п	кДж/год	Статті витрат	з/п	кДж/год
Теплота, що вноситься випаленими виробами	$Q^{\text{пр}}_1$	4012234	Теплота, що виноситься виробами із печі	Q^p_1	146341
Теплота, що вноситься транспортом	$Q^{\text{пр}}_2$	5123606	Теплота, що виноситься транспортом	Q^p_2	243981
			Теплота, що відноситься повітрям в зону нагріву	Q^p_3	8641040
			Втрати тепла через огороження печі	Q^p_4	104478
Разом:		9135840	Разом:		9135840

Складаємо зведений тепловий баланс печі (таблиця 2.17).

Таблиця 2.17 – Зведений тепловий баланс печі

Статті надходження	кДж/год	Статті витрат	кДж/год
Теплота згоряння палива	13859924	Теплота, що виноситься виробами із печі	4158574
Теплота повітря з зони охолодження	3395352	Теплота, що виноситься транспортом	5367587
Теплота, що вноситься випаленими виробами	4012234	Теплота, що відноситься повітрям в зону нагріву	8641040
Теплота, що вноситься транспортом	5123606	Втрати тепла через огородження печі	836712
		Теплота нагріву виробів до температури випалу	4027415
		Теплота, що виноситься з печі газами	855104
		Теплота, яка витрачається на випаровування вологи	643850
		Теплота, яка витрачається на хімічні реакції	1658289
		Теплота, що виноситься парами	202545
Разом:	26391116	Разом:	26391115,6

Нев'язка балансу складає:

$$H = (26391116 - 26391115,6) \cdot 100 / 26391115,6 = 1,41 \cdot 10^{-14} \%$$

Продуктивні витрати:

$$8641040 + 4027415 + 643850 + 1658289 + 202545 = 15173139 \text{ кДж/год.}$$

$$\text{ККД} = \frac{15173139}{26391116} \cdot 100\% = 57,5 \%$$

2.6.4 Розрахунок аеродинамічних параметрів

Вихідні дані:

1. Об'єм продуктів горіння, які утворюються при спалюванні 1 м³ палива: $V_{\alpha} = 12,392 \text{ м}^3$.
2. Теоретично необхідна кількість атмосферного повітря з урахуванням його вологості: $L_0' = 9,49 \text{ м}^3/\text{м}^3$.
3. Дійсна кількість атмосферного повітря з урахуванням коефіцієнту надлишку $\alpha=1,2$: $L_{\alpha}' = 11,39 \text{ м}^3/\text{м}^3$.
4. $\Delta V = V_{\alpha} - L_{\alpha}' = 12,392 - 11,39 = 1 \text{ м}^3/\text{м}^3$.
5. Кількість палива, що спалюється в печі за 1 годину: $V_{\text{газу}}=394,3 \text{ м}^3/\text{год}$.
6. Температура вихідних димових газів: $t_{\text{відх.}} = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$.
7. Температура газів в зоні випалу: $t_{\text{вип}} = 1100 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Розрахунок аеродинамічних опорів

Розрахуємо секундну кількість продуктів горіння:

$$V'_{\text{дим}} = \frac{V_{\text{газу}} \cdot V_{\alpha}}{3600} = \frac{394,3 \cdot 12,392}{3600} = 1,36 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Кількість відхідних з печі димових газів при $\alpha = 3,5$ з врахуванням продуктів дегазації в кількості 1345,6 м³/год складає:

$$V''_{\text{дим}} = \frac{V_{\text{газу}} \cdot (L_0' \cdot \alpha + \Delta V) + 1345,6}{3600} = \frac{394,3 \cdot (9,49 \cdot 3,5 + 1) + 1345,6}{3600} = 4,12 \text{ м}^3/\text{с},$$

а потрапляє в димосос при $\alpha = 4$:

$$V'''_{\text{дим}} = \frac{V_{\text{газу}} \cdot (L_0' \cdot \alpha + \Delta V) + 1608,1}{3600} = \frac{394,3 \cdot (9,49 \cdot 4 + 1) + 1345,6}{3600} = 4,64 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Розрахунок виконуємо у вигляді таблиці 2.9. Опори підраховуємо за загальною формулою:

$$h_{\text{пот}} = \xi \cdot \frac{v_0^2}{2} \cdot \rho_0 \cdot (1 + \beta \cdot t),$$

де $\xi = \lambda \cdot l/d$ – величина опори на тертя (додаток 45 Левченко); v_0 – швидкість газу, м/с; $(1 + \beta \cdot t)$ – додаток 41 Левченко.

Кількість газів, що проходять по робочому простору печі, знаходимо як середнє:

$$V_0 = \frac{V'_{\text{дим}} + V''_{\text{дим}}}{2} = \frac{1,36 + 4,12}{2} = 2,74 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Вільний переріз для проходу газів в садці складає приблизно 50 % від загального перерізу тунелю. Тоді вільний переріз буде дорівнювати:

$$F = 0,5 \cdot 2,8 \cdot 1,1 = 1,54 \text{ м}^2.$$

За відомими V_0 та F знаходимо швидкість газу:

$$v_0 = \frac{V_0}{F} = \frac{2,74}{1,54} = 1,78 \text{ м/с}.$$

Для продуктів горіння приймаємо $\rho_0 = 1,3 \text{ кг/м}^3$. Температура газів в зоні випалу $1100 \text{ }^\circ\text{C}$, а на виході з печі в димоходи – $100 \text{ }^\circ\text{C}$, то середню температуру можна прийняти рівною $\frac{1100+100}{2} = 600 \text{ }^\circ\text{C}$.

Коефіцієнт опору садки знаходимо за формулою:

$$\xi_c = 0,4 \cdot L = 0,4 \cdot (30 + 0,5 \cdot 24) = 16,8,$$

де L – загальна довжина зони підігріву та половина зони випалу.

Значення λ і l/d в даному випадку не потрібні.

Тоді:

$$h_{\text{пот}} = \xi \cdot \frac{v_0^2}{2} \cdot \rho_0 \cdot (1 + \beta \cdot t) = 16,8 \cdot 1,58 \cdot 1,3 \cdot 3,11 = 107,45 \text{ Н/м}^2.$$

Далі розраховуємо наступні опори до виходу димових газів в атмосферу.

Дані, які необхідні для подальшого розрахунку:

Для двох поворотів на 90° в каналі

$$V_0 = \frac{V''_{\text{дим}}}{6} = \frac{4,12}{6} = 0,69 \text{ м}^3/\text{с},$$

де 6 – кількість димовідвідних каналів.

Площа перерізу одного димовідвідного каналу діаметром 550 мм:

$$F = \frac{3,14 \cdot (0,55^2)}{4} = 0,24 \text{ м}^2.$$

Загальна площа перерізу димовідвідних каналів дорівнює $0,24 \cdot 6 = 1,44 \text{ м}^2$. Відношення перерізів при повороті з печі в канали складає:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{1,44}{1,54} = 0,9.$$

Коефіцієнт опору як для повороту з нішою збільшуємо на 0,5:

$$\xi_2 = 1,63 + 0,5 = 2,13.$$

Опір димовідвідних каналів рахуємо за найбільш віддаленим від димососу каналу. Коефіцієнт опору при повороті на 90° для коліна круглого перерізу $\xi = 0,39$. Для двох поворотів:

$$\xi_3 = 0,39 \cdot 2 = 0,78.$$

Вважаємо, що в димовідвідному каналі регулюючий шибер відкритий на 80 %, $\xi_4 = 0,39$.

Переріз збірного димоходу з кожного боку печі в кінці злиття потоків дорівнює $0,5 \text{ м}^2$ (діаметр 800 мм). Середню швидкість газів на цій ділянці розраховуємо за середньою кількістю газів та середнім діаметром:

$$V_{\text{ср}} = \frac{0,69 + 2,06}{2} = 1,37 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$d_{\text{ср}} = \frac{500 + 800}{2} = 650 \text{ мм } (F = 0,332 \text{ м}^2);$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{1,37}{0,332} = 4,14 \text{ м/с}.$$

Загальна довжина трубопроводу на даній ділянці – 15 м, відношення $l/d=22,2$.

Подальше заповнення таблиці та розрахунок не потребує пояснення.

Таблиця 2.18 – Розрахунок аеродинамічних опорів на шляху димових газів

Назва опору	V_0 , м ³ /с	F , м ²	v_0 , м/с	$v_0^2/2$	ρ_0 , кг/м ³	t , град	$1+\beta t$	λ	l/d	ξ	$h_{пот}$, Н/м ²
Опір садки	2,74	1,54	1,78	1,58	1,3	600	3,11	-	-	16,80	107,45
Вхід у відбірні канали	4,12	1,54	2,68	3,58	1,3	100	1,37	-	-	2,13	13,58
Два повороти на 90° в каналі	0,69	0,24	2,86	4,10	1,3	100	1,37	-	-	0,78	5,69
Опір регулюючого шиберу	0,69	0,24	2,86	4,10	1,3	100	1,37	-	-	0,39	2,84
Тертя в трубопроводі збірного димоходу	1,37	0,33	4,14	8,56	1,3	97	1,36	0,04	22,2	0,89	13,45
Поворот на 90° над піччю	2,06	0,5	4,12	8,49	1,3	97	1,36	-	-	0,39	5,86
Два повороти на 90° до димососу	4,12	1,04	3,96	7,85	1,3	97	1,36	-	-	0,78	10,83
Тертя в загальному димоході	4,12	1,04	3,96	7,85	1,3	97	1,36	0,04	8	0,32	4,44
Опір поворотної заслінки	4,12	1,04	3,96	7,85	1,3	90	1,33	-	-	1,54	20,91
Тертя в димовій трубі	4,64	1,13	4,11	8,43	1,3	80	1,29	0,035	22,7	0,79	11,24
Вихід газів в атмосферу	4,64	1,13	4,11	8,43	1,3	60	1,22	-	-	1,06	14,18
Разом											210,47

Розрахунок вентилятора

1. Повний тиск, який створює вентилятор:

$$P_{\Pi} = P_{ст} + \rho \cdot \frac{v^2}{2},$$

де

$$P_{ст} = 210,47 \text{ Н/м}^2;$$

ρ – густина димових газів при 100 °С:

$$\rho = \frac{1,3}{\left(1 + \frac{100}{273}\right)} = 0,95 \text{ кг/м}^3;$$

v – швидкість димових газів, 4 м/с.

Тоді:

$$P_{\text{п}} = 210,47 + 0,95 \cdot \frac{4^2}{2} = 218,1 \text{ Н/м}^2.$$

2. Продуктивність вентилятора:

$$V = V_{\text{дим}}''' \cdot 3600 = 16708 \text{ м}^3/\text{год}.$$

3. За допомогою номограми для підбору вентиляторів низького тиску обираємо вентилятор ВД-12 з продуктивністю 27500 м³/год, повним тиском 2180 Н/м², швидкістю обертання 730 об./хв та потужністю електродвигуна 17,5 кВт.

Розрахунок димової труби

Приймаємо орієнтовну висоту труби 50 метрів.

Для цієї висоти температура димових газів зменшується на $\Delta t=0,5$ °С/хв.

Температура газів на виході з труби:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{очн}} - H \cdot \Delta t = 100 - 50 \cdot 0,5 = 75 \text{ °С}.$$

Середня температура газів в трубі:

$$t_{\text{ср}} = \frac{100 + 75}{2} = 87,5 \text{ °С}.$$

Визначаємо середню густину газу і навколишнього повітря, приймаючи для продуктів горіння $\rho_0 = 1,3 \text{ кг/м}^3$.

$$\rho_t^{\text{газ}} = \frac{1,3}{1 + \frac{87,5}{273}} = 0,984 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_t^{\text{пов}} = \frac{1,29}{1 + \frac{20}{273}} = 1,2 \text{ кг/м}^3.$$

Знаходимо діаметр виходу труби, приймаючи швидкість газів $v_0 = 4$ м/с:

$$D_B = \sqrt{\frac{V}{3600 \cdot 0,785 \cdot v_0}} = \sqrt{\frac{16708}{3600 \cdot 0,785 \cdot 4}} = 1,22 \text{ м,}$$

приймаємо $D_B = 1,3$ м, тоді:

$$v_{0B} = \frac{16708}{3600 \cdot 0,785 \cdot 1,3} = 4,55 \text{ м/с.}$$

Діаметр основи труби:

$$D_{\text{осн}} = 1,5 \cdot D_B = 1,5 \cdot 1,3 = 1,95 \text{ м.}$$

Середній діаметр:

$$D_{\text{ср}} = \frac{1,95 + 1,3}{2} = 1,63 \text{ м.}$$

Середня швидкість газів в трубі дорівнює:

$$v_{\text{ср}} = \frac{16708}{3600 \cdot 0,785 \cdot 1,63} = 3,64 \text{ м/с.}$$

Визначимо коефіцієнт тертя λ ; критерій Рейнольдса при $\nu_i = 0,0000203 \text{ м}^2/\text{с}$ складає:

$$Re = \frac{3,64 \cdot 1,63}{0,0000203} = 2,91 \cdot 10^5.$$

Ступінь шорсткості стінок:

$$\varepsilon = \frac{k}{D_{\text{ср}}} = \frac{6}{1630} = 0,004.$$

Отримаємо $\lambda = 0,032$.

Коефіцієнт опору $\zeta = 1,06$.

Висоту димової труби H (м) визначим рішенням рівняння:

$$191,65 = H \cdot 9,81 \cdot (1,2 - 0,984) - 0,032 \cdot \frac{H}{1,63} \cdot \frac{3,64^2}{2} \cdot 1,3 \cdot \left(1 + \frac{87,5}{273}\right) - 1,06 \cdot \frac{4,55^2}{2} \cdot 1,3 \times \left(1 + \frac{75}{273}\right)$$

Звідки $H = 113$ м.

Приймаємо висоту димової труби $H = 113$ м.

2.7 Генеральний план підприємства

2.7.1 Вибір та розрахунки кількості основного технологічного обладнання

Розрахунок технологічного обладнання безперервної дії, продуктивність якого наведена в одиницях об'єму проводять за формулою:

$$n = \frac{M_{\Gamma}}{q \cdot \rho \cdot k_1 \cdot k_2},$$

де M_{Γ} – годинна маса матеріалу, яка повинна перероблятися цим обладнанням; q – продуктивність одиниці обладнання, м³/год; ρ – густина матеріалу, кг/м³; k_2 – коефіцієнт завантаження, $k_2 = 0,8-0,9$; k_1 – коефіцієнт використання устаткування, $k_1 = 0,9-0,95$.

Кількість обладнання безперервної дії, продуктивність якого наведена в одиницях маси, розраховують за формулою:

$$n = \frac{M_{\Gamma}}{q \cdot k_1 \cdot k_2}$$

Кількість обладнання безперервної дії, продуктивність якого наведена в одиницях кількості виробів на годину, розраховують за формулою:

$$n = \frac{P_{\Gamma}}{q \cdot k_1 \cdot k_2},$$

де P_{Γ} – годинна кількість виробів (шт. або м²), яка повинна перероблятися цим обладнанням.

Масозаготівельний цех:

1) Розраховуємо кількість глинорозпушувачів, $q = 50000$ кг/год:

$$n = \frac{3,74 \cdot 10^3}{50000 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,1.$$

Приймаємо один глинорозпушувач.

2) Розраховуємо кількість ящиків живильників для суглинку, $q = 25$ м³/год:

$$n = \frac{3,74 \cdot 10^3}{25 \cdot 1800 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,12.$$

Оскільки в технологічній схемі передбачено повторне транспортування суглинку, приймаємо 2 ящикових живильна для суглинку.

3) Розраховуємо кількість дезінтеграторних вальців, $q = 25 \text{ м}^3/\text{год}$:

$$n = \frac{3,74 \cdot 10^3}{25 \cdot 1800 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,12 .$$

Приймаємо одні дезінтеграторні вальці.

4) Розраховуємо кількість пластинчатих живильників для вуглевідходів, $q = 17000 \text{ кг/год}$:

$$n = \frac{8,27 \cdot 10^2}{17000 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,07 .$$

Приймаємо один пластинчатий живильник для вуглевідходів.

5) Розраховуємо кількість щоккових дробарок для вуглевідходів, $q = 12 \text{ м}^3/\text{год}$:

$$n = \frac{8,27 \cdot 10^2}{12 \cdot 1800 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,05 .$$

Приймаємо одну щоккову дробарку.

6) розраховуємо кількість молоткових дробарок для вуглевідходів, $q = 15 \text{ м}^3/\text{год}$:

$$n = \frac{8,27 \cdot 10^2}{15 \cdot 1800 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,04 .$$

Приймаємо одну молоткову дробарку.

7) Розраховуємо кількість елеваторів, $q = 14,6 \text{ м}^3/\text{год}$:

$$n = \frac{8,27 \cdot 10^2}{14,6 \cdot 1800 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,04 .$$

Приймаємо один елеватор.

8) Розраховуємо кількість вібросит, $q = 40 \text{ м}^3/\text{год}$:

$$n = \frac{8,27 \cdot 10^2}{40 \cdot 1800 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,02 .$$

Приймаємо одне вібросито.

9) Розраховуємо кількість дискових живильників для вуглевідходів, $q = 310000$ кг/год:

$$n = \frac{8,27 \cdot 10^2}{310000 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,004 .$$

Приймаємо один дисковий живильник.

10) Розраховуємо кількість змішувачів, $q = 35$ м³/год:

$$n = \frac{3,73 \cdot 10^3 + 8,25 \cdot 10^2 + 4,92 \cdot 10^2}{35 \cdot 1800 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,11 .$$

Приймаємо один змішувач.

11) Розраховуємо кількість стрічкових живильників, $q = 75$ м³/год:

$$n = \frac{3,73 \cdot 10^3 + 8,25 \cdot 10^2 + 4,92 \cdot 10^2}{75 \cdot 1800 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,05 .$$

Оскільки в технологічній схемі передбачено подальше транспортування, приймаємо три стрічкових живильника.

12) Розраховуємо кількість дірчастих вальців, $q = 40000$ кг/год:

$$n = \frac{3,73 \cdot 10^3 + 8,25 \cdot 10^2 + 4,92 \cdot 10^2}{40000 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,18 .$$

Приймаємо одні дірчасті вальці.

13) Розраховуємо диференціальні вальці тонкого помелу, $q = 25$ м³/год:

$$n = \frac{3,73 \cdot 10^3 + 8,25 \cdot 10^2 + 4,92 \cdot 10^2}{25 \cdot 1800 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,38 .$$

Приймаємо одні диференціальні вальці.

Формування:

14) Розраховуємо прес, $q = 5000$ шт./рік :

$$n = \frac{1,26 \cdot 10^3}{5000 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,35 .$$

Приймаємо один прес.

15) Розраховуємо автомат різки, $q = 11000$ шт./рік :

$$n = \frac{1,26 \cdot 10^3}{11000 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,16 .$$

Приймаємо один автомат різки.

16) Розраховуємо автомат-укладач, $q = 10000$ шт./рік :

$$n = \frac{1,21 \cdot 10^3}{10000 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,17.$$

Приймаємо один автомат-укладач.

Сушка:

17) Розраховуємо тунельну сушарку:

- Ємність однієї вагонетки $h = 336$ шт.,

- Довжина вагонетки $b = 1,20$ м,

- Тривалість сушіння $\tau = 34$ год.

Кількість сушильних вагонеток визначається за формулою:

$$N_c = \frac{M_\Gamma \cdot \tau}{h}$$

де M_Γ – продуктивність при сушінні, шт. /год; τ – тривалість сушіння, год; h – ємність однієї вагонетки, шт.

$$N_c = \frac{1,21 \cdot 10^3 \cdot 34}{336} = 122,44 .$$

Тоді кількість тунелів визначаються за формулою:

$$N = \frac{N_c \cdot b}{l}$$

N_c – кількість сушильних вагонеток; B – довжина однієї вагонетки, м; L – довжина тунелю сушила, м (приймаємо довжину 30 м);

$$N = \frac{122,44 \cdot 1,2}{30} = 5.$$

Приймаємо 5 тунелів.

Випал:

9) Розраховуємо кількість автоматів-садчиків на пічні вагонетки $q=15000$ шт./год:

$$n = \frac{1,18 \cdot 10^3}{15000 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 0,11 .$$

Оскільки за технологічною схемою передбачено повторне розвантаження вагонеток, приймаємо два автомата-садчика.

2.7.2 Розрахунок габаритних розмірів складу та підбір складського обладнання

Площа відсіків, що відведені під сировину визначається за формулою:

$$S = \frac{Q_V \cdot n_C}{h \cdot K_P},$$

де Q_V – добова витрата сировини, м^3 ; n_C – нормативний запас сировини, складає 5 діб; h – висота засипання сировини, K_P – коефіцієнт розпушування сировини, $K_P = 0,4-0,6$.

$$S_{\text{гл}} = \frac{9,38 \cdot 10^4 \cdot 5}{5 \cdot 1800 \cdot 0,5} = 104,22 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{відх}} = \frac{2,07 \cdot 10^4 \cdot 5}{5 \cdot 1800 \cdot 0,5} = 23 \text{ м}^2.$$

Площа складу, що відведений під сировину, розраховується як сума площ відсіків:

$$S_{\text{МАТ}} = 104,22 + 23 = 127,22 \text{ м}^2.$$

Площа складу зайнята під обладнання ($S_{\text{ОБЛ}}$) і транспортні під'їзні шляхи ($S_{\text{ТР}}$) визначається відповідно за формулами:

$$S_{\text{ОБЛ}} = 0,35 \cdot S_{\text{МАТ}} = 0,35 \cdot 127,22 = 44,53 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{ТР}} = 0,45 \cdot S_{\text{МАТ}} = 0,45 \cdot 127,22 = 57,25 \text{ м}^2.$$

Загальна площа складу визначається як сума площ, відведених під складування матеріалів, площ, відведених під обладнання та транспортні шляхи та під'їзди:

$$S_{\text{ЗАГ}} = S_{\text{МАТ}} + S_{\text{ОБЛ}} + S_{\text{ТР}} = 127,22 + 44,53 + 57,25 = 229 \text{ м}^2.$$

Основний виробничий цех представляє собою одноповерхову залізобетонну конструкцію площею 7776 м^2 (довжина 108 м, ширина 72 м, висота 9,88 м), крок колон 12 м. В цеху розміщено основне виробниче обладнання, лабораторія, проміжні складські приміщення для готової продукції, кімната для прийому їжі, душові, роздягальні та сан-вузли.

Біля основного виробничого цеху розміщено склад готової продукції, поруч з яким розміщено виїзд для вантажних машин з продукцією.

Виробничий цех об'єднано з масозаготівельним цехом, що, в свою чергу, пов'язаний зі складом сировинних матеріалів, що дозволяє полегшити транспортування сировини на території заводу.

Адміністративний корпус розміщено навпроти виробничого цеху. Поряд з адміністративним корпусом розміщено в'їзд на території заводу та стоянку для автомобілей.

Дільницю водоочистки розміщено зі сторони протікання річки.

Електропідстанція та газорозподільчий пункт віддалені один від одного на території заводу для уникнення небезпечних ситуацій.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

В результаті проведеної роботи було обґрунтовано вибір точки будівництва підприємства, наведено асортимент та вимоги діючих стандартів до продукції, обрано та детально розглянуто технологічну схему виробництва керамічної цегли.

Наведено характеристику глини, що використовується в якості основного сировинного матеріалу, та обґрунтовано вибір відходів вуглезбагачення в ролі допоміжного сировинного матеріалу. Введення даних відходів покращує формувальні властивості маси, зменшує усадку та сприяє зменшенню витрати палива.

В процесі роботи зроблено розрахунок глиняної маси і матеріального балансу виробництва, вибір і розрахунок технологічного обладнання та складських приміщень.

В якості інноваційної ідеї в даній магістерській дисертації розглянуто проект створення декорованої цегли шляхом нанесення декору на одну з поверхонь цегли з метою покращення її декоративних характеристик.

Було виконано генеральний план промислового виробництва. При цьому було враховано географічне розташування ділянки, повторюваність

вітрів, наближеність до сировинних, водних і трудових ресурсів, наявність транспортної розв'язки.

3 КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА І АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ

3.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації

Мета автоматизації виробництва керамічної цегли – поліпшення головних показників ефективності виробництва: збільшення кількості та зниження собівартості продукції, що випускається. Впровадження автоматичних пристроїв забезпечує якість продукції, скорочення браку і відходів, зменшення чисельності основних робіт.

Технічні засоби автоматизації виробництва керамічної цегли умовно поділяють на три групи:

1) Автоматичний контроль технологічних параметрів. Він включає в себе свідчення та реєстрацію таких технологічних параметрів, як витрати сировинних матеріалів і теплоносія, вологість суміші, рівні речовин в бункерах тощо. Сюди ж відноситься сигналізація про роботу або зупинку механізмів, положення перемикачів.

2) Дистанційне керування передбачається для електроприладів основних і допоміжних механізмів, регулюючих і перемикаючих органів, і вони монтуються на щитах управління. Передбачається також світлова сигналізація включення агрегатів («вкл», «вимк») перемикачів органів («відкрити», «закр.»).

3) Автоматичне регулювання технологічного процесу. Завданням його є підтримка постійності певних величин технологічних параметрів. Всі механізми послідовної обробки матеріалу в цеху з'єднані блокувальним зв'язком для запобігання завалів у разі зупинки одного з механізмів потоку.

На підставі аналізу особливостей технологічного процесу та його апаратурного оформлення необхідно забезпечити такий рівень автоматизації виробництва:

– контроль і регулювання рівня сировини у глинорозпушувачі та башті-силосі;

- контроль і регулювання витрати матеріалу;
- контроль і регулювання температури на вальцях;
- контроль і регулювання швидкості обертання валів в глинорозпушувачі та змішувачі, швидкості руху стрічки в ящиковому живильнику та стрічковому живильнику;
- контроль і регулювання вологості сировинної суміші в змішувачі.

Параметри контролю та регулювання виробництва наведено у таблиці

3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри контролю та керування виробництвом

№ пор.	Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контрольованого чи регульованого параметра	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Глинорозпушувач	Рівень	Верхній рівень 1,2 м Нижній рівень 0,5 м	контроль, сигналізація
2	Глинорозпушувач	Частота обертання валу з білами	20±0,1 об./хв	контроль, регулювання
3	Глинорозпушувач	Витрата	20 м ³ /год	контроль, регулювання
4	Ящиковий живильник	Швидкість руху стрічки	1,5±0,1 м/хв	контроль, регулювання
5	Дезінтераторні вальці	Температура	40 °С	контроль, регулювання
6	Змішувач	Частота обертання лопатевих валів	32±0,1 об./хв	контроль, регулювання
6	Змішувач	Вологість маси	18 %	контроль, регулювання
1	2	3	4	5
7	Стрічковий	Швидкість стрічки	30±0,1 м/хв	контроль,

	живильник			регулювання
8	Дірчасті вальці	Температура	40 °С	контроль, регулювання
9	Диференційні вальці тонкого помелу	Температура	40 °С	контроль, регулювання
10	Башта-силос	Рівень	Верхній рівень 3 м Нижній рівень 0,5 м	контроль, сигналізація

3.2 Опис розробленої схеми автоматизації

Для забезпечення нормальної роботи усього технологічного устаткування, збільшення продуктивності виробництва, підвищення якості продукту, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів, а також мінімізації можливих помилок технологічного персоналу розроблено схему автоматизації, що призначена вирішувати всі ці завдання. Схема автоматизації включає низку контурів автоматичного контролю та регулювання режимних параметрів технологічного процесу.

Для контролю і регулювання рівня сировини у глинорозпушувачі розроблено контур, що складається з вібраційного датчика рівня пастоподібних матеріалів (поз. 1-1) і сигналізатора рівня, який спрацьовує при досягненні верхньої межі та нижньої межі (поз. 1-2).

Для контролю і регулювання частоти обертання валу з білами в глинорозпушувачі встановлено первинний (поз. 2-1) та вторинний (поз. 2-2) перетворювачі електронного дистанційного тахометра, які передають сигнал на панель керування до показуючого та реєструючого приладу (поз. 2-3), який передає сигнал далі до мікропроцесорного регулятора (поз. 2-4), який в свою чергу, формує керувальний сигнал до магнітного пускача МП1 мотору М1.

Витрата глини контролюється витратоміром (поз. 3-1), сигнал з якого потрапляє на пульт керування, де прилад (поз. 3-2) реєструє та показує значення та передає сигнал далі до мікропроцесорного регулятора (поз. 3-3),

який в свою чергу формує керувальний сигнал до виконавчого механізму (поз. 3-4), який зменшує чи збільшує витрату.

Для контролю і регулювання швидкості стрічки ящикового живильника встановлено первинний (поз. 4-1) та вторинний (поз. 4-2) перетворювачі електронного дистанційного тахометра, які передають сигнал на панель керування до показуючого та реєструючого приладу (поз. 4-3), який передає сигнал далі до мікропроцесорного регулятора (поз. 4-4), який в свою чергу, формує керувальний сигнал до магнітного пускача МП2 мотору М2.

Температура дезінтеграторних ребристих вальців контролюється термопарою (поз. 5-1), сигнал з якої передається на відстань приладом (поз. 5-2), після якого потрапляє на пульт керування, де прилад (поз. 5-3) реєструє та показує значення та передає сигнал далі до мікропроцесорного регулятора (поз. 5-4), який формує керувальний сигнал до виконавчого механізму (поз. 5-5), який зменшує температуру подачею холодної води.

Для контролю і регулювання швидкості стрічки ящикового живильника встановлено первинний (поз. 6-1) та вторинний (поз. 6-2) перетворювачі електронного дистанційного тахометра, які передають сигнал на панель керування до показуючого та реєструючого приладу (поз. 6-3), який передає сигнал далі до мікропроцесорного регулятора (поз. 6-4), який в свою чергу, формує керувальний сигнал до магнітного пускача МП4 мотору М4.

Вологість сировинної суміші в змішувачі контролюється і регулюється системою автоматичного регулювання, що складається з вологоміру (поз. 7-1), який передає сигнал на пульт керування, де прилад (поз. 7-2) реєструє, показує значення вологості маси та передає сигнал далі до мікропроцесорного регулятора (поз. 7-3), який керувальний сигнал до виконавчого механізму (поз. 7-4), який збільшує чи зменшує подачу пари.

Для контролю і регулювання частоти обертання лопатевих валів в змішувачі встановлено первинний (поз. 8-1) та вторинний (поз. 8-2) перетворювачі електронного дистанційного тахометра, які передають сигнал на панель керування до показуючого та реєструючого приладу (поз. 8-3),

який передає сигнал далі до мікропроцесорного регулятора (поз. 8-4), який в свою чергу, формує керувальний сигнал до магнітного пускача МП5 мотору М5.

Для контролю швидкості стрічки в стрічковому живильнику встановлено первинний (поз. 9-1) та вторинний (поз. 9-2) перетворювачі електронного дистанційного тахометра, які передають сигнал на панель керування до показуючого та реєструючого приладу (поз. 9-3), який передає сигнал далі до мікропроцесорного регулятора (поз. 9-4), який в свою чергу, формує керувальний сигнал до магнітного пускача МП6 мотору М6

Температура дірчастих вальців контролюється термопарою (поз. 10-1), сигнал з якої передається на відстань приладом (поз. 10-2), після якого потрапляє на пульт керування, де прилад (поз. 10-3) реєструє та показує значення та передає сигнал далі до мікропроцесорного регулятора (поз. 10-4), який формує керувальний сигнал до виконавчого механізму (поз. 10-5), який зменшує температуру подачею холодної води.

Для контролю швидкості стрічки в стрічковому живильнику встановлено первинний (поз. 11-1) та вторинний (поз. 11-2) перетворювачі електронного дистанційного тахометра, які передають сигнал на панель керування до показуючого та реєструючого приладу (поз. 11-3), який передає сигнал далі до мікропроцесорного регулятора (поз. 11-4), який в свою чергу, формує керувальний сигнал до магнітного пускача МП8 мотору М8.

Температура гладких диференціальних вальців контролюється термопарою (поз. 12-1), сигнал з якої передається на відстань приладом (поз. 12-2), після якого потрапляє на пульт керування, де прилад (поз. 12-3) реєструє та показує значення та передає сигнал далі до мікропроцесорного регулятора (поз. 12-4), який формує керувальний сигнал до виконавчого механізму (поз. 12-5), який зменшує температуру подачею холодної води.

Для контролю швидкості стрічки в стрічковому живильнику встановлено первинний (поз. 13-1) та вторинний (поз. 13-2) перетворювачі електронного дистанційного тахометра, які передають сигнал на панель

керування до показуючого та реєструючого приладу (поз. 13-3), який передає сигнал далі до мікропроцесорного регулятора (поз. 13-4), який в свою чергу, формує керувальний сигнал до магнітного пускача МП10 мотору М10.

Для контролю рівня в башті-силосі глиняної маси розроблено контур, що складається з вібраційного датчика рівня пастоподібних матеріалів (поз. 14-1) і сигналізатора рівня, який спрацьовує при досягнення верхньої та нижньої межі (поз. 14-2).

Також в схемі автоматизації передбачено керування 10-ма моторами. Вони запускаються через магнітні пускачі (поз. МП1-МП10) кнопками включення/відключення на місці (поз. КВ1-КВ10) та кнопками включення на пульті (поз. SB1, SB3, SB5, SB7, SB9, SB11, SB13, SB15, SB17, SB19). Про роботу моторів сигналізують лампи зеленого кольору (поз. HL1, HL3, HL5, HL7, HL9, HL11, HL13, HL15, HL17, HL19). Виключення здійснюється або по місцю через вище згадані кнопки, або через кнопки (поз. SB2, SB4, SB6, SB8, SB10, SB12, SB14, SB16, SB18, SB20) на пульті керування, про що свідчить сигнал ламп червоного кольору (поз. HL2, HL4, HL6, HL8, HL10, HL12, HL14, HL16, HL18, HL20).

Специфікація устаткування, виробів і матеріалів наведена в Додатку А.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ «КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА І АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ»

В ході роботи було розроблено схему автоматизації процесу підготовки глиняної маси, виконано специфікацію та графічне представлення даної схеми.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Як видно з технологічної частини, на виробництві використовуються шкідливі речовини та матеріали. Також передбачено застосування таких видів енергії, як електрична, механічна, теплова енергія та енергія хімічних реакцій.

Всі проектні рішення прийнято з урахуванням вимог охорони праці. На основі аналізу шкідливих і небезпечних факторів було розроблено заходи, спрямовані на створення безпечних умов праці та пожежної безпеки.

4.1 Охорона праці

4.1.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів. Заходи з охорони праці

4.1.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.36.042-99, роботи що виконуються в проектованому цеху за витратами фізичної енергії відносяться до категорії середньої тяжкості Пб. В таблиці 4.1 приведені оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні для двох періодів року.

В таблиці 4.2 приведено коротку санітарну характеристику виробництва.

Таблиця 4.1 – Норми параметрів мікроклімату цеху

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/сек.
Холодний період року	Пб	17-19	60-40	0,2
Теплий період року	Пб	20-22	60-40	0,3

Таблиця 4.2 – Коротка санітарна характеристика виробництва

Назва виробничої ділянки	Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливої дії	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Засоби долікарняної допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони
1	2	3	4	5	6	7	8
Масозаготівельна ділянка	Пил глини, що завантажується в глинорозпушувач	Забруднення шкіри, верхніх дихальних шляхів	5	3	Респіратор РН-16, РПР-1, ПРШ2-59 спецодяг ГОСТ 12.4.099-80 ГОСТ 12.4.100-80	Промивка очей і носу водою	2 рази на місяць піломіром АЕРОКОН
	Глиноземний пил	Забруднення шкіри, верхніх дихальних шляхів	6	4	Респіратор РН-16, РПР-1, ПРШ2-59 спецодяг ГОСТ 12.4.099-80 ГОСТ 12.4.100-80	Промивка очей і носу водою	2 рази на місяць піломіром АЕРОКОН
	Пил гравітаційних відходів, що завантажуються в шокову дробарку	Забруднення шкіри, верхніх дихальних шляхів	2	4	Респіратор РН-16, РПР-1, ПРШ2-59 спецодяг ГОСТ 12.4.099-80 ГОСТ 12.4.100-80	Промивка очей і носу водою	2 рази на місяць піломіром АЕРОКОН
1	2	3	4	5	6	7	8

Цех формування і випалу	Пил, що містить від 10 до 70% SiO ₂ , що виділяється при обдуванні і шліфувці.	Силікоз, кон'юнктивіт	2	3	Респіратор РН-16, РПР-1, ПРШ2-59 спецодяг ГОСТ 12.4.099- 80 ГОСТ 12.4.100- 80	Промивка очей і носу водою	2 рази на місяць пиломіром АЕРОКОН
	Природний газ, виділяється при пошкодженні трубопроводу	Загальний токсичний. Викликає розлад нервової системи	300 в перераху нку на вуглець	4	Протигаз КП-8 ГОСТ 12.4.011- 75	Винесення постраждал ого на свіже повітря	Встановити стаціонарн ий газосигналі затор А-1

Для забезпечення нормальних метеорологічних умов на проектованому підприємстві, прийнято:

- механізація і автоматизація важких і трудомістких робіт, дистанційне керування, безперервність процесу;
- теплоізоляція устаткування, апаратів, комунікацій і інших джерел, випромінюючих на робочі місця тепло;
- для попередження переохолодження і простудних захворювань працюючих біля входу в цех, передбачені тамбури або створюють теплові повітряні завіси.

Проектом передбачена загальнообмінна і місцева витяжна система вентиляції і комбінована вентиляція, аерація. Схема вентиляції «зверху - вгору». Контроль повітрообміну – $E=300$ кВт/м. Кратність повітрообміну складає 5 год^{-1} . Передбачені проектом, герметизація устаткування і її аспірація, установка витяжних парасольок. З метою зниження запилення проводять вологе прибирання приміщень промисловими пилосмоками.

Для підтримки сприятливих умов застосовують вентиляцію і аспірацію, відділення забезпечують автоматами для води. У холодну пору року передбачено парове опалювання робочих приміщень.

Найбільш ефективним способом зменшення запиленості робочої зони є передбачені проектом герметизація встаткування та його аспірація.

Передбачена аспіраційна система містить у собі аспіраційні лійки, систему повітропроводів, вентилятор типу ЦП7-40 для викиду повітря в атмосферу.

У якості засобів індивідуального захисту передбачені респіратори одноразового використання типу "пелюсток", застосовується спецодяг типу «П», підгрупи «П» Два рази на місяць за допомогою пиломіра виробляється контроль змісту в повітря робочої зони шкідливих речовин і параметрів мікроклімату.

З метою зниження запиленості проводять також систематичне вологе прибирання.

Для підтримки нормальної температури й вологості використовують кондиціонери. Передбачено систему повітряного опалення.

4.1.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-2006, роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до розряду VIIa. Проектом прийнято природне, штучне і суміщене освітлення.

Природне освітлення є комбінованою системою поєднання верхнього і бічного освітлення.

Штучне освітлення представлено системою загального рівномірного освітлення, при якій світильники розміщуються у верхній зоні приміщення.

У проекті підприємства розроблено: аварійна, евакуаційна і ремонтна системи штучного освітлення.

Таблиця 4.3 – Норми освітленості прийняті проектом

Характер	Штучне освітлення	Природне освітлення	Суміщене освітлення
----------	-------------------	---------------------	---------------------

зорових робіт	Освітленість, лк	КЕО %			
	При загальному освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні	При бічному освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні	При бічному освітленні
VІІа	200	3	1	1,8	0,6

Для штучного освітлення застосовуються люмінесцентні лампи низького тиску типу ЛБ. Згідно ДБН В.2.5-28-2006, прийнята напруга 220В. При відключенні робочого освітлення передбачено аварійне освітлення. Місцеве освітлення робочих місць здійснюється світильниками типу ПВЛ-6.

Стіни і стелі забарвлені в світлі тони, внутрішні поверхні огорож і небезпечні елементи механізмів – в червоний.

Освітлення контролюється за допомогою люксметра Ю-116 або Ю-117 не менше одного разу на рік, а також після ремонту освітлювальних пристроїв.

Виробнича система освітлення оснащена люмінесцентними світильниками типу ПВЛ-6 (U=80 Вт, пило-волого-захисні):

- для видалення стробоскопічного ефекту загальна система освітлення представлена світильниками з лампами накаливання – світильники прямого світла, направляють у нижню півсферу не менш 80% усього світлового потоку, групи "Універсаль" типу УПМ-500 і напругою U =220 В.

- для чергового освітлення використовується частина світильників робочого освітлення.

- для аварійного освітлення згідно СН-180-79 застосовують лампи накаливання Б-40, люмінесцентні лампи ЛДЦ-15.

Стіни й стелі пофарбовані у світлі тони, внутрішні поверхні огорожень і небезпечні елементи механізмів – у червоний.

Контроль освітленості здійснюється ноксометром Ю-116 або Ю-117 не менш одного разу на рік, а також після ремонту.

Електромережа, яка використовується на підприємстві – трифазна, чотирьох-провідна змінного струму із частотою 50 Гц і напругою $U = 380/220\text{В}$ з глухозаземленою нейтраллю.

Проведемо розрахунок кількості світильників.

Довжина приміщення $a = 108$ м.

Ширина приміщення $b = 72$ м.

Висота приміщення $h = 9$ м.

Висота робочої поверхні $h_p = 0,9$ м.

Середньозважений коефіцієнт відбивання внутрішніх поверхонь приміщення 0,3.

Кількість дволампових світильників ПВЛ-6 $N = 100$ шт.

Тип ламп ЛБ-80.

Коефіцієнт запасу $k_z = 1,5$.

Коефіцієнт нерівномірності $z = 1,1$.

Розряд зорових робіт VIIa.

Нормоване значення освітленості на робочому місці $E_H = 200$ лк.

Світловий потік, який випромінює кожна з ламп $F_L = 5400$ лм.

Індекс приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{h_c \cdot (a + b)} = \frac{108 \cdot 72}{6,6 \cdot (108 + 72)} = 6,5.$$

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею $h_c = 6,6$ м.

Коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,53$.

Освітленість:

$$E_\phi = \frac{F_L \cdot N \cdot n \cdot \eta}{S \cdot k_z \cdot z} = \frac{5400 \cdot 100 \cdot 2 \cdot 0,53}{7776 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 44,61 \text{ лк.}$$

Площа приміщення $S = 7776 \text{ м}^2$.

$$\left(\frac{E_H - E_\phi}{E_H} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{200 - 44,61}{200} \right) \cdot 100\% = 77,7 \%$$

Приміщення не задовільняє вимогам ДБН.

Кількість світильників, необхідних для досягнення оптимального значення освітленості:

$$N_p = \frac{S \cdot k_z \cdot z \cdot E_n}{F_l \cdot n \cdot \eta} = \frac{7776 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 200}{5400 \cdot 2 \cdot 0,53} = 448 \text{ шт.}$$

Освітленість з оптимальною кількістю світильників:

$$E_p = \frac{F_l \cdot N_p \cdot n \cdot \eta}{S \cdot k_z \cdot z} = \frac{5400 \cdot 448 \cdot 2 \cdot 0,53}{7776 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 199,86 \text{ лк.}$$

Відсоток при оптимальній кількості світильників:

$$\left(\frac{E_n - E_p}{E_n} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{200 - 199,86}{200} \right) \cdot 100\% = 0,07 \%$$

Отже, для задовільного освітлення приміщення цеху необхідно 448 шт. світильників ПВЛ-6.

4.1.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій

Виробничий шум виникає в результаті роботи технологічного устаткування на ділянці масозаготівлі. Шуми носять постійний характер. Допустимий рівень звуку у виробничих приміщеннях, згідно ДСН 3.3.6 037-99, складає 80 дБА. На території підприємства рівень шуму складає 80 дБА, в цеху з виробництва цегли – 65 дБА, що задовольняє вимогам.

Джерелом вібрації є насоси, підземні трубопроводи й відводи, преса, відсікачі. Під її впливом відбуваються зміни в центральній нервовій і серцево-судинній системі. Вібрація нормується по вертикальному напрямку.

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні вібрації на робочих місцях

Вид вібрації	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц					
	31,5	63	125	250	500	1000
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	107	95	87	82	78	75

На підприємстві найбільш шумні ділянки відділені від іншого приміщення звукоізолюючими перегородками, підлоги й стіни облицьовані звукопоглинаючими матеріалами: акустичною штукатуркою, мінеральною ватою.

Для захисту від виробничого шуму на підприємстві передбачені звукоізоляційні пристрої – перегородки і екрани, які встановлюють між джерелом шуму і робочим місцем; об'ємні звукопоглиначі у вигляді перфорованих кубів і куль, підвішених над шумними агрегатами, а також засоби індивідуального захисту – навушники.

Для зниження рівня вібрації використовують сталеві пружинні амортизатори. Для усунення вібрації під віброактивним устаткуванням передбачена ізоляція фундаментів від несучих конструкцій і інженерних комунікацій із застосуванням вібропоглинаючих гумових покриттів і мастик.

Для вимірювання і аналізу шуму застосовують шумоміри ОКТАВА-110А, testo 815, частотні аналізатори. Для контролю вібрації застосовують віброметр ОКТАВА-101ВМ, віброметр VM6360.

З метою захисту обслуговуючого персоналу від вібрації передбачені вібропоглинаючі гумові покриття й мастики.

4.1.1.4 Електробезпека

Заводське електроустаткування живиться від трифазної чотирьохпровідної електромережі змінного струму промислової частоти з глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

Ураження людей електричним струмом може виникнути в результаті дотику до відкритих струмоведучих частин, до струмопровідних неструмоведучих елементів устаткування, що опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження кроковою напругою та через електродугу.

Максимальні припустимі значення напруги струму за ГОСТ 12.1.038-84 наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Максимальні припустимі значення напруги струму

Тривалість дії	<0,1	0,2	0,5	0,7	1,0	>1,0
Мах. $U_{пр.}$, В	500	400	200	130	100	36

Нормативні дані:

Аварійний режим $I=0,3$ мА, $U_{\text{пр}}=2$ В, $\tau_d \leq 10$ хв./доб.

Нормальний $I=6$ мА, $U_{\text{пр}}=36$ В, $\tau_d > 1$ с.

Для забезпечення електробезпеки на заводі розроблені наступні заходи:

- застосування огорожень для захисту й ізоляції частин електрообладнання. Відкриті струмоведучі частини електроустаткування обгороджені сіткою;
- застосування захисного занулення устаткування;
- захист електропроводу від механічних ушкоджень прокладкою проведення у трубах;
- установка електроустаткування відповідно до умов навколишнього середовища; закриті пилонепроникні двигуни;
- найменша величина опору ізоляції проводів відносно землі для електроустановок $U=1000$ В, опором $0,5$ мОм. Неприступність струмоведучих частин забезпечується також блокуванням. Для усунення небезпеки поразки струмом – у випадку дотику до корпусу й іншим неструмоведучим металевим частинам електроустановки, які опинилися під напругою внаслідок замикання на корпус, застосовується занулення;
- відключення устаткування забезпечується пристроями, які автоматично відключають несправну ділянку мережі або електроустановки, при виникненні поразок, небезпечних для життя людини;
- захисні засоби: діелектричні рукавички, інструменти з ізольованими рукоятками, показники напруги, діелектричні галоші, ізолюючі підставки, тимчасові огороження, захисні окуляри.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

На підприємстві знаходиться устаткування з рухомими деталями. До таких відносяться дробарки, вальці, змішувачі. До устаткування, відносно якого висуваються підвищені вимоги з виробничої безпеки, відносяться

теплові агрегати, що працюють на газоподібному паливі. Природний газ легкозаймистий і вибухонебезпечний в суміші з повітрям. Витік природного газу призводить до витіснення кисню повітря в робочій зоні приміщення. При порушенні герметизації теплових агрегатів можливі термічні опіки персоналу.

Для усунення небезпеки отримання травм рухомі частини устаткування захищені сітчастими металевими огорожами. Вальці обладнані блокуванням, що автоматично відключає привід з подачею звукового сигналу при заклинюванні валків і перевантаженні електродвигуна. Стрічкові конвеєри захищені від приводних і натяжних барабанів, які блокуються з приводом. На підприємстві для захисту робітників від деталей, що обертаються, і частин устаткування застосовуються сітчасті стаціонарні огорожі.

При експлуатації вантажопідійомних машин забороняється піднімати вантажі, маса яких перевищує допустиму вантажопідійомність, одночасно піднімати вантаж і людей, піднімати вантаж в нестійкому положенні.

Припливні і витяжні канали тунельних сушарок перекриті металевими ґратами. Двері сушарок ущільнені прокладками з негорючих матеріалів. Трубопроводи подачі теплоносія захищені та ізольовані, щоб виключити опіки робітників при обслуговуванні сушарок. Завантажувальні і розвантажувальні кінці тунелів оснащені звуковою і світловою сигналізацією.

Рухомі частини розташовані нижче 2 м від підлоги і захищені захисними сітками, кожухами. Для переходу застосовуються перехідні мости. Шлях руху транспортних механізмів захищений. Піч оснащена системою автоматичного відключення газу при відхиленні одного з параметрів: тиску газу, напруги в мережі, тиску повітря, розрідження в каналі печі.

У цеху, відповідно до ГОСТ 12.2.020-76 для захисту робітників від обертових деталей і частин устаткування застосовуються сітчасті стаціонарні огороження. Для запобігання вильоту шматків матеріалу із млина, завантаження їх проводиться механічними живильниками.

4.2.2 Пожежна безпека

Матеріали, які використовуються в якості сировини, є негорючими, тому причинами займання можуть виступати займання ізоляційних матеріалів електропроводки, масла для змащення устаткування, спал пального.

Основними причинами таких займань можуть бути електрозамикання, статична електрика, виникнення електродуги при обриві ланцюгів високої напруги.

Також пожежа в цеху може виникнути внаслідок причин електричного характеру, тобто займання ізоляції внаслідок короткого замикання.

Протипожежна безпека забезпечується суворим дотриманням всіма працівниками правил норм і вимог до пожежної безпеки. Причинами займань можуть бути порушення цих правил.

Пожежна профілактика при експлуатації електроустаткування полягає в наступних заходах:

- підтримка опору ізоляції струмоведучих частин не нижче правил;
- захист ізоляції від теплового, механічного й агресивного впливу;
- захист від виникнення електростатичних зарядів досягається

заземленням виробничого устаткування.

Для забезпечення гасіння пожеж завод оснащений наступними засобами:

- автоматичні засоби (дренчерні установки);
- вогнегасники вуглекислотні типу УО-2, УО-3, УО-5;
- ящики з піском =1 м³;

Характеристика пожежонебезпечних об'єктів приведена в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Характеристика пожежонебезпечних об'єктів

Найменування ділянок, приміщень, зовнішніх ділянок і матеріалів	Речовини, що використовуються у виробництві, хім. склад	Агрегатний стан речовини при нормальних умовах	Горючість, займистість	Показники пожежо-, вибухонебезпечності			Вибухонебезпечні суміші з повітрям		Вогнетушильні засоби	Категорія	Клас приміщення	Категорія об'єкта і тип зони захисту і влаштуванню блискавкозахисту
				Температура спалаху	Температура запалення	Температура самозапалення	Категорія	Група				
Виробничий цех	Масло АТМ-300 ТУ38-1518 С-21-25 Н-33-48	рідкий	горючий	175 °С	171-215 °С	285 °С	ПА	ТЗ	Пінні вогнегасники типу ОХП-10	Б	П-І	ШБ; зона захисту одиничних стрижньових блискавковідводів
Пічний відділ	Природний газ	газоподібний	горючий	640 °С	550 °С	650 °С	ПА	Т1	Інертний газ	Б	П-І	ІІ; зона захисту замкнутого тросового блискавковідводу
Газорозподільний пункт	Пропан	газоподібний	горючий	96 °С	370 °С	470 °С	ПА	Т1	Інертний газ	Б	П-І	ІІ; зона захисту одиничних стрижньових блискавковідводів

4.2.3 Аналіз небезпеки об'єкта, що проектується

На підприємстві використовуються вибухопожежонебезпечні речовини: масло, природний газ, пропан.

Особливу небезпеку становить природний газ та пропан, щоб можуть утворити з повітрям вибухонебезпечну суміш.

Витік газу з пічного простору, де газ нагрівається до високих температур, або витік газу з газорозподільчого пункту може призвести до виникнення аварії на підприємстві.

Розглянемо можливу аварію, а саме вибух в газорозподільчому пункті.

1. Відстань від цеху до міста аварії (вибуху) – 770 м

2. Маса пропану – 330 т

3. Характеристики елементів цеху:

- будівля – зі збірного залізо бетону
- верстати – важкі
- кабельні лінії – наземні
- контрольно-вимірювальна апаратура – наявна
- границі вогнетривкості несучих стін – 2 год
- границі вогнетривкості перегородок – 0,25 год

4. Категорія виробництва з пожежної безпеки – Б

5. Щільність забудови об'єкту – 25 %

Розрахункова частина:

1.1. Зона I : $r_1 = 121$ м;

1.2. Зона II: $r_2 = 206$ м;

Висновок: об'єкт опиниться за межами цих зон, тобто у зоні повітряної ударної хвилі (зона III).

1.3. $\Delta P_{\phi} = 29,11$, кПа

1.4.1. Ступінь руйнування будівлі – середня

Характеристика руйнувань будівлі:

Руйнування даху, легких внутрішніх перегородок, в капітальних стінах з'являються тріщини.

1.4.2. Ступінь руйнування верстатів – слабкі

Характеристика руйнувань промислового обладнання: пошкодження окремих елементів обладнання, важелів управління, вимірювальних приладів.

1.4.3. Ступінь руйнування контрольно-вимірювальної апаратури – сильні

1.4.4. Ступінь руйнування кабельних ліній – слабкі

2.1. Ступінь ураження людей – від прямої дії – легкі

2.2. Характеристика уражень людей: легка контузія організму, часткова втрата слуху, вивихи кінцівок

3.1. Ступінь вогнестійкості – III ступінь вогнестійкості

3.2. Очікувана пожежна обстановка

для виробництва категорії пожежної небезпеки Б, ступеня вогнестійкості будівель – III, при надмірному тиску 29 кПа і щільності забудови більше 20% можна очікувати окремі пожежі, що швидко перетворюються у суцільні, і супроводжуються вибухами виробничого устаткування.

4.1. Безпечна кількість вибухової речовини – менше 55 т

4.2. Визначаємо безпечну кількість пропану для уникнення будь-яких руйнувань, тобто контрольно-вимірювальна апаратура вціліє, якщо кількість пропану буде менше 12 т

5. Висновки: На відстані 770 м від цеху стався вибух пропану, що призвело до руйнувань будівлі, елементів цеху, постраждали люди. В першу чергу потрібно сповістити про НС, провести евакуацію працюючих, надати першу медичну допомогу постраждалим.

Серед рекомендацій, спрямованих на зменшення заподіяної шкоди та уражень людей, можуть бути такі:

- 1) укріпити будівлю установленням додаткових колон, ферм, підкосів;
- 2) верстати надійно закріпити на фундаменті, установити захисні навіси або ковпаки;
- 3) кабельні лінії прокласти під землею;
- 4) створити 50% запас контрольно-вимірювальної апаратури;

- 5) установити на вікнах захисні металеві сітки, щоб розбите скло не потрапляло в приміщення цеху;
- 6) установити і регулярно контролювати стан вогнегасників та інших протипожежних систем;
- 7) порушити питання перед відповідними органами про зменшення запасу вибухонебезпечної речовини до безпечної кількості.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ»

Було виявлено та проаналізовано всі можливі ШНВФ, що можуть виникнути на об'єкті, що проектується. Розроблено заходи з усунення шкідливих і небезпечних факторів, вибрано освітлення на місцях роботи виробничого персоналу, розраховано кількість світильників для оптимальної освітленості робочого простору, розроблені заходи з електробезпеки, усунення небезпеки рухомих механізмів, захист від виробничого шуму і вібрації, заходи з пожежної безпеки.

Проаналізовано можливість виникнення та розвитку аварії, розроблено сценарій аварії та розроблено рекомендації для убезпечення виробничого персоналу.

5 СТАРТАП-ПРОЕКТ

5.1. Резюме: конкретизація бізнес-ідеї, мети стартапу, об'єкту дослідження, місця розробки у інноваційному ланцюжку цінності

Таблиця 5.1 – Резюме стартап-проекту

Показник	Характеристика
1. Ідея	Створення декорованої цегли для інтер'єру
2. Наявність аналогів або прототипів ідеї	Звичайна цегла, кольорова цегла
3. Основна потреба, яку задовольнить реалізований стартап	Потреба в матеріалі для інтер'єру, що виконуватиме естетичну функцію та буде зберігати свої властивості впродовж довгого часу
4. Ступінь розробленості технології реалізації	70-80 %
5. Класифікація продукту стартапу за міжнародною класифікацією товарів	Фешенебельні
6. КВЕД, до якого може належати дане виробництво	Виробництво цегли, черепиці та інших будівельних виробів з випаленої глини
7. Очікувана потужність стартапу	Середнє
8. За масштабом виробництва	Масове
9. За рівнем спеціалізації	Вузькопрофільне
10. За ресурсами, що споживатимуться	Працемістке, матеріаломістке, капіталомістке
11. За чисельністю персоналу	Мале
12. Органи управління при реалізації стартапу	Національні
13. Бажане географічне розташування - потужностей стартапу; - офісу стартапу; - збутової мережі; - постачальників комплектуючих	Потужність стартапу: с. Бажани Дніпровської області Офіс стартапу: м. Дніпро Збутова мережа: вся територія України Постачальників комплектуючих: м. Дніпро
14. Місце ідеї у ланцюжку цінностей інноваційного процесу	Експлуатація
15. Гранична корисність ідеї стартапу	Поєднання в одному виробі естетичних та

	експлуатаційних властивостей
16. Бізнес-модель стартапу	B2C, B2B
17. Конкуренти вітчизняні	Відсутні
18. Конкуренти іноземні	Грузинський стартап (виробництво, реалізація) Конкурентні переваги: налагоджене виробництво Фактори успіху: бізнес розвивається, збільшується асортимент виробів, збільшується кількість клієнтів
19. Ключові фактори успіху стартапу	Відсутність вітчизняних аналогів, високі естетичні та експлуатаційні властивості
20. Споживачі (основні на етапі впровадження)	Підприємства сфери будівництва, торгівлі та фізичні особи
21. Планова кількість продукту розробки для першого етапу реалізації	19950 шт.
22. Мінімальна кількість виробництва за методом точки безбитковості	1863275 шт. (див. далі)
23. Споживачі на етапі розвитку	Великі торгові підприємства
24. Споживачі на етапі зрілості	Підприємства сфери будівництва, торгівлі та фізичні особи
25. Конкурентна ціна на продукт стартапу	45 грн
26. Плановий рівень рентабельності при реалізації продукту	15-25 %
27. Капіталовкладення в проект	34215055 грн
28. Строк окупності проекту	9 років
29. Джерела фінансування	Зовнішні, національні, іноземні.
30. Основні компоненти продукції стартапу	Цегла-сирець (90 %) Декор (10 %)

31. Потенційні постачальники складових компонентів розробки	Власний кар'єр з видобутку глини (видобуток 1840036 кг/рік) Постачальники оздоблення: (плановий обсяг замовлення: 264690 кг/рік)
32. Планове місце реалізації результату розробки (місце, планова доля реалізації продукту через це місце)	Торгові центри (80 %); Інтернет-магазин → склад (20%) В разі успіху стартапу – власний шоу-рум
33. Наявність посередників при реалізації	Немає
34. Методи просування результатів розробки на ринок	Пропаганда, реклама, особистий продаж, стимулювання збуту

Загальна характеристика розробки:

1) Тема: Виробництво декорованої цегли

2) Мета: Створення декорованої цегли для інтер'єру

- місце товару у міжнародній класифікації товарів – фешенебельні;
- цінність – естетичне задоволення;
- гранична корисність товару – поєднання в одному виробі естетичних та експлуатаційних властивостей.

3) Суб'єкт замовлення: фізичні особи, підприємства сфери будівництва та оптової і роздрібною торгівлі

4) Об'єкт дослідження: Керамічна цегла

5) Місце розробки у інноваційному ланцюжку цінності: Експлуатація

Терміни:

1. Продукт: Декорована цегла

2. Технологія

Виробництво декорованої цегли проводиться за технологією, що має назву пластичне формування. Сировиною для виробництва цегли є глина. Підготовка глини відбувається таким чином. Глина викладається до бетонованих ям, вирівнюється, заливається водою і відстоюється в перебігу 3–4 діб. Після цього терміну матеріал піддається механічній обробці. В

процесі обробки з глини видаляється каміння, вона добре перемішується, і поступає в стрічковий прес. Далі відбувається нарізка цеглин, штампування на бічній стороні цеглини поглиблення для декору і відправка виробів в сушарку. Для сушки цегли використовують тепло відпрацьованої пари. Після сушки цеглина поступає в тунельну піч, в якій здійснюється випал. Потім готову цеглу декорують, проводять контроль якості та пакування.

3. Джерела сировини

Глина: Павлоградське, Кіровоградське, П'ятихатське, Озорянське, Липовецьке, Іванівське, Копачівське родовища глин.

Оздоблення: магазини декоративних елементів (інтернет-магазин страз і декору "СТРАЗГРАД" м. Миколаїв).

4. Кваліфікація персоналу

Виробничий персонал: начальник цеху, начальник зміни, начальник лабораторії, головний технолог, оператори машин, маркетолог та дизайнер, наладчик обладнання, робітники контролю якості – це кваліфіковані робітники III та IV розрядів та висококваліфіковані V та VI розрядів.

Декоратори, пакувальники, водії, вантажники, вахтери, прибиральниці – можуть бути малокваліфіковані – ті, що мають I та II розряди та некваліфіковані.

5. Споживач

Приватні підприємства сфери будівництва та сфери оптової і роздрібною торгівлі (багатопрфільні), що знаходяться на території України у великих містах та мають долю іноземного капіталу з безперервною організацією виробничого процесу незалежно від сезону. А також, фізичні особи віком від 18 років, що мають середній високий рівень доходу, з будь-яким складом сім'ї та наявним житлом.

6. Ринок збуту

Ринок споживчих товарів → Клас «Непродовольчі товари» → Комплекс «Господарські товари» → Група: будівельні матеріали

Продукт дозволяє будівельним компаніям створювати оригінальні інтер'єри будівель, в залежності від їх призначення та бажань клієнтів цих компаній. Задовольняє потреби в матеріалі. Також, за допомогою нашої продукції підприємства оптової та роздрібною торгівлі зможуть збільшити різноманітність продукції, що продається, і цим збільшити клієнтську базу та як результат отримати прибуток. Продукт дозволяє створити особливий інтер'єр, що надасть атмосферу комфорту та стилю в житлі.

7. Конкурентні переваги

Відсутність вітчизняних аналогів, високі експлуатаційні характеристики, різноманітність, висока естетичність, екологічність, довговічність, легкість монтажу.

5.2 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу

Таблиця 5.2 – Загрози та можливості зовнішнього середовища

Сфера	Загрози	Можливості
Політика	Прийняття ДБН, що забороняють декорувати цеглу	Пошук та розробка нових барвників, що будуть надавати цеглі покращені естетичні характеристики, але не впливатимуть на експлуатаційні показники
Економіка	Зміна валютних курсів, підвищення податків	Висока швидкість обороту капіталу
Географія	Стихійні лиха в межах географічної області	Можливість використання природних ресурсів в межах області (сировина, вода з природних водойм)
Демографія	Нестача робочої сили в регіоні	Високий рівень потоку робочих кадрів
Культура	Виникнення культурно-національних конфліктів між персоналом	Налагодження стосунків в інтернаціональному колективі, що спричинить здорову робочу атмосферу та підвищить продуктивність

		праці.
НТП	Можливість морального старіння обладнання та технології виготовлення продукції	Висока кваліфікація персоналу, поява нового економічно вигідного обладнання

Таблиця 5.3 – Аналіз факторів зовнішнього оперативного середовища

Фактор	Переваги	Недоліки
Споживачі	1. При появі споживачів як фізичних осіб виникає перспектива появи нової роздрібною мережі торгівлі. 2. Співпраця як з великими будівельними фірмами/магазинами, так і персонально з кожним покупцем	На початковому етапі мала база клієнтів
Постачальники	Відмова від великої кількості постачальників за рахунок використання ресурсів прирайонної території (сировина наприклад)	Постійний контроль за поставками, що передбачає пошук відповідальних постачальників
Конкуренти	Поява нового товару на ринку, що дасть можливість конкурувати з існуючими підприємствами	Середня ціна товару та контроль ринку конкурентами є перепорою у встановленні вигідної позиції при збуті товару

Таблиця 5.4 – Аналіз зацікавлених сторін

Зацікавлена сторона	Вплив її на реалізацію проекту	Цікавість її до проекту	Загальний коефіцієнт впливу на проект
Суб'єкти зовнішнього оперативного середовища			
Виробник:			
Конкурент «ProStone»	5 %	3 %	15 %
Конкурент «Flagma»	5 %	3 %	15 %
Постачальник:			

«СТРАЗГРАД»	9 %	10 %	90 %
Споживачі:			
Будівництво	10 %	9 %	90 %
Торгівля	5 %	8 %	40 %
Фізичні особи	3 %	8 %	24 %
Посередники:			
Реклама	10 %	8 %	80 %
Зовнішнє середовище			
Політичні структури			
Міська рада	7 %	10 %	70 %
Суб'єкти економічного середовища			
Податкова служба	9 %	7 %	63 %
Інвестори	15 %	5 %	75 %
Фінансові установи	8 %	5 %	40 %
Власники географічних об'єктів			
Міське населення	4 %	5 %	20 %
Суб'єкти демографії			
Молоді люди	6 %	4 %	24 %
Люди середнього віку	8 %	9 %	72 %
Люди похилого віку	5 %	5 %	25 %
Суб'єкти культурного середовища			
Субкультура	3 %	5 %	15 %
Суб'єкти НТП			
Університети	8 %	10 %	80 %

Таблиця 5.5 – Переваги і недоліки внутрішнього середовища

Фактор	Переваги	Недоліки
Набір молодих кадрів	Надання молодим спеціалістам місця роботи за спеціальністю з доволі високою заробітною платою без досвіду роботи	Можливі зупинки під час роботи виробництва через недосвідченість кадрів
Оренда	Витрачаємо менше коштів, відповідно менше ціна на продукцію	Обладнання може бути застарілим і можуть виникати проблеми через це

Власний кар'єр глини	Не залежимо від поставок	Можуть виникнути труднощі з розробкою оптимально глиняної маси на основі добутої глини, що потребуватиме більше часу для вирішення
Локація цеху: село	Дешевші ціни на тарифи, працю, матеріали	Проблеми з кадрами: не всі матимуть бажання працювати в селі

5.3 Визначення ключових факторів успіху проекту

Для виробництва декорованої керамічної цегли важливими є такі характеристики: ціна, вага (легкість), легкість монтажу, довговічність, екологічність, естетичні дані. Методом експертного опитування визначено вагомість кожної характеристики продукції з точки зору споживача від 0,0 до 1,0.

Конкурентами, які виготовляють схожу продукцію є компанії «ProStone», «Flagma», «EuroLoft», «СаваТексДекор». Методом експертного опитування оцінено від 1 до 5 балів кожну характеристику для нашої продукції і для конкурентів та сформовано зведену таблицю оцінки характеристик продукції (таблиця 5.3).

Таблиця 5.6 – Оцінка характеристик продукції

Хар-ка	Коеф. вагомості хар-ки	Оцінка характеристик				
		Наша продукція	ProStone	Flagma	EuroLoft	СаваТексДекор
Ціна	0,4	4	5	4	5	5
Вага (легкість)	0,075	3	2	4	3	3
Легкість монтажу	0,1	4	3	4	4	3
Довговічність	0,15	5	4	4	3	4
Екологічність	0,075	4	1	2	3	4
Естетичні дані	0,2	5	4	5	3	2

З урахуванням коефіцієнту вагомості характеристики визначаємо бальну оцінку кожної характеристики для нашої продукції і для конкурентів (таблиця 5.7).

Таблиця 5.7 – Бальна оцінка характеристик продукції

Хар-ка	Бальна оцінка характеристик				
	Наша продукція	ProStone	Flagma	EuroLoft	СаваТексДекор
Ціна	1,6	2	1,6	2	2
Вага (легкість)	0,225	0,15	0,3	0,225	0,225
Легкість монтажу	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3
Довговічність	0,75	0,6	0,6	0,45	0,6
Екологічність	0,3	0,075	0,15	0,225	0,3
Естетичні дані	1	0,8	1	0,6	0,4

На підставі отриманих бальних оцінок будуюмо графік порівняння конкурентних переваг нашого підприємства з конкурентами (рис. 5.1).

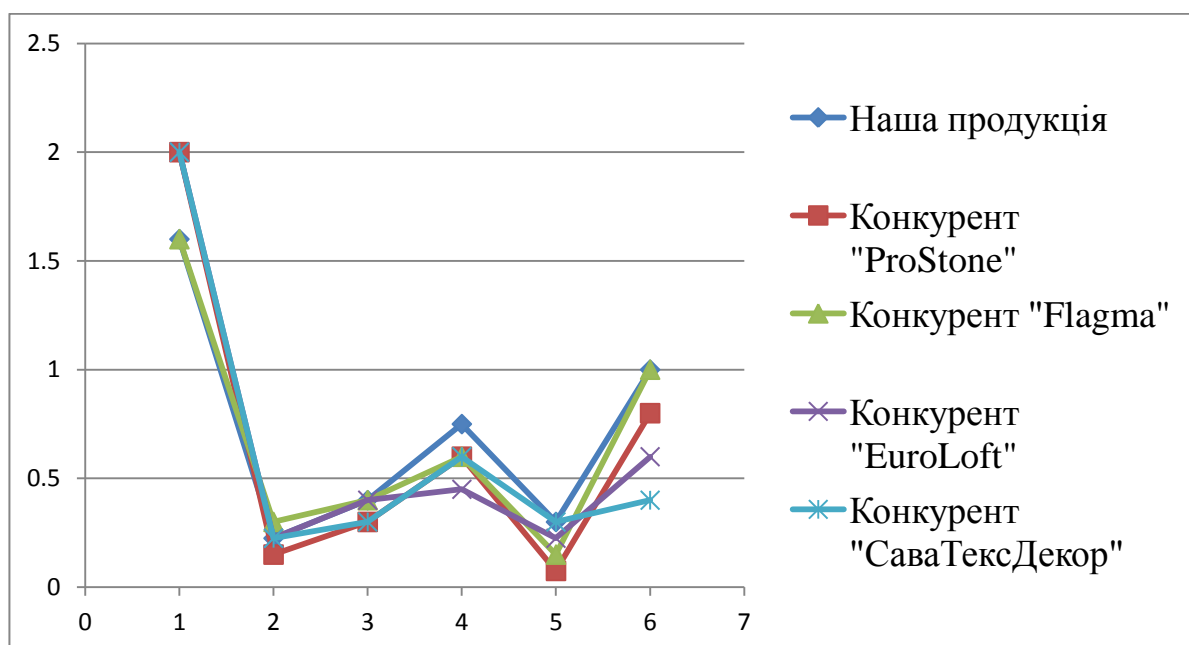


Рисунок 5.1 – Графік порівняння конкурентних переваг нашого підприємства з конкурентами

Відповідно до отриманих результатів фактором переваги продукції нашого підприємства є довговічність. За показником «ціна» наша продукція не може конкурувати. Проте, вона має високу якість, чим зумовлена висока ціна. За показником «вага» наша продукція не може конкурувати. За показником «легкість монтажу» у нашого підприємства є два конкуренти – компанії «Flagma» та «EuroLoft». За показником «екологічність» у нашого підприємства тільки один конкурент «СаваТексДекор» та за показником «естетичні дані» – компанія «Flagma».

Таким чином, наше підприємство повинно зосередитися на покращенні цінової позиції та забезпеченні довговічності. І, за наявності можливостей, зменшити «вагу».

5.4 Визначення потенційних споживачів

Таблиця 5.8 – Класифікація потенційних споживачів

Критерій	Значення
1. Юридична особа	
1. Форма власності	Державне, приватне
2. КВЕД	Будівництво, оптова та роздрібна торгівля
3. За потужністю	Середні
4. За масштабом виробництва	Серійні
5. За рівнем спеціалізації	Вузько- та багатoproфільні
6. За ресурсами, що споживаються	Матеріаломісткі, капіталомісткі
7. За чисельністю персоналу	Середні
8. За сферою діяльності	Виробничі, комерційні
9. За приналежністю капіталу і контролю	Національні
10. За географічним розташуванням	На всій території України
11. За віддаленістю органів управління (Національні, міжнародні
12. За характером господарської діяльності	Будівельні, торгові

13. За рівнем технологічної цілісності	Провідні, дочірні
14. За долею іноземного капіталу	Більше 10 %
15. За формуванням статутного капіталу	Унітарні, корпоративні
16. За організацією виробничих процесів	Безперервні
17. За роботою протягом року	Позасезонні
18. За географічним розташуванням на території України	Розташовані у великих містах України
19. За наявністю вільних ОБЗ (коштів)	Наявні
20. За динамікою розвитку регіону розташування юридичної особи: <ul style="list-style-type: none"> • Регіон • Чисельність населення • Динаміка росту регіону • Структура регіону • Правові обмеження торгівлі 	<p>Великий регіон</p> <p>Чисельність населення більше 100000</p> <p>Динаміка росту регіону позитивна</p> <p>Структура регіону: великі міста</p>
2. Фізична особа	
1. Вік	Від 18 років
2. За платоспроможністю (визначити розмір готовності платити за придбання продукту, послуги)	1000-10000 грн/придбання
3. За соціальним рівнем споживачів <ul style="list-style-type: none"> • Кількість майна • Рівень зарплати • Доступ до ресурсів 	Наявність житла, заробітна плата від 8500 грн/місяць
4. За способом життя (звички, традиції, стереотипи поведінки) <ul style="list-style-type: none"> • Фізичні • Психологічні ◀ • Емоційні ◀ • Духовні ◀ • Соціальні ◀ • Інтелектуальні ◀ 	
5. Тип особистості споживачів	

Традиціоналіст ◀ Ідеаліст ◀ Фрустрант (низька самооцінка) Реаліст ◀ Гедоніст (задоволення тут і зараз) ◀	
6. За ставленням до товару • Мотивація придбання • Пошук вигоди • Ставлення до товару • Інформованість про товар • Інтенсивність споживання товару	Мотивація: бажання естетичного задоволення Вигода: демонстрація статусу Ставлення до товару: вимогливість до якості Інтенсивність споживання: 1/10 років
7. За сімейними цінностями • Склад сім'ї • Рівень сімейного доходу • Етап життєвого циклу сім'ї • Традиції	Склад сім'ї: будь-який Рівень сімейного доходу Етап життєвого циклу сім'ї Традиції
8. За співвідношенням бажання придбати і цінової межі (співставити цифри парами «місячний дохід – вартість одиниці товару»)	8500 грн/45 грн
9. За інтенсивністю споживання товару • Разове придбання • Періодичне придбання ◀ • Систематичне придбання	
10. За інформованістю • Самоосвіта ◀ • ЗМІ ◀ • Спеціальні джерела	

Для визначення потреби споживачів і перевірки правильності визначення отримуємо первинну інформацію від самих споживачів. Для проведення первинних досліджень було використано метод опитування, шляхом особистої розмови та анкетування. Анкета містить звернення, мету анкетування та запитання, що стосуються смаків, переваг клієнтів та їхньої потреби в даному товарі. В результаті було отримано анкети з відповідями і

підведено підсумок про важливість даної категорії клієнтів та потреби, які вони задовольняють за допомогою нашого продукту.

Результати визначення клієнтських потреб наведено в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Клієнт і його потреби

Категорія клієнтів	Потреби, які він задовольняє за допомогою нашого продукту
Приватні підприємства сфери будівництва, що знаходяться на території України у великих містах та мають долю іноземного капіталу з безперервною організацією виробничого процесу незалежно від сезону	Наш продукт дозволяє будівельних компаніям створювати оригінальні інтер'єри приміщень, в залежності від їх призначення та бажань клієнтів Задовольняє потребу в матеріалі
Приватні підприємства сфери оптової і роздрібною торгівлі (багатопрофільні), що знаходяться на території України у великих містах та мають долю іноземного капіталу з безперервною організацією виробничого процесу незалежно від сезону	За допомогою нашої продукції підприємства сфери торгівлі зможуть збільшити різноманітність продукції, яку вони продають, і, як наслідок, розширити свою клієнтську базу та збільшити власний прибуток
Фізичні особи віком від 18 років, що мають середній високий рівень доходу, з будь-яким складом сім'ї та наявним житлом	Наш продукт дозволить створити особливий інтер'єр, що надасть приміщенню атмосферу комфорту та стилю

На основі попередніх досліджень розроблено паспорти клієнтів.

Паспорт клієнта ЗАТ «Українська будівельна компанія»

I. Загальна інформація про клієнта		
1	Повне найменування та скорочене найменування	<i>Закрите акціонерне товариство «Українська будівельна компанія»</i>
2	Організаційно-правова форма	Закрите акціонерне товариство
3	Форма власності	Приватна компанія
4	Код за ЄДРПОУ	23728595
5	Місцезнаходження згідно з реєстраційними документами	Центральний офіс: м. Київ, 03037, пр-т В. Лобановського, 4А
II. Основні відомості про клієнта		

6	Галузь діяльності	Будівництво
7	Рівень спеціалізації	Вузькопрофільне
8	Потужність	Велике
9	Ресурси, що споживаються	Матеріаломістке, капіталомістке
10	Сфера діяльності	Виробниче, комерційне
11	Рівень технологічної цілісності	Провідне
12	Віддаленість органів управління	Національні
13	Наявність вільних Обз (коштів)	Наявні
14	Організація процесів	Безперервне
15	Робота протягом року	Позасезонне
16	Доля іноземного капіталу	Більше 10%
17	Формування статутного капіталу	Корпоративне
18	Засновано	1996 рік
19	Засновники	ТОВ «Граніт» ТОВ «Нові будівельні технології» Мороз Олег Володимирович Мороз Тетяна Михайлівна
20	Штаб-квартира	Київ
21	Територія діяльності	Україна
22	Уповноважені особи	Керівник: Мороз Олег Володимирович
23	Власники	Мороз О.В., Мороз Т.М.
24	Діяльність	41.20 Будівництво житлових і нежитлових будівель 49.41 Вантажний автомобільний транспорт 68.10 Купівля та продаж власного нерухомого майна
25	Чистий прибуток	506 млрд грн
26	Будівельна потужність	200000 м ² /рік
27	Виробнича потужність	36000 м ³ /рік
28	Чисельність співробітників	5 683
29	Проекти	Програма «Свій власний будинок»
30	Володіння	Житловий комплекс «iHome»; Житловий комплекс «A12-2»; Житловий комплекс «ArtПарк»; Житловий комплекс «A12»;

		Житловий комплекс «Грюнвальд»; Житловий комплекс «Олександрівський»
31	Юридична адреса	02096, м. Київ, вул. Ремонтна, 8
32	Сайт	http://www.ukrbudcom.kiev.ua
33	Контактні дані	Центральний відділ: +38 (044) 246 91 57 Відділ продажу: +38 (044) 251 10 50

Паспорт клієнта «ЕПЦЕНТР К»

I. Загальна інформація про клієнта		
1	Повне найменування та скорочене найменування	<i>Національна мережа будівельно-господарських гіпермаркетів «Епіцентр К»</i>
2	Організаційно-правова форма	Товариство з обмеженою відповідальністю
3	Форма власності	Приватна компанія
4	Код за ЄДРПОУ	32490244
5	Місцезнаходження згідно з реєстраційними документами	02139, м. Київ, вул. Братиславська, 11
II. Основні відомості про клієнта		
6	Галузь діяльності	Оптово-роздрібна торгівля
7	Рівень спеціалізації	Багатопрфільне
8	Потужність	Велике
9	Ресурси, що споживаються	Матеріаломістке, капіталомістке
10	Сфера діяльності	Комерційне, посередницьке
11	Рівень технологічної цілісності	Провідне
12	Організація процесів	Безперервне
13	Робота протягом року	Позасезонне
14	Доля іноземного капіталу	Більше 10%
15	Формування статутного капіталу	Корпоративне
16	Засновано	2003 рік
17	Засновник	Герега Олександр Володимирович
18	Штаб-квартира	Київ
19	Територія діяльності	Україна
20	Ключові особи	Генеральний директор: Петро Михайлишин Фінансовий директор: Герега Галина Федорівна
21	Власники	Герега Олександр (81,1%) Герега Галина (18,7%) Суржик Тетяна (0,055%)
22	Продукція	Будівельні товари та матеріали
23	Виторг	28 147 млрд грн (2016)
24	Операційний прибуток ЄВІТ	3 200 млрд грн (2016)
25	Чистий прибуток	2 434 млрд грн (2016)
26	Чисельність співробітників	20 931

27	Холдингова компанія	Emak S.p.A.
28	Дочірні компанії	18 підприємств
29	Асоціації	Європейська асоціація роздрібної торгівлі системи DIY
30	Володіння	Мережа «Епіцентр» Мережа «Нова лінія» Логістичний комплекс «Калинівка» Холдинг «Вінницька агро-промислова група» Онлайн магазин 27.ua
31	Мережа магазинів	46 гіпермаркетів
32	Сайт	Epicentrk.ua
33	Контактні дані	Центральний відділ: +38 (044) 886 3431 (факс) +38 (044) 886 34 53

Паспорт клієнта «Фізична особа» (Коваленко Степан Анатолійович)

I. Загальна інформація про клієнта		
1	Прізвище, ім'я, по-батькові клієнта	<i>Коваленко Степан Анатолійович</i>
2	Вік	46 р.
3	Паспортні дані	Серія <u>СЕ</u> номер <u>893544</u> Виданий Вишгородським РС УДМС України в Київській області
4	Ідентифікаційний код платника	8693945627
5	Поштова адреса	м. Дніпро, 07300, вул. Богдана Хмельницького, 37
II. Основні відомості про клієнта		
6	Рівень платоспроможності	500 – 100 000 грн
7	Соціальний рівень	- Наявність житла; - Заробітна плата 8000 грн/міс. і >; - Є доступ до ресурсів.
8	Спосіб життя	Психологічні, емоційні, соціальні, духовні, інтелектуальні звички, традиції, стереотипи поведінки
9	Тип особистості	Реаліст, традиціоналіст, ідеаліст
10	Ставлення до товару	Мотивація придбання: естетичний вигляд
11	Інтенсивність споживання товару	1 раз/10 років
12	Склад сім'ї	Будь-який
13	Рівень сімейного доходу	Середній і високий
14	Етап життєвого циклу сім'ї	Зародження, розквіт
15	Традиції	Сімейний комфорт
16	Бажання придбати/цінова межа(міс. дохід – вартість од. товару)	8000/50
17	Інформованість	- Самоосвіта - ЗМІ
18	Контактні дані	+38 (093) 677 44 57

На основі визначення потенціальних споживачів можемо розробити плановий обсяг випуску продукції за місяцями (таблиця 5.10).

Площа стандартної стіни $S = 15 \text{ м}^2$; в 1 м^2 стіни – 95 шт. цегли; всього цегли на стіну – 1425 шт. цегли.

Таблиця 5.10 – Плановий обсяг випуску продукції за місяцями

Місяць	Споживач	Кількість цегли, шт/місяць	Місяць	Споживач	Кількість цегли, шт/місяць	Місяць	Споживач	Кількість цегли, шт/місяць
Січень	Буд-во	19950	Травень	Буд-во	21375	Вересень	Буд-во	21375
	Торгівля	8550		Торгівля	19950		Торгівля	19950
	Фіз. особи	5700		Фіз. особи	9975		Фіз. особи	9975
Лютий	Буд-во	19950	Червень	Буд-во	21375	Жовтень	Буд-во	21375
	Торгівля	8550		Торгівля	19950		Торгівля	19950
	Фіз. особи	5700		Фіз. особи	9975		Фіз. особи	9975
Березень	Буд-во	19950	Липень	Буд-во	21375	Листопад	Буд-во	19950
	Торгівля	12825		Торгівля	19950		Торгівля	16031
	Фіз. особи	8550		Фіз. особи	11035		Фіз. особи	5700
Квітень	Буд-во	21375	Серпень	Буд-во	21375	Грудень	Буд-во	19950
	Торгівля	19950		Торгівля	19950		Торгівля	8550
	Фіз. особи	8550		Фіз. особи	9975		Фіз. особи	5700

Випуск за рік = 544341 шт. цегли; з урахуванням 3 % браку = 560671 шт. цегли.

5.5 Ціна інноваційної пропозиції на ринку

Таблиця 5.11 – Проектні ціни продажу ідеї

Найменування товару	Планові обсяги продажу		Аналоги, прототипи	
	Кількість, од.	Ціна, грн/од.	Кількість, од.	Ціна, грн/од.
Декорована цегла	560671	45	Починаючи від 100000	35-50

Витратний метод

Оборотні фонди – фонди підприємства, які повністю витрачаються протягом одного виробничого циклу і їх вартість переноситься на собівартість продукції повністю і одразу.

Приймаємо, що в цеху використовується напруга першого класу. Тариф на електроенергію складає 1,63754 грн/кВт.

Виробництво працює 24 години на добу 365 днів.

Для роботи обладнання витрачається 1638897 кВт/рік. Тоді вартість електроенергії становитиме:

$$V_{ел} = 1638897 \cdot 1,63754 = 2683759,39 \text{ грн/рік.}$$

Для освітлення приміщення витрачається 652752 кВт/рік. Тоді вартість електроенергії становитиме:

$$V_{ел} = 652752 \cdot 1,63754 = 1068908 \text{ грн/рік.}$$

Для особистої гігієни працівників в цеху передбачені душові кабінки, туалети та рукомийники. Також передбачено вологе прибирання цеху раз у зміну. Загальна витрата води у рік становить 728,18 м³/рік, а тариф на воду складає 14,7 грн/м³. Отже, вартість води за рік складатиме:

$$V_{в} = 728,18 \cdot 14,7 = 10704 \text{ грн/рік.}$$

Витрату газу в даному проекті приймаємо лише для тунельної печі. Витрата газу для печі становить 193659,7 м³/рік, а тариф – 15238,92 грн/1000м³. Отже, вартість газу на рік становить:

$$V_{г} = \frac{193659,7}{1000} \cdot 15238,92 = 2951165 \text{ грн/рік.}$$

З урахуванням усіх витрат в масозаготівельному цеху вартість глиняної маси становитиме $V_{м} = 3970339,5$ грн/рік.

На декор витрачатиметься $V_{д} = 10587572$ грн/рік.

Для закріплення декору використовуватимемо клей (385 грн/рік), лак (3140 грн/рік), пензлики (352 грн/рік).

Отже, сумарно на декорування витрачається:

$$V_{д} = 10587572 + 385 + 3140 + 352 = 10591449 \text{ грн/рік.}$$

До оборотних фондів з охорони праці належать:

1. лампи ЛДЦ-15 (40 шт./рік); ціна – 15 грн/шт.;
2. респіратори (23360 шт./рік); ціна – 3 грн/шт.;
3. рукавички для декораторів та працівників відділу якості (120 пар/рік); ціна – 1 грн/пару;
4. робочі рукавиці (192 пари/рік); ціна – 15 грн/пару;
5. гумові рукавиці для прибиральниць (48 пар/рік); ціна – 8 грн/пару.

Отже, вартість оборотних фондів з охорони праці становитиме:

$$V_{оп} = (40 \cdot 15) + (23360 \cdot 3) + (120 \cdot 1) + (192 \cdot 15) + (48 \cdot 8) \\ = 74064 \text{ грн/рік.}$$

До оборотних фондів з прибирання належать:

1. миючі засоби (25 л/рік); ціна – 250 грн/5 л;
2. пакети для сміття (10 пачок/рік); ціна – 13 грн/пачку.

Отже, вартість оборотних фондів з прибирання:

$$V_{пр} = (5 \cdot 250) + (10 \cdot 13) = 1380 \text{ грн/рік.}$$

До канцелярського приладдя належать:

1. ручки (100 шт./рік); ціна – 95 грн/50 шт.;
2. канцелярська книга (4 шт./рік); ціна – 48 грн/шт.;
3. папір (5 пачок/рік); ціна – 70 грн/пачку.

$$V_{к} = (95 \cdot 2) + (4 \cdot 48) + (5 \cdot 70) = 732 \text{ грн/рік.}$$

У таблиці 5.12 приведений баланс споживання оборотних фондів цеху за рік.

Таблиця 5.12 – Забезпеченість проекту оборотними фондами

Оборотні фонди	Норма витрат на рік,	Ціна, грн	Очікуваний постачальник	Джерело фінансування
Електроенергія на обладнання	1638897 кВт	2683759,39	АТ «ДТЕК Дніпровські Електромережі»	Грант / Європейський банк
Електроенергія на освітлення	652752 кВт	1068908	АТ «ДТЕК Дніпровські Електромережі»	Грант / Європейський банк

Вода	728,18 м ³	10704	КП «Дніпроводоканал»	Грант / Європейський банк
Газ	193659,7 м ³	2951165	ТОВ «Дніпропетровськгаз Збут»	Грант / Європейський банк
Глиняна маса	2,65·10 ⁶ кг	3970339,5	ЧП Днепрогруз	Грант / Європейський банк
Декор	-г	10591449	Інтернет-магазин страз і декору «СТРАЗГРАД»	Грант / Європейський банк
ПП стрічка	4 рулонів	1200	ТОВ ПКФ «Козак+»	Власні кошти
Термоусадочна плівка	100 кг	4600	ТОВ ПКФ «Козак+»	Власні кошти
Засоби з охорони праці	-	74064	ТОВ «ОЛДІ».	Власні кошти
Засоби прибирання	-	1380	ТОВ «ОЛДІ».	Власні кошти
Канцелярське приладдя	-	732	Інтернет-магазин «Аравак»	Власні кошти
Всього		21358301		

Основні засоби – засоби праці, які мають значну вартість, багаторазово використовуються в процесі виробництва, повністю або частково зберігають свою натуральну форму, а їх вартість переноситься на вартість готової продукції по частинам. Основні засоби – засоби праці, які мають значну вартість, багаторазово використовуються в процесі виробництва, повністю або частково зберігають свою натуральну форму, а їх вартість переноситься на вартість готової продукції по частинам. В нашому проекті ми плануємо орендувати приміщення та виробниче обладнання. Обґрунтування вартості оренди приведено нижче.

Виробниче обладнання – засоби праці, які безпосередньо використовуються у виробничому циклі;

Офісне обладнання – засоби праці, що використовуються для ведення документів, зберігання даних контролю якості.

Офісне приладдя:

- ПК (2 од.); вартість – 10000 грн; амортизація – 666,67 грн;
- Принтер (1 од.); вартість – 1500 грн; амортизація – 750 грн.

Тоді загальна вартість офісного приладдя:

$$V_{\text{оф.}} = 10000 + 1500 = 11500 \text{ грн}$$

а амортизація складатиме:

$$A_{\text{оф.}} = 666,67 + 750 = 1416,67 \text{ грн.}$$

Засоби санітарного призначення:

- душ (8 од.); вартість – 5600 грн; амортизація – 2800 грн;
- унітаз (2 од.); вартість – 1100 грн; амортизація – 550 грн;
- рукомийник (2 од.); вартість – 800; амортизація – 400 грн;
- бойлер (1 од.); вартість – 6000 грн; амортизація – 600 грн.

Тоді загальна вартість засобів санітарного призначення:

$$V_{\text{сан.}} = 5600 + 1100 + 800 + 6000 = 13500 \text{ грн,}$$

а амортизація складатиме:

$$A_{\text{сан.}} = 2800 + 550 + 400 + 600 = 4350 \text{ грн.}$$

Засоби з охорони праці:

- вогнегасник (2 од.); вартість – 600 грн; амортизація – 600 грн;
- світильник ПВЛ-6 (250 од.); вартість – 62500 грн; амортизація – 2500

грн;

- лампа ЛБ-80 (500 од.); вартість – 12500 грн; амортизація – 12500 грн;
- звукоізоляційні навушники (50 од.); вартість – 5000 грн; амортизація –

2500 грн;

- спецодяг (98 од.); вартість – 19600 грн; амортизація – 9800 грн.

Тоді загальна вартість засобів санітарного призначення:

$$V_{\text{оп.}} = 600 + 62500 + 12500 + 5000 + 19600 = 100200 \text{ грн,}$$

а амортизація складатиме:

$$A_{\text{оп.}} = 600 + 2500 + 12500 + 2500 + 9800 = 27900 \text{ грн.}$$

Меблі:

- стіл (10 од.); вартість – 3000 грн; амортизація – 1500 грн;
- стільці (35 од.); вартість – 7000 грн; амортизація – 3500 грн;
- двері (8 од.); вартість – 8000 грн; амортизація – 320 грн;
- шафи в роздягальню (90 од.); ціна – 81000 грн; амортизація – 3240 грн.

Тоді загальна вартість меблів:

$$B_{\text{м}} = 3000 + 7000 + 8000 + 81000 = 99000 \text{ грн,}$$

а амортизація складатиме:

$$A_{\text{м}} = 1500 + 3500 + 320 + 3240 = 8560 \text{ грн.}$$

В таблиці 5.13 приведено перелік основних засобів, що використовуються в цеху та їх вартість.

Таблиця 5.13 – Обґрунтування вартості оренди приміщення

Назва ОЗ	Вартість/ амортизація, грн	Плановий період експлуатації, роки	Очікуваний постачальник	Джерело фінансування придбання
Вакуум-прес (1 од.)	600000/ 24000	25	ПрАТ «ХМЗ "ПЛІНФА»	
Автомат різки (1 од.)	70000/ 2800	25	ПрАТ «ХМЗ "ПЛІНФА»"	
Автомат- укладач (1 од.)	25000/ 1000	25	ПрАТ «ХМЗ "ПЛІНФА»	
Електроперед авальний візок СМК- 103 (2 од.)	2000/ 1000	25	ПрАТ «ХМЗ "ПЛІНФА»	
Автомат- садчик (2 од.)	46000/ 1840	25	ПрАТ «ХМЗ "ПЛІНФА»	

Електроперед авальний візок СМК- 221 А (2 од.)	2000/ 1000	25	ПрАТ «ХМЗ "ПЛІНФА»	
Сушарка (1 од.)	500000/ 16666,67	30	ТОВ «Інвеста»	
Піч (1 од.)	2500000/ 50000	50	ТОВ «Інвеста»	
Вентилятори для печі (4 од.)	40000/ 1600	25	ПрАТ «ХМЗ "ПЛІНФА»	
Консольні вагонетки (10 од.)	30000/ 1200	25	ПрАТ «ХМЗ "ПЛІНФА»	
Сушильні рамки (240 од.)	36000/ 7200	5	ПрАТ «ХМЗ "ПЛІНФА»	
Пічні вагонетки (4 од.)	32000/ 128	25	ПрАТ «ХМЗ "ПЛІНФА»	
Засоби автоматизації	500000/ 20000	25	ПрАТ «ХМЗ "ПЛІНФА»	
Автомат- обв'язчик (1 од.)	25000/ 1000	25	ПрАТ «ХМЗ "ПЛІНФА»	
Автомат- пакувальник (1 од.)	25000/ 1000	25	ПрАТ «ХМЗ "ПЛІНФА»	
Транспорт	50000/ 5000	10	ТОВ «Ларді»	
Засоби санітарного призначення	13500/ 4350	-	Інтернет-магазин сантехніки та опалення «АКВАточка»	
Охорона	100200/ -	-	ТОВ	

праці	27900		«Укртекстиль»	
Меблі	99000/ 8560	-	Інтернет-магазин «Sofino™»	
Офісне приладдя	11500/ 1416,67	-	Студія меблів «Доміно»	
Інше	3321/ 1660,5	-	Інтернет-магазин «ХозДвор»	
Всього	4710521/ 179554	-		Грант / Європейський банк та розвитку

Одним основним засобом, який нас необхідно буде придбати, в нашому випадку буде прес-штамп, оскільки на звичайних цегляних заводах їх зазвичай немає.

Таблиця 5.14 – Забезпеченість проекту основними засобами

Назва ОЗ	Вартість/ амортизація, грн	Плановий період експлуатації, роки	Очікуваний постачальник	Джерело фінансування придбання
Прес-штамп (1 од.)	150000/ 6000	25	Товариство з обмеженою відповідальністю «ІНТЕРПЕТ»	Грант / Європейський банк реконструкцій та розвитку

Фонд оплати праці наведений у таблиці 5.15.

Таблиця 5.15 – Забезпеченість проекту трудовими ресурсами

Категорія кадрів	Назва посади	Чисельність за списком	Кваліфікаційні вимоги	Плановий рівень заробітної плати в рік з урах. кількості працівників	Джерело фінансування ФОП
Робочі основні	Оператор	20	Вища освіта, бажано досвід роботи, але не обов'язково	2160000	
	Декоратор	24	Вища освіта, бажано досвід	2592000	

			роботи, але не обов'язково		
Робочі допоміжні	Пакувальник	4	Можуть бути малокваліфіковані	336000	
	Вантажник	16	Можуть бути малокваліфіковані	1248000	
	Водій	4	Обов'язково наявність водійських прав	384000	
	Вахтер	8	Можуть бути малокваліфіковані	672000	
	Прибиральниця	4	Можуть бути малокваліфіковані	312000	
Спеціалісти	Інженер-технолог	1	Вища освіта, досвід роботи від 2-х років	156000	
	Маркетолог	1	Вища освіта, бажано досвід роботи	144000	
	Дизайнер	1	Вища освіта, бажано досвід роботи	144000	
	Інженер-налаштовувач	1	Вища освіта, досвід роботи від 2-х років	156000	
Молодший персонал	Лаборанти відділу якості	8	Вища освіта, бажано досвід роботи, але не обов'язково	864000	
Керівники	Начальник зміни	4	Вища освіта, досвід роботи від 5-х років	720000	
	Начальник цеху	1	Вища освіта, досвід роботи від 5-х років	216000	
	Начальник лабораторії	1	Вища освіта, досвід роботи від 5-х років	156000	
Всього		98		10260000	Міська рада + кредит

Нарахування на заробітну плату (єдиний соціальний внесок):

$$\text{ЄСВ (ЗВ)} = 7584000 \cdot 0,22 = 1668480 \text{ грн/рік}$$

$$\text{ЄСВ (ПВ)} = 2676000 \cdot 0,22 = \mathbf{588720} \text{ грн/рік}$$

Сумарно:

$$\text{ЄСВ} = 1668480 + \mathbf{588720} = 2257200 \text{ грн/рік}$$

Узагальнивши всі підрахунки, можна скласти калькуляцію на продукцію. Вона приведена у таблиці 5.16.

Таблиця 5.16 – Калькуляція на продукцію

Елемент	Вартість грн/рік
Нарахування на заробітну плату	1668480
	588720
Заробітна плата	10260000
Затрати на сировину та матеріали	14561437
Витрати на паливо і електроенергію	6703832
Оренда	179554
Амортизаційні відрахування на утримання усіх ОЗ підприємства	6000
Запасні частини	10000
Всього	33978023

Точка беззбитковості

$$Ц = \frac{\text{ПВ}}{Q} + \text{ЗВ}$$

Постійні витрати (виділені в табличках 5.12; 5.13; 5.14; 5.15) = 4611862 грн.

Змінні витрати (аналогічно) = 29449193 грн/випуск

$$\text{ЗВ} = \frac{29449193}{560671} = 53 \text{ грн/шт}$$

Кількість товарів, що забезпечує беззбитковість:

$$Q = \frac{\text{ПВ}}{Ц - \text{ЗВ}} = \frac{2763673}{55 - 53} = 1863275 \text{ шт.}$$

Тоді ціна:

$$Ц = \frac{ПВ}{Q} + 3В = \frac{4611862}{1863275} + 53 = 55 \text{ грн/шт.}$$

Параметричний метод

$$Ц_{н} = \frac{П_{н}}{П_{б}} \cdot Ц_{б} \cdot [K_{г}]$$

В якості параметру візьмемо міцність цегли на стиск: $П_{б} = 100 \text{ кгс/см}^2$,
 $П_{н} = 175 \text{ кгс/см}^2$.

Значить:

$$Ц_{н} = \frac{175}{100} \cdot 35 \cdot 0,65 = 39,8 \text{ грн/шт}$$

Метод бальної оцінки ціни:

Хар-ка	Коефіцієнт вагомості хар-ки	Оцінка характеристик				
		Наша продукція	ProStone	Flagma	EuroLoft	СаваТексДекор
Вага (легкість)	0,03	3	2	4	3	3
Легкість монтажу	0,1	4	3	4	4	3
Довговічність	0,4	5	4	4	3	4
Екологічність	0,07	4	1	2	3	4
Естетичні дані	0,4	5	4	5	3	2

З урахуванням коефіцієнту вагомості характеристики визначаємо бальну оцінку кожної характеристики для нашої продукції і для конкурентів (таблиця 5.17).

Таблиця 5.17 – Бальна оцінка характеристик продукції

Характеристика	Бальна оцінка характеристик				
	Наша продукція	ProStone	Flagma	EuroLoft	СаваТексДекор
Вага (легкість)	0,09	0,06	0,12	0,09	0,09
Легкість	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3

монтажу					
Довговічність	2	1,6	1,6	1,2	1,6
Екологічність	0,28	0,07	0,14	0,21	0,28
Естетичні дані	2	1,6	2	1,2	0,8
Сума	4,77	3,63	4,26	3,1	3,07

Розрахуємо нашу ціну, порівнюючи з конкурентною компанією «Flagma». Тут ціна за одну цеглину складає 35 грн.

Ціна одного балу складає:

$$P_{16} = \frac{35}{4,26} = 8,22 \text{ грн}$$

Тоді ціна нашого виробу:

$$Ц = 8,22 \cdot 4,77 = 39,2 \text{ грн.}$$

Конкурентний метод: всі розглянуті вище компанії-конкуренти в загальному мають ціну на декоровану цеглу 35-50 грн/шт. Оскільки наша відрізняється за якістю (міцність вище) та кращими естетичними властивостями, то наша ціна складатиме 45 грн/шт. Ставити ціну 50 грн/шт. на старті проекту не раціонально, оскільки ми можемо просто не реалізувати свою продукцію за такою ціною.

Таблиця 5.18 – Техніко-економічні показники проекту

Показники	Одиниця виміру	Числове значення
Річний випуск продукції	шт/рік	560671
Чисельність персоналу за списком	осіб	98
Середньорічна чисельність персоналу за списком	осіб	122
Основний персонал	осіб	44
Допоміжний персонал		34
Молодший персонал		8
Інженерно-технічний персонал		10
Капіталовкладення	грн	34215055

	грн/шт	61
Вартість розробки (собівартість)	грн грн/шт	21364301 38,1
Прибуток	грн/рік грн/шт	3865916 6,89
Рентабельність	%	18,1
Економічний коефіцієнт	%	11,3
Період повернення капіталовкладень	років	9
Продуктивність праці	грн/ос.	29,4
Фондовіддача	грн/грн	76,56
Фондоємність	грн/грн	0,01

5.6 Аналіз джерел фінансування стартапу

Джерела фінансування:

1. Запозичені (кредити, інвестиції, гранти, кошти громадських організацій);
2. Власні (гранти).

Розглянемо можливі гранти, які можна отримати. В нашому випадку можна спробувати подати заявку на отримання гранту в програмі COSME.

Програма COSME – програма ЄС конкурентоспроможність підприємств малого і середнього бізнесу. Вона заснована Європейським Союзом і покликана сприяти зміцненню конкурентоспроможності та стабільності малих і середніх підприємств, які здійснюють свою діяльність, як в ЄС, так і в інших країнах світу. Участь у програмі COSME дає можливість українському бізнесу здійснити вихід на зовнішні ринки країн ЄС та інших країн-учасниць програми, реалізувати власні товари та послуги, або придбати їх у іноземних компаній, знайти партнерів та контрагентів.

Наш проект може прийняти участь в конкурсі ЄВРОПЕЙСЬКА МЕРЕЖА ПІДПРИЄМСТВ (EEN). Мета конкурсу: підтримка бізнесу (МСП) у процесі виходу на європейський ринок (пошук партнерів, просування

товарів та послуг, інноваційних продуктів та ін.) через реалізацію інформаційно-консультаційних послуг

Бюджет конкурсу: 57,200 млн. євро (60 контрактів). Покриття видатків проекту 100 %.

В разі неотримання гранту потрібно активізувати запозичені джерела фінансування. Нам необхідна сума 34215055 грн для старту виробництва та близько 500000 грн для маркетингових заходів.

Кредити:

1. КУБ (ПриватБанк): сума 500000 грн без застави, термін – 12 міс, щомісячна ставка – 2% на місяць на початкове тіло кредиту.

2. Кредити на розвиток бізнесу та фінансування інвестиційних витрат (Укрексімбанк): сума 500000 грн для маркетингових заходів; під заставу у вигляді нерухомого майна, транспортних засобів та основних засобів виробництва, термін – до 12 місяців, процентна ставка від 17,5 %.

3. Європейський банк реконструкції та розвитку: сума 19500000 грн (в разі відмови ради міста від фінансування нашого виробництва (див. нижче)); сума 9500000 грн (в разі фінансування містом нашого виробництва), термін – 3 роки.

Також за фінансовою підтримкою можна звернутись до міської/районної ради того міста, де буде будуватися виробництво (Дніпро) з проханням профінансувати наше підприємство, оскільки воно забезпечить робочими місцями частину населення. Від ради міста можна очікувати приблизно 10000000 грн.

В разі відмови котримсь банком у наданні кредиту можна звернутися до інвесторів. Нині в Інтернеті існують платформи, де можна зареєструвати свій проект та інвестори (в разі зацікавленості) можуть його обрати. Також можна подати заявку на конкурс стартапів Sikorsky Challenge.

5.7 Концепція бізнес-моделі проекту та карта бізнес-процесів реалізації проекту

Таблиця 5.19 – Карта бізнес-процесів виконання стартап-проекту

Стадія реалізації стартап проекту	Бізнес-процеси	Характеристики		
		Задіяні ресурси	Орієнтовна тривалість процесу	Верхня межа фінансових витрат
Розробка ідеї стартапу	Виникнення ідеї	Інтелектуальні	30 хв	-
	Аналіз ринку		2 дні	-
	Визначення потенційних споживачів та їх потреб		10 днів	100 грн
Реалізації ідеї	Пошук спеціалістів для розробки технології виробництва	Інтелектуальні	10 днів	-
	Розробка технології, розрахунок обладнання, персоналу, сировини та матеріалів	Інтелектуальні, фінансові	7 днів	500 грн
	Розрахунок кількості коштів, що необхідні для старту проекту	Інтелектуальні, фінансові	7 днів	300 грн
	Пошук локації для підприємства	Інтелектуальні	7 днів	-
	Пошук інвесторів	Інтелектуальні	7 днів	-
	Розробка та підписання договорів з інвесторами	Інтелектуальні, фінансові	10 днів	4000 грн
	Створення та реєстрація підприємства	Інтелектуальні, фінансові	30 днів	170000

	Пошук та влаштування працівників	Інтелектуальні, фінансові	20 днів	500 грн
Впровадження у виробництво	Розробка оптимального складу глиняної маси та паралельно розробка макетів декорування	Інтелектуальні, фінансові, матеріальні	10 днів	1000 грн
	Створення експериментальних зразків та їх випробовування	Інтелектуальні, матеріальні	7 днів	5000
	Впровадження рецептури найкращої маси у виробництво	Матеріальні	2 дні	1300000 грн
Масова реалізація	Пошук клієнтів та укладання з ними договорів	Інтелектуальні, фінансові	15 днів	3000 грн
	Розробка реклами	Інтелектуальні, фінансові	15 днів	100000 грн

	Розповсюдження реклами (тут я візьму гроші з гранту, які не треба повертати, тому вони не йдуть в собівартість. Давайте просто уявимо, що я виграла грант)	Фінансові	3 місяці	400000 грн
Закриття або продаж проекту	Переговори з потенційним покупцем	Інтелектуальні	7 днів	-
	Укладання договору	Інтелектуальні, фінансові	3 дні	3000
	Продаж	Фінансові	1 день	1000

Таблиця 5.20 – Системний аналіз бізнес-процесів стартапу

Функції	Елементи							
	Розробник ідеї	Технолог-проектувальник	Хімік-технолог	Бухгалтер	Кадровик	Дизайнер	Маркетолог	Юрист
Виникнення ідеї	+							
Аналіз ринку	+							
Визначення потенційних споживачів та їх потреб	+							
Пошук спеціалістів для розробки технології виробництва	+							
Розробка технології,	+	+	+		+			

розрахунок обладнання, персоналу, сировини та матеріалів								
Розрахунок кількості коштів, що необхідні для старту проекту	+			+				
Пошук локації для підприємства	+	+	+					
Пошук інвесторів	+			+				
Розробка та підписання договорів з інвесторами	+			+				+
Створення та реєстрація підприємства								+
Пошук та влаштування працівників					+			
Розробка оптимального складу глиняної маси та паралельно розробка макетів декорування			+			+		
Створення експериментальних зразків та їх випробовування			+					
Впровадження рецептури найкращої маси у виробництво		+	+					
Пошук клієнтів та укладання з ними договорів	+			+				+
Розробка реклами	+						+	
Розповсюдження реклами							+	
Переговори з потенційним покупцем	+			+				+
Укладання договору	+			+				+
Продаж	+			+				+

5.8 Ризики розробки та методи управління ними

Перелік ризиків нашої розробки, ймовірність їх настання, вплив на очікуваний результат, методи керування цими ризиками наведені нижче в таблиці 5.21.

Таблиця 5.21 – Оцінка ризиків розробки

№	Сфера	Перелік ризиків інноваційної розробки	Ймовірність настання	Вплив на очікуваний результат	Методи управління ризиком
1	Постачальники	Зміна ціни на сировину	4	Підвищення цін готової продукції	Запобігання та контролювання ризику (укладання довгострокових контрактів)
		Затримка постачань		Зупинка виробничого процесу, не виконання виробничого плану, перевитрати через зірвану роботу	Запобігання та контролювання ризику (введення штрафів за затримки постачань)
		Виникнення додаткових вимог з боку постачальника		Можливі проблеми з постачанням сировини та затримка виробництва, перевитрати через зірвану роботу	Запобігання та контролювання ризику (укладання довгострокових контрактів)

2	Посередники	Недотримання посередниками умов договору	6	Розірвання договорів, збитки	Запобігання та контролювання ризику (чітке прописання штрафів, пені, санкцій за недотримання умов контракту)
		Розрив контрактів	4	Збитки від нереалізованої вчасно продукції	Скасування (відмова від співпраці з ненадійними партнерами, навіть якщо це буде дорожче)
3	Споживачі	Ринковий ризик	2	Відсутність споживачів, банкрутство	Запобігання та контролювання (грамотна маркетингова кампанія), страхування
		Виявлення претензій з боку споживачів	5	Витрати в зв'язку з відшкодуванням збитків клієнтів, втрата репутації	Запобігання та контролювання (проведення максимально ретельної роботи з контролю якості продукції відповідно до чинних стандартів України та Європи)
		Зміна вимог споживачів	6	Втрата виробом актуальності, збитки	Запобігання та контролювання (проведення активної роботи для виявлення потреби клієнта, слідкування за світовими тенденціями у виробництві)
4	Конкуренти	Зменшення ціни на продукцію в конкурентів, покращення якісних характеристик, збільшення асортименту товарів	6	Надання переваги конкурентам серед споживачів	Запобігання та контролювання (постійне вдосконалення характеристик нашої продукції)

5	Політика	Військовий конфлікт на сході України, що може перерости у міждержавну війну	4	Зниження потреби на товар серед населення; відсутність кваліфікованих працівників (мобілізація чоловіків); можливі проблеми з постачальниками та підприємствами збуту.	Запобігання та контролювання (створити комплекс заходів, спрямованих на мінімізацію збитків після настання несприятливої ситуації. Укладання договорів з іноземними клієнтами)
		Заборона на діяльність	2	Припинення виробництва, збитки	Страхування ризику
		Нестабільність політичної влади (страйки)	4	Часткове припинення роботи	
6	Економіка	Економічна нестабільність в Україні та підвищення податків	7	Великі збитки/банкрутство підприємства	Страхування ризику, запобігання та контролювання шляхом резервування певних коштів для покриття додаткових витрат
		Банкрутство партнерів	3	Збої в роботі, збитки, пошук нових партнерів	Страхування
		Зміна валютних курсів	6	Підняття ціни на виробництво продукції, відповідно, і на сам продукт	Поглинання ризику

7	Географія	Далеке розташування від багатьох населених пунктів, що знаходяться у віддалених від центру регіонах України (транспортні проблеми)	2	Відмова споживачів купляти продукцію у нас, шукають альтернативу	Запобігання та контролювання (налагодження дилерської системи по регіонах)
		Стихійні лиха в межах географічної області		Аварії на виробництві, травмування працівників	Страховання
8	Демографія	Підвищення середнього віку населення України у зв'язку з еміграцією робото- та платоспроможної частини населення	2	Зменшення кількості реальних споживачів, що відносяться до категорії фіз. особи	Запобігання та контролювання (надання робочих місць з конкурентною заробітною платою)
		Нестача робочої сили в регіоні	3	Затримка виробництва	
9	Культура	Зміна модних тенденцій в архітектурних та інтер'єрних рішеннях	2	Зменшення попиту на нашу продукцію	Запобігання та контролювання (постійний моніторинг ринку модних тенденцій)
		Виникнення культурно-національних конфліктів між		Розлад роботи виробництва	Поглинання ризику

		персоналом			
10	НТП	Розробка нових технологій та продуктів даної сфери	2	Зменшення попиту на нашу продукцію	Запобігання та контролювання (впровадження нових технологічних рішень)
		Зміна параметрів нової техніки та технології		Витрати в зв'язку з оновленням техніки та технології	Поглинання ризику

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ «СТАРТАП-ПРОЕКТ»

Було розроблено стартап зі створення декорованої цегли.

В ході роботи було визначено потенційних клієнтів ідеї та їх потреби. За методом Шонфільда визначено ключові фактори успіху стартапу.

Проаналізовано фактори, що можуть впливати на виробництво, можливості, які вони створюють та загрози.

За допомогою декількох методів розраховано ціну на наш виріб та обрано оптимальну: 45 грн/шт. Розроблено плановий обсяг випуску продукції за перший рік виробництва.

Проаналізовано можливі джерела фінансування нашого проекту, ризику, що можуть виникнути в ході реалізації проекту та методи управління ними.

ВИСНОВКИ

Аналіз українського будівельного ринку показав ефективність, конкурентну здатність та екологічну цінність керамічної цегли. Тому тема магістерської дисертації є актуальною.

Розглянуті літературні джерела довели, що різні відходи виробництва сприяють розширенню сировинної бази виробництва, покращенню екологічного стану та зниженню витрат на виробництво. Ці заходи забезпечують зниження собівартості виготовлення цегли і підвищують її конкурентну здатність.

Запропоновано з метою покращення якості керамічної цегли за рахунок поліпшення формувальної властивості маси використовувати відходи вуглезбагачення.

Аналіз існуючих методів виробництва керамічної цегли показав переваги та недоліки різних способів. Встановлено найбільш ефективним способом виробництва рядової керамічної цегли є пластичний. Наведено можливі інноваційні шляхи для покращення властивостей формувальної маси та зменшення енерговитрат для виробництва.

В результаті проведеної роботи було обґрунтовано вибір точки будівництва підприємства, наведено асортимент та вимоги діючих стандартів до продукції, обрано та детально розглянуто технологічну схему виробництва керамічної цегли.

Наведено характеристику глини, що використовується в якості основного сировинного матеріалу, та обґрунтовано вибір відходів вуглезбагачення в ролі допоміжного сировинного матеріалу. Введення даних відходів покращує формувальні властивості маси, зменшує усадку та сприяє зменшенню витрати палива.

В процесі роботи зроблено розрахунок глиняної маси і матеріального балансу виробництва, вибір і розрахунок технологічного обладнання та складських приміщень.

В якості інноваційної ідеї в даній магістерській дисертації розглянуто проект створення декорованої цегли шляхом нанесення декору на одну з поверхонь цегли з метою покращення її декоративних характеристик.

Було виконано генеральний план промислового виробництва. При цьому було враховано географічне розташування ділянки, повторюваність вітрів, наближеність до сировинних, водних і трудових ресурсів, наявність транспортної розв'язки.

В ході роботи було розроблено підприємство з виробництва керамічної цегли та запропоновано стартап-проект, що полягає у декоруванні цегли.

Місцем встановлення даного підприємства було обрано с. Бажани Петропавлівського району Дніпровської області, оскільки поблизу знаходиться Павлоградське родовище глини, що придатна для виробництва цегли.

У тепло-технологічній частині наведені розрахунок горіння палива, розрахунок основних розмірів печі, кількість вагонеток, складений тепловий баланс печі, розраховані аеродинамічні параметри.

У розділі «Автоматизація» розроблена автоматизація процесу підготовки глиняної маси.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» було проведено аналіз шкідливих та небезпечних факторів, що можуть виникнути на виробництві, представлено ряд заходів з їх усунення, вибрано освітлення на місцях роботи виробничого персоналу, розраховано кількість світильників для оптимальної освітленості робочого простору, розроблені заходи з електробезпеки, усунення небезпеки рухомих механізмів, захист від виробничого шуму і вібрації, заходи з пожежної безпеки. Було виявлено можливі наслідки аварії на підприємстві та розраховано супутні втрати. Запропоновано заходи для убезпечення виробничого персоналу під час надзвичайних ситуацій.

В розділі «Стартап-проект» було розроблено стартап зі створення декорованої цегли. В ході роботи було визначено потенційних клієнтів ідеї та

їх потреби. За методом Шонфільда визначено ключові фактори успіху стартапу. Проаналізовано фактори, що можуть впливати на виробництво, можливості, які вони створюють та загрози. Розроблено плановий обсяг випуску продукції за перший рік виробництва. Проаналізовано можливі джерела фінансування нашого проекту, ризики, що можуть виникнути в ході реалізації проекту та методи управління ними.

До магістерської дисертації виконана графічна документація.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kreston GCG. Огляд ринку цегли України [Електронний ресурс] / Kreston GCG. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://kreston-gcg.com/ua/ogljad-rinku-tsegli-ukraini/>.
2. Технология обработки материалов: учеб. Пособие для СПО / отв. ред. В.Б. Лившиц. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 381 с. – (Серия: Профессиональное образование).
3. Установка "Каскад" для кирпичной промышленности / [И. Ф. Шлегель, Г. Я. Шаевич, Л. А. Карабут та ін.]. – 2005. – №2.
4. Kizinievič O., Žurauskienė R., Kizinievič V., Žurauskas R. Utilisation of sludge waste from water treatment for ceramic products. *Construction and Building Materials*. 2013, v. 41, pp. 464–473.
5. 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, pp. 89–99.
6. Santos P., Martins C., Júlio E. Enhancement of the thermal performance of perforated clay brick walls through the addition of industrial nanocrystalline aluminium sludge. *Construction and Building Materials*. 2015, v. 101, pp. 227–238.
7. Shih P.H., Wu Z.Z., Chiang H.L. Characteristics of bricks made from waste steel slag. *Waste Management*. 2004, v. 24. N10, pp. 1043–1047.
8. Emrullahoglu Abi C.B. Effect of borogypsum on brick properties. *Construction and Building Materials*. 2014, v. 59, pp. 195–203.
9. 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, pp. 656–665.

10. Cusidó J.A., Cremades L.V., Soriano C., Devant M. Incorporation of paper sludge in clay brick formulation: Ten years of industrial experience. *Applied Clay Science*. 2015, v. 108, pp. 191–198.
11. Mymrin V., Klitzke W., Alekseev K., Catai R.E., Nagalli A., dos Santos Izzo R.L., Romano C.A. Red clay application in the utilization of paper production sludge and scrap glass to fabricate ceramic materials. *Applied Clay Science*. 2015, v. 107, pp. 28–35.
12. Mucahit Sutcu, Sedat Akkurt. The use of recycled paper processing residues in making porous brick with reduced thermal conductivity. *Ceramics International*. 2009, v 35, pp. 2625-2631
13. Свойства керамических стеновых материалов при введении различных выгорающих компонентов / [И. В. Пищ, В. А. Бирюк, Ю. А. Климош и др.]. // *Стекло и Керамика*. – 2015. – №2. – С. 19–23.
14. Керамическая масса светлого тона для лицевого кирпича // Патент России № 2433980С1. 2010. / Сватовская Л.Б., Масленникова Л.Л., Бабак Н.А. [и др.].
15. Шихта для изготовления керамического кирпича // Патент России № 2412131. 2011. / Сватовская Л.Б., Масленникова Л.Л., Бабак Н.А. [и др.].
16. Керамическая масса // Патент России № 2281925. 2006. / Сватовская Л.Б., Масленникова Л.Л., Васильева И.В. [и др.].
17. Керамическая масса // Патент России № 2560014. 2015. / Терехина Ю.В., Котляр В.Д., Землянская А.Г. [и др.].
18. Chiara Coletti, Lara Maritan, Giuseppe Cultrone. Recycling trachyte waste from the quarry to the brick industry: Effects on physical and mechanical properties, and durability of new bricks. *Construction and Building Materials*. 2018, v. 166, pp. 792-807
19. Arup Kumar Mandal, Himanshu Ranjan Verma, O. P. Sinha. Utilization of aluminum plant's waste for production of insulation bricks. *Journal of Cleaner Production*. 2017, v.162, pp. 949-957

- 20.S. Sehati, M. Kouhi, J. Mosayebi, T. Rezaei, V. Mosayebi. Fabrication of superhydrophobic nano sol: Waterproofing of coated brick. *Journal of Building Engineering*. 2017, v. 13, pp. 305-308
- 21.Pedram Farnood Ahmadi, Abdollah Ardeshir, Amir Mohammad Ramezaniapour , Hamid Bayat. Characteristics of heat insulating clay bricks made from zeolite, waste steel slag and expanded perlite. *Ceramics International*. 2018, v. 44, pp. 7588-7598
- 22.Nonthaphong Phonphuak, Siwadol Kanyakam, Prinya Chindaprasirt. Utilization of waste glass to enhance physical–mechanical properties of fired clay brick. *Journal of Cleaner Production*. 2016, v. 112, pp. 3057-3062
- 23.R. J. Galán-Arboledas, M. T. Cotes-Palomino, S. Bueno, C. Martínez-García. Evaluation of spent diatomite incorporation in clay based materials for lightweight bricks processing. *Construction and Building Materials*. 2017, v. 144, pp. 327-337
- 24.Khondoker Mahbub Hassan, Kensuke Fukushi, Kazi Turikuzzaman, S. M. Moniruzzaman. Effects of using arsenic–iron sludge wastes in brick making. *Waste Management*. 2014, v. 34, pp. 1072-1078
- 25.Hamed Niroumand, M. F. M. Zain, Sanaz Naghavi Alhosseini. The Influence of Nano-clays on Compressive Strength of Earth Bricks as Sustainable Materials. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2013, v. 89, pp. 862-865
- 26.ДСТУ Б В.2.7-61-2008. Цегла та камені керамічні рядові та лицьові. Технічні умови. [Текст]. – Чинний від 2008-12-25.).
- 27.ДСТУ Б В.2.7-60.97: Сировина глиниста для виробництва керамічних будівельних матеріалів. Класифікація. [Текст]. – Чинний від 1997–07–01.
- 28.Кашкаев И. С. Производство глиняного кирпича / И. С. Кашкаев, Е. Ш. Шейнман. – Москва: Высшая школа, 1978. – 247 с. – (3).

29. Альперович И.А. Способы предотвращения высолов на керамическом кирпиче / Обзорная информация ВНИИИЭСМ. – 1993. – Вып.1. – 71 с.
30. Турчанинов В.И. Технология стеновых материалов: учебное пособие / В.И. Турчанинов. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2008. – 207 с.
31. Левченко П.В. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности. М. «ВЫСШАЯ ШКОЛА», 1968. – 367ст.
32. Дипломний проект бакалавра: Методичні вказівки до виконання теплотехнологічної частини дипломного проекту освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» студентами спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології кераміки та скла»/ Уклад.: М.М. Племянніков, А.П. Яценко, В.М. Павленко – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 42 с.
33. 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.
34. 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.
35. 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.

36. Лукінюк М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 1. Методи та технічні засоби автоматичного контролю хіміко-технологічних процесів: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом підготовки: «Хімічна технологія та інженерія» / М.В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 336 с.: іл. – Біблігр.: с. 328–330. – 300 пр. – ISBN 978-966-622-520-0. – ISBN 978-966-622-530-9 (Кн. 1).
37. Лукінюк М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом: «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 336 с.: іл. – Біблігр.: с. 331–332. – 300 пр. – ISBN 978-966-622-520-0. – ISBN 978-966-622-531-6 (Кн. 2).
- ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення [Текст].
38. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Текст].
39. ДСН 3.36.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Текст].
40. Метод. вказівки до викон. розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломних проектах і роботах для магістрів хіміко-технологічного факультету / Уклад.: Н.А. Праховнік, Ю.О. Полукаров, О.В. Землянська - К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. - 62 с.
41. Охрана труда в химической промышленности / Г. В. Макаров, А. Я. Васин, Л. К. Маринина. – М.: Химия, 1989. – 497 с.
42. Рябов И. В. Пожарная безопасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности [Текст]. – М.: Химия, 1970. – 336 с.
43. Розроблення стартап-проекту: рекомендації до виконання економічної частини магістерської дисертації [Електронний ресурс]:

навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» спеціалізацій «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення», «Хімічні технології органічних речовин», «Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів», «Хімічні технології неорганічних керамічних матеріалів», «Хімічні технології неорганічних і органічних в'язучих матеріалів», «Хімічні технології переробки полімерних та композиційних матеріалів», «Хімічні технології косметичних засобів та харчових добавок» освітнього ступеня «Магістр» освітнього ступеня магістр (денної та заочної форми навчання) / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. О.А. Підлісна, Ю.В. Тюленєва. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 28 с.

Додаток А. Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

Позиція на схемі	Назва технологічного параметру	Середовище та місце відбору інформації	Граничне значення параметру	Місце монтажу	Назва приладу та характеристика	Тип моделі пристрою	Кількість	Виробник-постачальник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вимірювання рівня сировини у глинорозпушувачі								
1-1	Рівень в глинорозпушувачі сировинних матеріалів	Всередині глинорозпушувача	Верхній рівень 1,2 м Нижній рівень 0,5 м	За місцем	Вібраційний датчик рівня LVL-T1 (для рідин та пастоподібних матеріалів); температура вимірюваного середовища -40 .. 150 °С; тиск в системі -1.. 40 бар; матеріал нержавіюча сталь 1.4571	Pepperl Fuchs Vibracon LVL T1	1	Pepperl Fuchs, Німеччина
1-2		-	-	Щит керування	Ємнісний сигналізатор рівня (двоканальний); напруга живлення 220В	СУ200	1	«КОНТАКТ-1», Росія
Вимірювання частоти обертання валу з білами в глинорозпушувачі								
2-1	Частота обертання валу з білами в глинорозпушувачі	Всередині глинорозпушувачі	20±0,1об/хв	За місцем	Первинний перетворювач електронного дистанційного тахометра типу К-1803 Межа допустимої основної похибки тахометрів в діапазоні вимірювань ± 1% при роботі з реверсивними валами, ± 1,5% при роботі з нереверсивними валами.	К-1803	1	м. Київ, вул. М.Раскової, 15, КСК Автоматизація
2-2	-	-	-	За місцем	Вторинний перетворювач електронного дистанційного тахометра типу К-1803	К-1803	1	м. Київ, вул. М.Раскової, 15,
2-3	-	-	-	Щит керування	Автоматичний показувальний і	ДИСК-250М	1	ВАТ

				рування	реєструючий вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА від датчиків струму; термопар ХК(L), ХА(К),N, ПП(S), ПР(В), А-1, J; термоперетворювачів опору 50П, 100П (W100=1,385; 1,391), 50М, 100М; похибка ±0,25%; температура середовища 5...50 °С.			«Челябінський завод «Теплоприбор» (ЧТП) м. Челябінськ
2-4	-	-	-	На щиті керування	Мікропроцесорний регулятор, забезпечує цифрову індикацію та сигналізацію, реалізує дво- та трипозиційне регулювання, а також П-, ПІ-, ПД- і ПІД-закони регулювання з імпульсним та аналоговим виходами	Кrypton 5330	1	«Prond» Польща
Вимірювання витрати								
3-1	Витрата на ящиківий живильник	Трубопровід 28	20 м ³ /год	За місцем	Шестерний витратомір; корпус – чавун або нержавіюча сталь; температура робочого середовища -30...120 °С; похибка вимірювання ±0,3%; вихідний сигнал 4...20 мА.	Витратомір серії VZ - S	1	«SIKA AG», Швейцарія
3-2	-	-	-	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструючий вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА від датчиків струму; термопар ХК(L), ХА(К),N, ПП(S), ПР(В), А-1, J; термоперетворювачів опору 50П, 100П (W100=1,385; 1,391), 50М, 100М; похибка ±0,25%; температура середовища 5...50 °С.	ДИСК-250М	1	ВАТ «Челябінський завод «Теплоприбор» (ЧТП) м. Челябінськ

3-3	-	-	-	Щит керування	Двоканальний програмний регулятор процесу з електронним екранним реєстратором параметрів і з сенсорним екраном; екран з кольоровою графікою 3,5 дюйма з 320 x 240 пікселів і 256 кольорами; контроль регулюючого контура і коефіцієнта уставки; вбудовані таймер і реле часу; математичні та логічні функції.	JUMO DICON touch	1	ТОВ «Фірма ЮМО», м. Москва
3-4	-	-	-	За місцем	Механізм виконавчий, електричний дисковий затвор; номінальні діаметри 50...1800 мм; температура робочого середовища -196...815 °С	Zwick Tri-Con	1	Zwick Armaturen GmbH, Німеччина
Вимірювання швидкості руху стрічки ящиків живильника								
4-1 6-1	Швидкість руху стрічки	Зовнішня сторона	1,5±0,1 м/хв	За місцем	Датчик швидкості MD-256 Живлення від +10 до +15 В постійного струму; вхід – обертання валу від 0,5 до 470 об./хв; вихід –маж 25 мА до інтегратора; температура -40 - +55 °С.	MD-256	2	м. Одеса, вул. М.Боровського, 28, S-Engeneering
4-2 6-2	-	-	-	За місцем	Інтегратор Accumass-BW500 Живлення 100/115/200/230 В змінного струму; вхід – 20 мА; вихід – 0/4 – 20 мА; точність – 0,1% повної шкали.	BW500	2	м. Москва, вул. Середня Першотравнева 23/9, «ПРОМТЕХ»
4-3 6-3	-	-	-	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструючий вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА від датчиків струму; термопар ХК(L), ХА(К),N, ПП(S), ПР(В), А-1, J;	ДИСК-250М	2	ВАТ «Челябінський завод «Теплоприбор» (ЧТП)

					термоперетворювачів опору 50П, 100П (W100=1,385; 1,391), 50М, 100М; похибка $\pm 0,25\%$; температура середовища 5...50 °С.			м. Челябінськ
4-4 6-4	-	-	-	На щиті керування	Мікропроцесорний регулятор, забезпечує цифрову індикацію та сигналізацію, реалізує дво- та трипозиційне регулювання, а також П-, ПІ-, ПД- і ПІД-закони регулювання з імпульсним та аналоговим виходами	Krypton 5330	2	«Prond» Польща
Вимірювання температури								
5-1 10-1 12-1	Температура вальців	Зовнішня сторона	40 °С	За місцем	Термоперетворювач ТХК, НСХ L, діапазон вимірювань (-30)...300 °С, інерційність 20 с, клас допуску 2, матеріал головки – пресматеріал АГ-4В.	ТХК - 0487	3	ПАТ «ЕЛЕКТРОТЕРМОМЕТРІЯ», м. Луцьк
5-2 10-2 12-2	-	-	-	За місцем	Нормуючі вимірювальні перетворювачі НПСІ-ТП призначені для перетворення сигналів термопар (ТП) і напруги в уніфікований струмовий сигнал 0 ... 5 мА, 0 ... 20 мА, 4 ... 20 мА, похибка 0,1%, температура робочого середовища - 40...70 °С; діапазон перетворення - 150...800 °С	НПСІ-ТП-0-М0	3	«КонтрАвт», Росія
5-3 10-3 12-3	-	-	-	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад {із блоком добування квадратного кореня} {з пристроєм сигналізації}; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА;	ДИСК-250ДД	3	ВАТ «Челябінський завод «Теплоприбор» (ЧТП) м.

					НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М			Челябінськ
5-4 10-4 12-4	-	-	-	На щиті керу- вання	Мікропроцесорні регулятори температури призначені для вимірювання, індикації та регулювання температури різних об'єктів і процесів; вхідні сигнали: від датчиків ТСП, ТСМ - 50П, 100П, 50П, 100П, 50М, 100М від датчиків ТХА, ТХК, ТПП, ТПР, ТЖК, від датчиків з уніфікованим виходом 0-5 мА, 4-20 мА, 0-10 В; діапазон температур - 80...800 °С; похибка 0,5%;	PT2M	3	ТОВ «ПРОМФА КТОР», м. Кривий Ріг
5-5 10-5 12-5	-	-	-	За місцем	Регулюючі клапани з електроприводом; температури виміру 2...150 °С	RV113	3	«LDM», Чехія
Вимірювання вологості маси в змішувачі								
7-1	Вологість маси	Всередині змішувача	18 %	За місцем	Первинний прилад вимірювання вологості вологості маси «Мікрорадар 200-4» Вологість на вході – 0,5 – 4 %; на виході – 2-18 %. Чутливість – 0,1%; кількість точок контролю – 2.	Мікрорадар 200-4	1	м. Дніпро, «MWT»
7-2	-	-	-	Щит керування	Реєструючий і показувальний прилад вологості маси «Мікрорадар 200-4» Вологість на вході – 0,5 – 4 %; на виході – 2-18 %. Чутливість – 0,1%; кількість точок контролю – 2.	Мікрорадар 200-4	1	м. Дніпро, «MWT»

7-3	-	-	-	Щит керування	Система регулювання вологості вологості маси «Мікрорадар 200-4» Вологість на вході – 0,5 – 4 %; на виході – 2-18 %. Чутливість – 0,1%; кількість точок контролю – 2.	Мікрорадар 200-4	1	м. Дніпро, «MWT»
7-4	-	-	-	За місцем	Регулюючі клапани з електроприводом.	RV113	1	«LDM», Чехія
Вимірювання частоти обертання валів в змішувачі								
8-1	Частота обертання валів в змішувачі	Всередині змішувача	32±0,1об/хв	За місцем	Первинний перетворювач електронного дистанційного тахометра типу К-1803 Межа допустимої основної похибки тахометрів в діапазоні вимірювань ± 1% при роботі з реверсивними валами, ± 1,5% при роботі з нереверсивними валами.	К-1803	1	м. Київ, вул. М.Раскової, 15, КСК Автоматизація
8-2	-	-	-	За місцем	Вторинний перетворювач електронного дистанційного тахометра типу К-1803	К-1803	1	м. Київ, вул. М.Раскової, 15, КСК Автоматизація
8-3	-	-	-	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструючий вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА від датчиків струму; термопар ХК(L), ХА(K),N, ПП(S), ПР(B), А-1, J; термоперетворювачів опору 50П, 100П (W100=1,385; 1,391), 50М, 100М; похибка ±0,25%; температура середовища 5...50 °С.	ДИСК-250М	1	ВАТ «Челябінський завод «Теплоприбор» (ЧТП) м. Челябінськ

8-4	-	-	-	На щиті керування	Мікропроцесорний регулятор, забезпечує цифрову індикацію та сигналізацію, реалізує дво- та трипозиційне регулювання, а також П-, ПП-, ПД- і ПДД-закони регулювання з імпульсним та аналоговим виходами	Krypton 5330	1	«PronD» Польща
Вимірювання швидкості стрічки стрічкового конвеєру								
9-1 11-1 13-1	Швидкість руху стрічки	Зовнішня сторона	30±0,1 м/хв	За місцем	Датчик швидкості MD-256 Живлення від +10 до +15 В постійного струму; вхід – обертання валу від 0,5 до 470 об./хв; вихід – мах 25 мА до інтегратора; температура -40 - +55 °С.	MD-256	3	м. Одеса, вул. М.Боровського, 28, S-Engineering
9-2 11-2 13-2	-	-	-	За місцем	Інтегратор Accumass-BW500 Живлення 100/115/200/230 В змінного струму; вхід – 20 мА; вихід – 0/4 – 20 мА; точність – 0,1% повної шкали.	BW500	3	м. Москва, вул. Середня Першотравнева 23/9, «ПРОМТЕХ»
9-3 11-3 13-3	-	-	-	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструючий вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА від датчиків струму; термопар ХК(L), ХА(К),N, ПП(S), ПР(В), А-1, J; термоперетворювачів опору 50П, 100П (W100=1,385; 1,391), 50М, 100М; похибка ±0,25%; температура середовища 5...50 °С.	ДИСК-250М	3	ВАТ «Челябінський завод «Теплоприбор» (ЧТП) м. Челябінськ

9-4 11-4 13-4	-	-	-	На щиті керування	Мікропроцесорний регулятор, забезпечує цифрову індикацію та сигналізацію, реалізує дво- та трипозиційне регулювання, а також П-, ПІ-, ПД- і ПІД-закони регулювання з імпульсним та аналоговим виходами	Krypton 5330	3	«Prond» Польща
Вимірювання рівня маси в башті-силосі								
14-1	Рівень маси в башті-силосі	Всередині башти-силоса	Верхній рівень 3 м Нижній рівень 0,5 м	За місцем	Вібраційний датчик рівня LVL-T1(для рідин та пастоподібних матеріалів); температура вимірюваного середовища -40 .. 150 °С; тиск в системі -1-40 бар; матеріал нержавіюча сталь 1.4571	Pepperl Fuchs Vibracon LVL T1	1	Pepperl Fuchs, Німеччина
14-2	-	-	-	Щит керування	Ємнісний сигналізатор рівня (однокалальний); напруга живлення 220 В.	СУ100	1	«КОНТАКТ -1», Росія

МП1 МП2 МП3 МП4 МП5 МП6 МП7 МП8 МП9 МП10	Пуск і зупинка електродвигуна		380 В	Місцевий	Магнітний пускач безконтактний (на семісторах), реверсивний, для керування електричними виконавчими механізмами, у приводі яких використано трифазні електродвигуни; температура довкілля (-10)...50 °С, відносна вологість до 80 %; керувальний сигнал $U_{вх} = 24 \pm 6$ В, $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц, $W_{жив} = 10$ В·А	ПБР-3М	10	ВО «Електроприбор», м. Чебоксари
SB1,S B2	Включення/Відключення живлення електромоторів	Електродвигун валу глинорозпушувача	380 В	Щит керування	Здвоєна кнопка керування зелена «Старт»/червона «Стоп»	АРВВ-22N	10	«ІЕК», Китай
SB3,S B4		Електродвигун ящиків живильника						
SB5,S B6		Електродвигун ящиків живильника						
SB7,S B8		Електродвигун валу змішувача						
SB9,S B10		Електродвигун стрічкового живильника						
SB11, SB12		Електродвигун стрічкового живильника						
SB13, SB14		Електродвигун стрічкового живильника						

SB15, SB16		Електродви гун н дезінтегратор них вальців						
SB17, SB18		Електродвуги н дірчастих вальців						
SB19, SB20		Електродвуги н диференційни х вальців						
HL1	Сигналіза ція Включенн я/Відклю чення живлення електром оторів	Електродви гун н валу глинорозпушу вача	380 В	Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із зеленим-старт індикатором; варіанти виконання: діаметр 5мм, діаметр 10мм, діаметр 20мм; номінальна напруга: 24, 230V AC.	LS LED	10	ETI (Словенія)
HL3		Електродви гун н ящикового живильника						
HL5		Електродви гун н ящикового живильника						
HL7		Електродви гун н валу змішувача						
HL9		Електродви гун н стрічкового живильника						
HL11		Електродви гун н стрічкового живильника						
HL13		Електродви гун н стрічкового живильника						

HL15		Електродвигу н дезінтегратор них вальців						
HL17		Електродвигу н дірчастих вальців						
HL19		Електродвигу н диференційни х вальців						
HL2	Сигналізація Включення/Відключення живлення електромоторів	Електродвигу н валу глинорозпушувача	380 В	Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна з червоним-стоп індикатором; варіанти виконання: діаметр 5мм, діаметр 10мм, діаметр 20мм; номінальна напруга: 24, 230V AC.	LS LED	10	ETI (Словенія)
HL4		Електродвигу н ящикового живильника						
HL6		Електродвигу н ящикового живильника						
HL8		Електродвигу н валу змішувача						
HL10		Електродвигу н стрічкового живильника						
HL12		Електродвигу н стрічкового живильника						
HL14		Електродвигу н стрічкового живильника						

HL16		Електродвигу н дезінтеграто рних вальців						
HL18		Електродвиги н дірчастих вальців						
HL20		Електродвиги н диференційни х вальців						
HA1 HA2 HA3 HA4 HA5 HA6 HA7 HA8 HA9 HA10	Пуск і зупинка електро- двигуна		380 В	Щит керу вання	Кнопка запобіжного вимикання; номінальна робоча напруга: змінна (частота 50/60 Гц) 660 В, постійна – 440 В, номінальний тепловий струм – 10 А	КМЕ-5111 УЗ	10	Трест «Променерг оавтоматика » м. Київ