

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій
Факультет харчових та хімічних технологій

(назва факультету)

Кафедра хімічної технології кераміки, скла та біомедичних матеріалів

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
До кваліфікаційної роботи

Бакалавр

На тему : Проект цементного заводу із встановленням обертової печі Ø 5×185 м для випалу портландцементного клінкеру.

За освітньою програмою бакалавр

Зі спеціальності: 161 хімічні технології та інженерія

Виконав : студент 4 курсу групи 4-ТС-53

(підпис)(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ) _____ / Тимофій КОНДРАТЕНКО /

Керівник: _____ асист., PhD, Юлія КАЛІШЕНКО
(підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер: _____
(підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

(назва розділу) (підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу) (підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу) (підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу) (підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу) (підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technology
Faculty of Food and Chemical Technologies

(faculty name)

Department of Chemical Technology of Ceramics, Glass and Biomedical Materials

(full name of the department)

Explanatory note
To Master's Bachelor's Thesis
Bachelor

On the topic: A cement plant project with the installation of a rotary kiln Ø 5×185 m
for firing Portland cement clinker in the specialty:

161 chemical technology and engineering

Done by the student of the group: group 4-TS-53 Timofey KONDRATENKO
(name, surname)

Scientific Supervisor: Assistant, PhD, Yuliia KALISHENKO
(position, name, surname)

Normative controller:

(position, name, surname)

Supervisors Consultants

(chapter title heading)

(position, name, surname)

(chapter title heading)

(position, name, surname)

(chapter title heading)

(position, name, surname)

(chapter title heading)

(position, name, surname)

Міністерство освіти та науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: харчових та хімічних технологій

Кафедра: хімічної технології кераміки, скла та біомедичних матеріалів

Рівень вищої освіти: бакалавр

Освітня програма: хімічні технології та інженерія

Спеціальність: 161 хімічні технології та інженерія

(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

Олександр ЗАЙЧУК

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата _____

ЗАВДАННЯ

На кваліфікаційну роботу _____ бакалавр

(ступінь вищої освіти)

Студенту Кондратенка Тимофія Миколайовича

(Прізвище, Ім'я, По-батькові)

1.Тема роботи:: Тема: Проект цементного заводу із встановленням обертової печі Ø 5×185 м для випалу портландцементного клінкеру.

Керівник роботи : Калішенко Юлія Русланівна, доктор філософії (PhD)

(Прізвище, Ім'я, По-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом від _____ «___» _____ 202_р. № _____

2.Строк подання студентом роботи:01.06.2026 р.

3.Вхідні дані до роботи: спосіб виробництва – мокрий, відсоток випуску кожного з видів цементів – марка ПЦ І/А–500 (75%), ШПЦ ІІ/Б–400 (25%)

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

Вступ. 1.Загальна частина. 2 Технологічна частина. 3. Спеціальна частина. 4. Охорона праці. Висновки. Список використаної літератури. Додатки.

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

1. Технологічна схема - 1 аркуш.

2. Піч обертова 5x185м– 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи :

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв (підпис студента, дата)
Вступ	доктор філософії (PhD), Калішенко Юлія Русланівна		
Загальна частина			
Технологічна частина			
Спеціальна частина			
Охорона праці			
Оформлення розрахунково-пояснювальної записки			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Вступ	11.05.2026 р.	
2.	Загальна частина	20.05.2026 р.	
3.	Технологічна частина	20.05.2026 р.	
4.	Спеціальна частина	29.05.2026 р.	
5.	Охорона праці	30.05.2026 р.	
6.	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	05.06.2026 р.	
	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри		
	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні екзаменаційної системи		

Студент _____ Тимофій КОНДРАТЕНКО
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи _____ Юлія КАЛІШЕНКО
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

[illegible]

					4ТС53.026.161.001 ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект відділення помелу цементу з установкою трубних кульових млинів розміром 3,2×15 м за мокрим способом виробництва.	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Заморений М.О						
Перевір.		Калішенко Ю.Р.						
Н. Контр.		Калішенко Ю.Р.						
Затверд.		Зайчук О.В.				ННІ УДУНТ УДХТУ, каф ХТКС та БМ, гр. 4-ТС-53		

РЕФЕРАТ

Записка пояснювальна: с. – 77., рис. – 4, табл. – 20, джерел – 25.

У роботі розроблено технічну документацію для проектування цементного заводу (зокрема випалювального відділення) із застосуванням мокрого способу виробництва. Основну увагу приділено підвищенню енергоефективності, забезпеченню надійності обладнання та впровадженню вторинних ресурсів – зокрема використанню огарків як сировинних компонентів і доменного гранульованого шлаку в якості добавки до цементу.

У загальній частині наведено характеристику підприємства, асортимент продукції та вимоги стандартів до цементу. Описано фізико-хімічні властивості основних сировинних компонентів (вапняку та глини), а також виконано розрахунок складу сировинної суміші (шламу) для отримання портландцементного клінкеру.

Технологічна частина включає обґрунтування вибору мокрого способу виробництва, детальний опис технологічної схеми та аналіз фізико-хімічних процесів, що відбуваються під час випалу клінкеру в обертовій печі. Проведено розрахунки матеріального балансу та питомих витрат сировини.

У спеціальній частині здійснено підбір і розрахунок основного технологічного обладнання відповідно до заданої продуктивності підприємства. Розглянуто конструкцію та принцип роботи ключових агрегатів, зокрема обертової печі Ø 5×185 м та.

Окрему увагу приділено питанням технологічного контролю й автоматизації виробництва, що забезпечує стабільну якість цементу, а також заходам з охорони праці та навколишнього середовища. Проаналізовано шкідливі виробничі фактори, розроблено рішення щодо їх мінімізації та підвищення безпеки праці.

Графічна частина включає технологічну схему виробництва цементу, креслення загального вигляду обертової печі.

ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ, ПІЧНЕ ВІДДІЛЕННЯ, ПІЧ Ø 5×185М, МОКРИЙ СПОСІБ, ШЛАМ, ВИПАЛ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ОХОРОНА ПРАЦІ.

Пі
Д
П
и
с
і
д
а
т

Ін
в.
№
д
у
б

З
а
мі
ст
ь
і
л

Пі
Д
П
и
с
і
д
а
т

Ін
в.
№
о
р
иг

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Лист

3MICT

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	12
1.1. Загальна характеристика підприємства.....	13
1.2. Асортимент та характеристика продукції. Вимоги стандартів до неї	14
1.3. Характеристика сировини, добавок та палива. Вимоги стандартів до неї.....	16
1.4. Розрахунок складу сировинної суміші.....	18
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	20
2.1. Вибір та обґрунтування способу виробництва.....	21
2.2. Опис технологічної схеми виробництва.....	22
2.3. Фізико-хімічні основи виробництва.....	24
2.4. Розрахунок питомих норм витрат сировинних матеріалів	25
РОЗДІЛ 3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	40
3.1. Вибір, розрахунок кількості основного та допоміжного технологічного устаткування.....	40
3.2. Характеристика відділення випалу цементного клінкеру та обертової печі Ø5×185 м.....	54
3.3. Технологічний контроль виробництва.....	57
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	58
4.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів.....	58
4.2. Заходи з охорони праці та техніки безпеки.....	59
4.3. Екологічна безпека виробництва (очищення газів, утилізація відходів).....	63

[illegible]

4.3.2. Захист водних ресурсів.....	64
4.3.3. Утилізація відходів.....	69
4.4. Пожежна безпека.....	70
ВИСНОВОК.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	77

Пі д п и с і д а т						
Ін в. № д у б						
З а мі ст ь ін						
Пі д п и с і д а т						
Ін в. № о р и г						
					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Цементна промисловість є однією з базових галузей будівельного комплексу, яка забезпечує всі сфери капітального будівництва ефективним в'язучим матеріалом. Портландцемент - найпоширеніший вид гідравлічного в'язучого у світі: його річне виробництво перевищує 4,5 млрд т, а Україна традиційно входить до провідних виробників цементу у Центральній та Східній Європі. Відповідно до даних Асоціації виробників цементу України, навіть в умовах воєнного часу підприємства галузі забезпечують задоволення значної частки внутрішнього попиту на будівельні матеріали.

Актуальність теми зумовлена стрімким розвитком будівельної галузі в умовах повоєнного відновлення, необхідністю нарощування вітчизняного виробництва якісного цементу, а також переходом на вимоги гармонізованих з ЄС стандартів серії EN 197. Сучасні тенденції галузі - підвищення енергоефективності, автоматизація технологічних процесів, зниження техногенного навантаження на довкілля, впровадження цифрових технологій - вимагають відповідних проектних рішень ще на стадії проектування підприємств. Портландцемент загального призначення класу ЦЕМ І 42,5 Н є найбільш затребуваним видом продукції: він використовується для виготовлення бетонів усіх класів міцності від С8/10 до С40/50, залізобетонних монолітних і збірних конструкцій, мурувальних і штукатурних розчинів, дорожніх і аеродромних покриттів. Стабільна якість цього виду цементу є ключовою вимогою будівельного ринку.

Метою дипломної роботи є розробка та обґрунтування технологічної схеми виробництва портландцементу загального призначення цементу за двома марками мокрим способом на заводі з обертовими печами $\varnothing 5 \times 185$ м, а також розрахунок основних технологічних, матеріальних і техніко-економічних показників. Для досягнення мети поставлено такі завдання:

Пі Д п и с і д а т		енергоефективності, автоматизація технологічних процесів, зниження техногенного навантаження на довкілля, впровадження цифрових технологій - вимагають відповідних проектних рішень ще на стадії проектування підприємств. Портландцемент загального призначення класу ЦЕМ І 42,5 Н є найбільш затребуваним видом продукції: він використовується для виготовлення бетонів усіх класів міцності від С8/10 до С40/50, залізобетонних монолітних і збірних конструкцій, мурувальних і штукатурних розчинів, дорожніх і аеродромних покриттів. Стабільна якість цього виду цементу є ключовою вимогою будівельного ринку.					
Ін в. № д у б		Метою дипломної роботи є розробка та обґрунтування технологічної схеми виробництва портландцементу загального призначення цементу за двома марками мокрим способом на заводі з обертовими печами Ø5×185 м, а також розрахунок основних технологічних, матеріальних і техніко-економічних показників. Для досягнення мети поставлено такі завдання:					
З а мі ст ь ін.							
Пі Д п и с і д а т							
Ін в. № о р и г							
						4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист
		Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

для подальшого технологічного проектування та розробки робочої документації.

Підписи Дат							
Інв. № Дуб							
Замі сть ін.							
Підписи Дат							
Інв. № ориг							
						4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

Пі Д п и с і Д а т	горизонтальні шламові басейни з мішалками загальним об'ємом 60 000 м³. – Цех випалу клінкеру: дві обертові печі Ø5×185 м з пальниками, димосмоками, вентиляторами, тягодуттьовими пристроями; колосникові холодильники клінкеру; клінкерний склад відкритого типу ємністю 80 000 т. – Цементний цех: три кульові трубні млини МЦ 4,2×13,5 з сепараторами та аспіраційними системами; силоси цементу — 8 залізобетонних силосів по 10 000 т кожний. – Відвантажувальний термінал: пакувальні машини (4 шт.), пристрої для навалового відвантаження у залізничні вагони та автоцистерни, склад пакованого цементу на 5 000 т. – Допоміжні підрозділи: ремонтно-механічний цех, центральна заводська лабораторія (ЦЗЛ), котельня та компресорна станція, газорозподільний пункт, адміністративно-побутовий корпус.[20]					
Ін в. № Д у б						
З а мі ст ь ін.						
Пі Д п и с і Д а т						
Ін в. № о р и г						
					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Підписи	
Інв. №	
Замість	
Підписи	
Інв. №	

Відповідно до ДСТУ EN 197-1:2015, цементи типів ЦЕМ ІІ та ЦЕМ ІІІ являють собою гідравлічні в'язучі матеріали, основним складником яких є портландцементний клінкер. До складу цементів ЦЕМ ІІ додатково вводять

мінеральні компоненти в кількості від 6 до 20 %, а цементі ЦЕМ ІІІ містять гранульований доменний шлак у значно більшій кількості, що забезпечує їхні спеціальні експлуатаційні властивості. Портландцементний клінкер повинен містити не менше двох третин силікатів кальцію, а масове співвідношення CaO/SiO_2 має бути не менше 2,0.[1]

Основні фізико-механічні характеристики цементів, що передбачені до виробництва на заводі, повинні відповідати вимогам ДСТУ EN 197-1:2015. Нормовані показники міцності, строків тужавлення, рівномірності зміни об'єму та хімічного складу для цементів ПЦ І/А–500 і ШПЦ ІІІ/Б–400 наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Фізико-механічні вимоги до цементів, що випускаються заводом згідно з ДСТУ EN 197-1:2015

Показник	Одиниця виміру	ПЦ І/А–500 (аналог ЦЕМ ІІ/А 42,5Н–52,5Н)	ШПЦ ІІІ/Б–400 (аналог ЦЕМ ІІІ/В 32,5Н–42,5Н)	Метод випробування
Міцність при стиску через 2 доби	МПа	$\geq 10,0$	$\geq 10,0^*$	ДСТУ EN 196-1
Міцність при стиску через 28 діб	МПа	52,5–62,5	32,5–52,5	ДСТУ EN 196-1
Початок тужавіння	хв	≥ 60	≥ 60	ДСТУ EN 196-3
Рівномірність зміни об'єму (Ле Шательє)	мм	≤ 10	≤ 10	ДСТУ EN 196-3
Вміст SO_3	% мас.	$\leq 4,0$	$\leq 4,0$	ДСТУ EN 196-2
Вміст хлорид-іону Cl^-	% мас.	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	ДСТУ EN 196-2
Вміст MgO	% мас.	$\leq 5,0$	$\leq 5,0$	ДСТУ EN 196-2
Питома поверхня (Блейн)	м ² /кг	не менше 300	не менше 280–300	ДСТУ EN 196-6

Мінералогічний склад клінкеру є визначальним для фізико-механічних властивостей цементу та формується залежно від хімічного складу сировинної суміші й режиму випалу.

Пі Д п и с і д а т					
	Ін в. № д у б	З а м і с т ь і н	Пі Д п и с і д а т	Ін в. № о р и г	Лист
	Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Властивості портландцементу значною мірою визначаються мінералогічним складом клінкеру, який формується в процесі випалу сировинної суміші. Співвідношення основних клінкерних мінералів впливає на швидкість тверднення цементу, тепловиділення під час гідратації та кінцеву міцність цементного каменю. Проектований мінералогічний склад клінкеру, розрахований за прийнятими значеннями коефіцієнта насичення та модулів, наведений у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Проектований мінералогічний склад клінкеру

Мінерал	Хімічна формула	Скорочення	Роль у цементі
Аліт (трикальцієвий силікат)	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	Головний носій ранньої та марочної міцності
Беліт (двокальцієвий силікат)	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	Повільнотвердіючий, міцність 1–5 років
Трикальцієвий алюмінат	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	Визначає тужавіння, тепловиділення
Чотирикальцієви й алюмоферит	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	Колір клінкеру, помірна міцність

Аліт (C_3S) інтенсивно гідратується протягом перших 28 діб та є головним мінералом, що визначає марочну міцність. Підвищення коефіцієнта насичення КН з 0,88 до 0,93 збільшує вміст C_3S приблизно на 15 %. Беліт (C_2S) набирає міцність повільно, але зрештою досягає показників аліту через 1–2 роки. Трикальцієвий алюмінат C_3A є найбільш реакційноздатним мінералом: саме він відповідає за початок тужавіння і саме для його регулювання в цемент вводять гіпс. [17-19]

Алюмоферит C_4AF надає клінкеру сірого кольору та покращує його здатність до спікання. Цемент відвантажується споживачам: навалом - у залізничних вагонах-цементовозах і автомобільних цистернах; затареним у паперових п'ятишарових мішках по 25 та 50 кг, а також у м'яких контейнерах типу «біг-бег» масою до 1 500 кг. Маркування здійснюється відповідно до вимог ДСТУ EN 197-1:2015 та містить: найменування та тип цементу, клас

Пі Д п и с і д а т	Ін в. № д у б	З а мі ст ь ін	Пі Д п и с і д а т	Ін в. № о р и г						Лист
					Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Підписи

И
В.
№
Д
У
Б

З
а
мі
ст
ь
ін

Підписи

Ин
В.
Но
О
р
иг

Контроль якості вапняку здійснюється на підставі регулярного хімічного аналізу проб, відібраних із кар'єру та складів сировини.

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Лист

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Основними показниками є вміст CaCO_3 , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 та MgO , які враховуються під час розрахунку складу сировинної суміші.[13]

1.3.2. Алюмосилікатний компонент - глина.

Глина Харківського родовища забезпечує введення SiO_2 , Al_2O_3 і Fe_2O_3 до складу клінкеру. За мінеральним складом глина відноситься до каолініт-монтморилонітових різновидів із вмістом каолініту $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 35–45 %, монтморилоніту - 20–30 %, кварцу - 25–35 %, польових шпатів і слюди- 5–10 %. Природна вологість - 18–24 %. Глина добре розпускається у воді. Відповідність - ДСТУ Б В.2.7-60:2008.[7, 11]

1.3.3. Коригуючі добавки.

Піритні (колчеданні) недогарки або огарки є залишком після випалення залізистого колчедану FeS_2 при виробництві сірчаної кислоти. Містять переважно Fe_2O_3 (55–65 %) та SiO_2 (5–12 %). Вводяться в сировинну суміш для підвищення вмісту Fe_2O_3 і регулювання глиноземистого модуля. Щільність - 2 800–3 200 кг/м^3 . Відповідність - ТУ 113-08-606-87.[11]

1.3.4. Гіпс природний - регулятор тужавіння.

Двододний сульфат кальцію $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ вводиться при помелі цементу в кількості 3–5 % від маси клінкеру для регулювання швидкості тужавіння. Механізм дії: гіпс взаємодіє з C_3A з утворенням низькорозчинного гідросульфоалюмінату кальцію - еtringіту ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$), який обволікає зерна алюмінату та сповільнює їх гідратацію. Без гіпсу цемент тужавів би протягом 3–10 хвилин («несправжнє» миттєве тужавіння). Відповідність - ДСТУ Б В.2.7-139:2007. Вміст SO_3 у гіпсі - 18–23 %, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - ≥ 80 %.[16]

1.3.5. Мінеральні добавки до цементу.

При виробництві змішаних цементів (ЦЕМ ІІ) застосовуються гранульований доменний шлак (відповідно до ДСТУ Б В.2.7-30:2007) та зола-виносу теплових електростанцій (ДСТУ Б В.2.7-225:2009). Ці добавки є латентно гідралічними або пуццолановими матеріалами, що беруть участь у процесах гідратації у присутності $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Їх застосування дозволяє знизити

Пі Д п и с і Д а т	
Ін в. № Д у б	
З а мі ст ь і н	
Пі Д п и с і Д а т	
Ін в. № О р и г	
Зм.	Лист
№ докум.	Підпис
Дата	
4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	
Лист	

Підпис і дата	
Інв. № Дуб	
Замість ін	
Підпис і дата	
Інв. № Ориг	

[illegible]

Таблиця 1.3 – Розрахунок хімічного складу сировинної суміші і клінкеру

Матеріал	Хімічний склад матеріалів, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	Інші	Сума
Вапняк	0,55	0,91	0,41	43,07	0,15	0,01	34,10	0,24	79,53
Глина	13,69	2,78	0,68	0,50	0,32	0,05	0,53	–	18,56
Огарки	0,27	0,03	1,50	0,04	0,00	0,06	0,02	–	1,91
С/суміш	14,51	3,72	2,59	43,61	0,48	0,21	34,64	0,24	100,00
Клінкер	22,20	5,70	3,96	66,73	0,73	0,32	–	0,37	100,00

Таблиця 1.4 – Речовий склад сировинної суміші

Матеріал	ВПП	Вміст компонентів, мас.%		
		Вапняк	Глина	Огарки
Сировинна суміш	34,64	79,53	18,56	1,91

Пі
Д
п
и
с
і
д
а
т

Ін
в.
№
д
у
б

З
а
мі
ст
ь
ін

Пі
Д
п
и
с
і
д
а
т

Ін
в.
№
о
р
и
г

Таблиця 2.1 – Порівняльна характеристика способів виробництва цементу

Показник	Мокрий	Сухий	Комбінований
Питома витрата тепла, МДж/кг клінкеру	5,4–6,3	3,0–3,5	3,8–4,5
Однорідність суміші	Висока	Добра	Добра
Допустима вологість сировини, %	до 30 і вище	до 15	до 25
Довжина обертової печі	Довга (до 230 м)	Коротка (до 90 м)	Середня
Витрати на пилоочищення	Низькі	Високі	Середні
Складність технологічного контролю	Низька	Середня	Висока
Капітальні витрати (відносно)	Помірні	Вищі	Найвищі

2.1.1. Обґрунтування вибору мокрого способу.

На підставі аналізу властивостей сировини та техніко-економічних міркувань для умов даного проекту обирається мокрий спосіб виробництва.

Аргумент 1. Висока природна вологість сировини. Крейда (22–26 %) та глина (18–24 %) потребують значних витрат енергії на сушіння при переході на сухий спосіб. Розрахункові витрати тепла на сушіння крейди до 1 % вологості складуть $\approx 1,8\text{--}2,0$ МДж/кг, що фактично знівелює енергетичну перевагу сухого способу у конкретних умовах даного родовища.

Аргумент 2. М'яка структура крейди з міцністю на стиск 5–15 МПа дозволяє розпускати її у воді в болтушках без застосування важких молоткових або конусних дробарок. Це суттєво спрощує й здешевлює сировинну ділянку.

Аргумент 3. Однорідність суміші. Мокрий спосіб забезпечує найвищу однорідність хімічного складу суміші. У шламових басейнах із мішалками

Пі Д п и с і Д а т						
	Ін В. № Д у б					
		З а м і с т ь і н				
Пі Д п и с і Д а т						
	Ін В. № О р и г					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист

досягається варіація КН по партіях $\pm 0,01-0,02$, що є принциповою умовою стабільного мінералогічного складу клінкеру.

Аргумент 4. Легкість коригування складу. Хімічний склад шламу оперативно коригується шляхом дозованого змішування потоків шламів різного складу у змішувальних басейнах на підставі даних онлайн-аналізатора XRF.

Аргумент 5. Менша чутливість до варіацій складу сировини. При природних коливаннях хімічного складу у кар'єрах мокрий спосіб легше забезпечує стабільний склад суміші через розвинені системи усереднення. Таким чином, незважаючи на підвищені питомі витрати тепла порівняно із сухим способом, мокрий спосіб є оптимальним.[14]

2.2. Опис технологічної схеми виробництва

Технологічний процес виробництва портландцементу сухим способом на проектованому заводі складається із семи основних стадій.

Стадія 1. Видобуток та транспортування сировини.

Вапняк видобувається відкритим способом у кар'єрі за допомогою буропідричних робіт та екскаваторів. Видобута порода автосамоскидами транспортується до приймального бункера дробильного відділення. Глина також видобувається відкритим способом та доставляється автомобільним транспортом на склад сировини. Коригувальні добавки (піритні недогарки, доменний гранульований шлак та гіпс) надходять на підприємство залізничним або автомобільним транспортом і складаються окремо.

Стадія 2. Дроблення та складування сировини.

Вапняк подається до молоткової дробарки, де подрібнюється до крупності не більше 25 мм. Подрібнений матеріал стрічковими конвеєрами транспортується на усереднювальний склад. Глина за необхідності піддається попередньому дробленню та також надходить на склад

Пі Д п и с і Д а т	Технологічний процес виробництва портландцементу сухим способом на проектованому заводі складається із семи основних стадій. Стадія 1. Видобуток та транспортування сировини. Вапняк видобувається відкритим способом у кар'єрі за допомогою буропідричних робіт та екскаваторів. Видобута порода автосамоскидами транспортується до приймального бункера дробильного відділення. Глина також видобувається відкритим способом та доставляється автомобільним транспортом на склад сировини. Кориговальні добавки (піритні недогарки, доменний гранульований шлак та гіпс) надходять на підприємство залізничним або автомобільним транспортом і складуються окремо. Стадія 2. Дроблення та складування сировини. Вапняк подається до молоткової дробарки, де подрібнюється до крупності не більше 25 мм. Подрібнений матеріал стрічковими конвеєрами транспортується на усереднювальний склад. Глина за необхідності піддається попередньому дробленню та також надходить на склад						
Ін в. № Д у б						4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист
З а мі ст ь ін							
Пі Д п и с і Д а т							
Ін в. № о р и г	Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Підписи

Ин
В.
№
Д
У
Б

З
а
мі
ст
ь
ін

Підписи

И
В.
№
О
р
иг

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Лист

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Підпис і дата	
Інв. № Дуб	
Замість ін	
Підпис і дата	
Інв. № Ориг	

Підписи

И
В.
№
Д
У
Б

З
а
мі
ст
ь
ін

Підписи

Ин
В.
№
О
р
иг

Таблиця 2.2 – Зони оберткової печі при мокрому способі виробництва

Зона	Температура, °C	Довжина (від хол. кінця), м	Основні процеси
Підсушки	20–200	0–60 (з ланцюгами)	Випаровування вільної вологи шламу
Підігріву та дегідратації	200–750	60–90	Дегідратація каолініту, перетворення кварцу
Декарбонізації	750–1 100	90–130	Розклад CaCO_3 , синтез C_2S , CA , CF
Екзотермічних реакцій	1 100–1 300	130–155	Завершення твердофазного синтезу C_3A , C_4AF
Спікання	1 300–1 450–1 300	155–185	Утворення рідкої фази, кристалізація C_3S

2.4. Розрахунок питомих норм витрат сировинних матеріалів

Теоретичні питомі витрати сухої сировини на 1 т клінкеру.

$$A_c^0 = \frac{100 \cdot 1000}{100 - \text{ВПП}}, \text{ кг/т кл.}, \quad (2.1)$$

де, ВПП – витрати при прожарюванні сировинної суміші, %

$$A_c^o = \frac{100 \cdot 1000}{100 - 34,883} = 1530,09 \text{ КГ/Т КЛ.}$$

Теоретичні питомі витрати сухих компонентів сировинної суміші:

$$A_i^o = A_c^o \cdot \frac{N_i}{100 \text{ кг/т кл}}, \quad (2.2)$$

де, N_i – вміст окремих компонентів в сировинній суміші, %.

— вапняку:

$$A_6^0 = 1530,09 \cdot \frac{79,53}{100} = 1216,94 \text{ кг/т кл.};$$

— ГЛИНИ:

$$A_2^o = 1530,09 \cdot \frac{18,56}{100} = 283,97 \text{ кг/т кл;}$$

– огарків:

$$A_{ог}^o = 1530,09 \cdot \frac{1,91}{100} = 29,18 \text{ кг/т кл}$$

Теоретичні питомі витрати компонентів сировинної суміші, мас.% в стані природної вологості:

$$B_i^w = \frac{A_i^o \cdot 100}{100 - W_i} \text{ кг/т кл,} \quad (2.3)$$

де, W_i – природна вологість компонентів сировинної суміші, мас. %.

– вапняку:

$$B_{\epsilon}^w = \frac{A_{\epsilon}^o \cdot 100}{100 - W_{\epsilon}} = \frac{1216,94 \cdot 100}{100 - 3,67} = 1263,31 \text{ кг/т кл;}$$

– глини:

$$B_z^w = \frac{A_z^o \cdot 100}{100 - W_z} = \frac{283,97 \cdot 100}{100 - 7,32} = 306,40 \text{ кг/т кл;}$$

– огарків:

$$B_{ог}^w = \frac{A_{ог}^o \cdot 100}{100 - W_{ог}} = \frac{29,18 \cdot 100}{100 - 8,19} = 31,78 \text{ кг/т кл}$$

Теоретичні питомі витрати сировинної суміші в стані природної вологості:

$$B_{cc}^w = B_{\epsilon}^w + B_z^w + B_{ог}^w, \text{ кг/т кл,} \quad (2.4)$$

$$B_{cc}^w = 1263,31 + 306,40 + 31,78 = 1601,49 \text{ кг/т кл}$$

Теоретичний вихід клінкеру із 1 т сухої сировинної суміші:

$$K_T = \frac{1000}{A_c^o}, \text{ т/т (с/с),} \quad (2.5)$$

$$K_T = \frac{1000}{1530,09} = 0,65 \text{ т/т}$$

Дійсні витрати сухої сировинної суміші з урахуванням виробничих витрат:

Пі Д п и с і д а т	
Ін в. № д у б	
З а мі ст ь і н	
Пі Д п и с і д а т	
Ін в. № о р и г	

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_c^D = A_c^o \cdot \frac{100}{100 - \Pi_c \text{ кг/т кл}}, \quad (2.6)$$

Приймаємо $P_c=1,0$ мас. %.

$$A_{c\phi} = 1530,09 \cdot \frac{100}{100 - 1,0} = 1545,55 \text{ кг/т КЛ}$$

Дійсні витрати окремих сухих компонентів сировинної суміші з урахуванням виробничих витрат:

$$A_I^{\mathcal{I}} = A_c^{\partial} \cdot \frac{N_i}{100 \text{ КГ/Т КЛ}}; \quad (2.7)$$

$$A_B^{\text{II}} = 1545,55 \cdot \frac{79,53}{100} = 1229,23 \text{ кг/т кл;}$$

$$A_{\Gamma}^{\Pi} = 1545,44 \cdot \frac{18,56}{100} = 286,84 \text{ кг/т кл.}$$

$$A_{\text{ог}}^{\text{Д}} = 1545,44 \cdot \frac{1,91}{100} = 29,48 \text{ кг/т кл}$$

Фактична норма витрат сировинної суміші з урахуванням виробничих витрат і природної вологості компонентів:

$$B_c^\phi = B_c^w \cdot \frac{100}{100 - \Pi_c \text{ КГ/Т КЛ}}; \quad (2.8)$$

Фактична норма витрат сировинних компонентів з урахуванням виробничих втрат і природної вологості:

$$B_i^\phi = B_i^w \cdot \frac{100}{100 - \Pi_c \text{ КГ/Т КЛ; }}, \quad (2.9)$$

Пі Д п и с і д а т		– огарків: $A_{ог}^Д = 1545,44 \cdot \frac{1,91}{100} = 29,48 \quad \text{кг/т кл}$ Фактична норма витрат сировинної суміші з урахуванням виробничих витрат і природної вологості компонентів: $B_c^\phi = B_c^w \cdot \frac{100}{100 - П_c} \quad \text{кг/т кл}; \quad (2.8)$ $B_c^\phi = 1601,49 \cdot \frac{100}{100 - 1,0} = 1617,67 \quad \text{кг/т кл}$ Фактична норма витрат сировинних компонентів з урахуванням виробничих витрат і природної вологості: $B_i^\phi = B_i^w \cdot \frac{100}{100 - П_c} \quad \text{кг/т кл}; \quad (2.9)$ – вапняку:
Ін в. № д у б		
З а мі ст ь ін.		
Пі Д п и с і д а т		
Ін в. № о р и г		

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{\kappa l} = G_w^w - G_w^o, \kappa z / m \kappa l, \quad (2.14)$$

$$Q_{\text{кл}}^{\text{рік}} = 8760 \cdot q_{\text{год}} \cdot K_B \text{ т/рік}, \quad (2.18)$$

де, 8760 – час роботи печі за рік, години;

$Q_{\text{год}}$ – продуктивність печі за годину, 72,1 т/год;

K_B – коефіцієнт використання печі, приймаємо $K_B = 0,89$.

$$Q_{\text{кл}}^{\text{рік}} = 8760 \cdot 72,1 \cdot 0,89 = 562120,44 \text{ т/рік.}$$

Середній вміст клінкеру в цементі:

$$M_{\text{cep}}^{\text{кл}} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot k_i, \quad (2.19)$$

де, a_i – вміст клінкеру в i -ому виді цементу, мас %;

K_i – доля випуску i -ого виду цементу в загальному об'ємі випуску.

$$M_{\text{ср}}^{\text{кл}} = 95 \cdot 0,75 + 35 \cdot 0,25 = 80\%$$

Продуктивність заводу по цементу за рік становить:

$$Q_{\text{ц}}^{\text{рік}} = \frac{Q_{\text{кл}}^{\text{рік}} \cdot 100}{M_{\text{сер}}^{\text{кл}}}, \quad \text{т/рік}; \quad (2.20)$$

$$Q_y^{\text{пик}} = \frac{562120,44 \cdot 100}{80} = 702650,6 \text{ т/пик.}$$

в тому числі за видами і марками:

– ПЦ I/A – 500:

$$Q_{y(\text{марка1})}^{\text{рик}} = \frac{702650,6 \cdot 75}{100} = 526987,91 \text{ т/рик}$$

– ШПЦ III/Б -400:

$$Q_{y(\text{марка2})}^{\text{рик}} = \frac{702650,6 \cdot 25}{100} = 175662,64 \text{ т/рик}$$

Теоретичні річні потреби в компонентах цементної шихти цеху помелу цементу:

$$P_i^o = \sum_{i=1}^n U_i \cdot \frac{B_i}{100}, \quad \tau/\text{рік}, \quad (2.21)$$

де, C_i – річний випуск i -ого виду цементу, т/рік;

Пі Д П и С і Д а т					$Q_{ц}^{рік} = \frac{562120,44 \cdot 100}{80} = 702650,6 \text{ т/рік.}$ в тому числі за видами і марками: – ПЦ I/A – 500: $Q_{ц(марка1)}^{рік} = \frac{702650,6 \cdot 75}{100} = 526987,91 \text{ т/рік}$ – ШПЦ III/Б -400: $Q_{ц(марка2)}^{рік} = \frac{702650,6 \cdot 25}{100} = 175662,64 \text{ т/рік}$ Теоретичні річні потреби в компонентах цементної шихти цеху помелу цементу: $P_i^o = \sum_{i=1}^n Ц_i \cdot \frac{B_i}{100}, \text{ т/рік,} \quad (2.21)$ де, $Ц_i$ – річний випуск і-ого виду цементу, т/рік;	
Ін В. № Д У б						
З а мі ст ь і...						
Пі Д П и С і Д а т						
Ін В. № о р и г						

					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

%

– клінкеру:

т/рік;

– ДГШ:

t/pik;

— гіпсового каменю:

т/рік.

урахуванням втрат:

(2.22)

 $\Pi_i=5,2.$

– клінкеру:

t/pik;

– ДГШ:

t/pik

– гіпсового каменю:

t/pik

Річний випуск цементу з урахуванням виробничих втрат:

(2.23)

Пі
Д
п
и
с
і
Д
а
т

де, Π_i – виробничі втрати компонентів цементної шихти, приймаємо $\Pi_i=5,2$.

– клінкеру:

$$K^B = K^o \cdot \frac{100}{100 - \Pi_{\kappa}} = 562120,44 \cdot \frac{100}{100 - 5,2} = 592954,05$$

т/рік;

– ДГШ:

$$\Pi^B = \Pi^o \cdot \frac{100}{100 - \Pi_{\Pi}} = 105397,58 \cdot \frac{100}{100 - 5,2} = 111178,88$$

т/рік

– гіпсового каменю:

$$\Gamma^o = \Gamma^o \cdot \frac{100}{100 - \Pi_{\Gamma}} = 35132,528 \cdot \frac{100}{100 - 5,2} = 37059,6$$

т/рік

Річний випуск цементу з урахуванням виробничих втрат:

$$\Pi^B = \Pi^o \cdot \frac{100}{100 - \Pi_{\kappa}}$$

т/рік,

(2.23)

Ін
в.
№
Д
у
б

З
а
мі
ст
ь
і
н

Пі
Д
п
и
с
і
Д
а
т

Ін
в.
№
о
р
и
г

Зм.

Лист

№ докум.

Підпис

Дата

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Лист

$$\Pi^B = 702650,55 \cdot \frac{100}{100 - 5,2} = 741192,56 \text{ т/рік}$$

Річна потреба в сировинних матеріалах

Суша сировинна суміш:

$$P_c^o = K^B \cdot A_c^D, \text{ т/рік}, \quad (2.24)$$

$$P_c^o = K^B \cdot A_c^D = 592954,05 \cdot 1,54555 = 916440,2 \text{ т/рік}$$

Сухі сировинні компоненти:

$$P_i^o = K^B \cdot A_i^D, \text{ т/рік} \quad (2.25)$$

– вапняк:

$$P_B^o = 592954,05 \cdot 1,22923 = 728879,5 \text{ т/рік};$$

– глина:

$$P_\Gamma^o = 592954,05 \cdot 0,28684 = 170082,9 \text{ т/рік};$$

– огарки:

$$P_{ог}^o = 592954,05 \cdot 0,02948 = 17477,77 \text{ т/рік}.$$

Сировинна суміш з природною вологістю:

$$P_c^w = K^B \cdot B_c^w \text{ т/рік} \quad (2.25)$$

$$P_c^w = K^B \cdot B_c^w = 592954,05 \cdot 1,60149 = 949609,7 \text{ т/рік}.$$

Компонентів сировинної суміші в стані природної вологості:

$$P_i^w = K^B \cdot B_i^w, \text{ т/рік} \quad (2.26)$$

– вапняку:

$$P_B^w = 592954,05 \cdot 1,26331 = 749082 \text{ т/рік};$$

– глини:

$$P_\Gamma^w = 592954,05 \cdot 0,3064 = 181681,2 \text{ т/рік};$$

– огарки:

$$P_{ог}^w = 592954,05 \cdot 0,03178 = 18846,52 \text{ т/рік}$$

Вода:

$$P_\epsilon = K^B \cdot W_{кл}, m/\text{рік} \quad (2.27)$$

Пі Д п и с і Д а т	
Ін в. № Д у б	
З а мі ст ь і н	
Пі Д п и с і Д а т	
Ін в. № О р и г	
Зм.	Лист
№ докум.	Підпис
Дата	
4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	
Лист	

$$Q_{\text{ГК}}^{\text{доб}} = \frac{37059,6}{365 \cdot 0,85} = 119,45 \text{ т/добу}$$

$$Q_{\text{BB}}^{\text{доб}} = \frac{P_B^W}{365 \cdot K_B^{\text{CM}}} \text{ т/добу}, \quad (2.39)$$

$$Q_{\text{BB}}^{\text{доб}} = \frac{749082}{365 \cdot 0,85} = 2414,45 \text{ т/добу};$$

– вологої глини:

$$Q_{\text{БГ}}^{\text{доб}} = \frac{P_{\Gamma}^W}{365 \cdot K_B^{\text{CM}}} \text{ т/добу}, \quad (2.40)$$

$$Q_{\text{БГ}}^{\text{доб}} = \frac{181681,2}{365 \cdot 0,85} = 585,60 \text{ т/добу};$$

– ВОЛОГИХ ОГАРКІВ:

$$Q_{\text{ог}}^{\text{доб}} = \frac{P_{\text{кп}}^W}{365 \cdot K_B^{\text{см}}} \text{ т/добу}, \quad (2.41)$$

$$Q_{\text{ог}}^{\text{доб}} = \frac{P_{\text{КП}}^W}{365 \cdot K_B^{\text{см}}} = \frac{18846,52}{365 \cdot 0,85} = 60,75 \text{ т/добу}$$

Вода:

$$Q_{шл}^{доб} = \frac{P_{в}}{365 \cdot K_{сМ}} \text{ т/добу}, \quad (2.42)$$

$$Q_{\text{шл}}^{\text{доб}} = \frac{468742,64}{365 \cdot 0,85} = 1510,85 \text{ м/доб}$$

Шлам

$$Q_{\text{шл}}^{\text{доб}} = \frac{P_{\text{ш}}}{365 \cdot K_{\text{с}}^{\text{CM}}} \text{ м}^3 / \text{добы}, \quad (2.43)$$

$$Q_{\text{шл}}^{\text{доб}} = \frac{853853,83}{365 \cdot 0,85} = 2752,15 \text{ м}^3/\text{доб}$$

або

$$Q_{\text{шл}}^{\partial\sigma\sigma} = \frac{\Pi^{\text{III}}}{365 \cdot K_{\text{с}}^{\text{сМ}}} m / \partial\sigma\sigma, \quad (2.44)$$

$$Q_{\text{вл}}^{\text{доб}} = \frac{1420836,5}{365 \cdot 0,85} = 4579,65 \text{ м/доб} \text{ y}$$

Розрахунок годинних витрат матеріалів:

– цементу:

$$Q_{\text{цем}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{цем}}^{\text{доб}}}{24} \text{ Т/ГОД}, \quad (2.45)$$

Підписи Дат	$Q_{шл}^{доб} = \frac{Pв}{365 \cdot K_{г}^{см}} \text{ т/добу,} \quad (2.42)$ $Q_{шл}^{доб} = \frac{468742,64}{365 \cdot 0,85} = 1510,85 \text{ т/доб}$				
Інв. № Дуб	Шлам $Q_{шл}^{доб} = \frac{Pш}{365 \cdot K_{г}^{см}} \text{ м}^3/\text{добу,} \quad (2.43)$ $Q_{шл}^{доб} = \frac{853853,83}{365 \cdot 0,85} = 2752,15 \text{ м}^3/\text{доб}$				
Замість і.	або $Q_{шл}^{доб} = \frac{П^{ш}}{365 \cdot K_{г}^{см}} \text{ т/добу,} \quad (2.44)$				
Підписи Дат	$Q_{шл}^{доб} = \frac{1420836,5}{365 \cdot 0,85} = 4579,65 \text{ т/добу}$ Розрахунок годинних витрат матеріалів: – цементу:				
Інв. № ориг	$Q_{цем}^{год} = \frac{Q_{цем}^{доб}}{24} \text{ т/год,} \quad (2.45)$				
Зм. Лист № докум. Підпис Дата 4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ Лист					

$$Q_{\text{цем}}^{\text{год}} = \frac{2389,017}{24} = 99,542 \text{ т/год}$$

– клінкеру:

$$Q_{\text{КЛ}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{КЛ}}^{\text{доб}}}{24} \text{ т/год}, \quad (2.46)$$

$$Q_{\text{КЛ}}^{\text{год}} = \frac{1911,214}{24} = 79,634 \text{ т/год}$$

– ДГШ:

$$Q_{\text{ДГШ}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{ДГШ}}^{\text{доб}}}{24} \text{ т/год}, \quad (2.47)$$

$$Q_{\text{ДГШ}}^{\text{год}} = \frac{358,353}{24} = 14,93 \text{ т/год}$$

– гіпсового каменю:

$$Q_{ГК}^{год} = \frac{Q_{ГК}^{доб}}{24} \text{ т/год}, \quad (2.48)$$

$$Q_{ГК}^{год} = \frac{119,45}{24} = 4,98 \text{ т/год};$$

– сухої сировинної суміші:

$$Q_{CC}^{год} = \frac{Q_{CC}^{доб}}{24} \text{ т/год}, \quad (2.49)$$

$$Q_{CC}^{год} = \frac{2953,88}{24} = 123,08 \text{ т/год};$$

– сухого вапняку:

$$Q_B^{\text{год}} = \frac{Q_B^{\text{доб}}}{24} \text{ т/год}, \quad (2.50)$$

$$Q_B^{\text{год}} = \frac{2349,33}{24} = 97,89 \text{ т/год};$$

– сухої глини:

$$Q_{\Gamma}^{\text{год}} = \frac{Q_{\Gamma}^{\text{доб}}}{24} \text{ т/год}, \quad (2.51)$$

$$Q_G^{\text{год}} = \frac{548,21}{24} = 22,84 \text{ т/год};$$

Пі Д п и с і Д а т		$Q_{ГК}^{год} = \frac{113,19}{24} = 4,98$ т/год; – сухої сировинної суміші: $Q_{CC}^{год} = \frac{Q_{CC}^{доб}}{24}$ т/год, (2.49)
Ін в. № Д у б		$Q_{CC}^{год} = \frac{2953,88}{24} = 123,08$ т/год; – сухого вапняку:
З а мі ст ь і.		$Q_B^{год} = \frac{Q_B^{доб}}{24}$ т/год, (2.50) $Q_B^{год} = \frac{2349,33}{24} = 97,89$ т/год;
Пі Д п и с і Д а т		– сухої глини: $Q_G^{год} = \frac{Q_G^{доб}}{24}$ т/год, (2.51) $Q_G^{год} = \frac{548,21}{24} = 22,84$ т/год;
Ін в. № о р иг		

– сухих огарків:

$$Q_{\text{КП}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{КП}}^{\text{доб}}}{24} \text{ т/год}, \quad (2.52)$$

$$Q_{\text{КП}}^{\text{год}} = \frac{56,33}{24} = 2,35 \text{ т/год};$$

– сировинної суміші з природною вологістю:

$$Q_{CB}^{год} = \frac{Q_{CB}^{доб}}{24} \text{ т/год}, \quad (2.53)$$

$$Q_{CB}^{год} = \frac{3060,79}{24} = 127,53 \text{ т/год};$$

— ВОЛОГОГО ВАПНЯКУ:

$$Q_{\text{BB}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{BB}}^{\text{доб}}}{24} \text{ т/год}, \quad (2.54)$$

$$Q_{\text{ВВ}}^{\text{год}} = \frac{2414,45}{24} = 100,60 \text{ т/год};$$

– вологої глини:

$$Q_{\text{ВГ}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{ВГ}}^{\text{доб}}}{24} \text{ т/год}, \quad (2.55)$$

$$Q_{\text{ВГ}}^{\text{год}} = \frac{585,60}{24} = 24,40 \text{ т/год};$$

— вологих огарків:

$$Q_{\text{огар}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{огар}}^{\text{доб}}}{24} \text{ т/ГОД}, \quad (2.56)$$

$$Q_{\text{огар}}^{\text{год}} = \frac{60,75}{24} = 2,53 \text{ т/год.}$$

Вода:

$$Q_{\vartheta}^{zod} = \frac{Q_{H2a}^{dof}}{24} m / zod, \quad (2.57)$$

$$Q_{\text{с}}^{\text{зод}} = \frac{1510,85}{24} = 62,95 \text{ м/зод},$$

Шлам

$$Q_{\omega l}^{zod} = \frac{Q_{\omega l}^{zob}}{24} M^3 / zod, \quad (2.58)$$

Пі Д п и с і д а т		$Q_{\text{ВГ}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{ВГ}}^{\text{доб}}}{24} \text{ т/год,} \tag{2.55}$ $Q_{\text{ВГ}}^{\text{год}} = \frac{585,60}{24} = 24,40 \text{ т/год;}$					
Ін в. № Д у б		– вологих огарків: $Q_{\text{огар}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{огар}}^{\text{доб}}}{24} \text{ т/год,} \tag{2.56}$					
З а мі ст ь ін.		$Q_{\text{огар}}^{\text{год}} = \frac{60,75}{24} = 2,53 \text{ т/год.}$					
Пі Д п и с і д а т		Вода: $Q_{\text{в}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{нзв}}^{\text{доб}}}{24} \text{ м/год,} \tag{2.57}$					
Ін в. № О р и г		Шлам $Q_{\text{шл}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{шл}}^{\text{доб}}}{24} \text{ м}^3/\text{год,} \tag{2.58}$					
						4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист
		Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

$$Q_{\text{шл}}^{\text{год}} = \frac{2752,15}{24} = 114,67 \text{ м}^3/\text{год},$$

або

$$Q_{\text{шл}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{шл}}^{\text{доб}}}{24} \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.59)$$

$$Q_{\text{шл}}^{\text{год}} = \frac{4579,65}{24} = 190,82 \text{ м}^3/\text{год},$$

Дійсні витрати матеріалів та випуск продукції наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Матеріальний баланс підприємства

Матеріал	Одиниця вимірювання	Витрати матеріалів, т		
		За рік	За добу	За годину
Вапняк	т	749081,97	2414,45	100,60
Глина	т	181681,17	585,60	24,40
Огарки	т	18846,52	60,75	2,53
Сировинна суміш	т	949609,66	3060,79	127,53
Вода	т	468742,64	1510,85	62,95
Шлам	м ³	853853,83	2752,15	114,67
	т	1420836,50	4579,65	190,82
Клінкер	т	592954,05	1911,21	79,63
Шлак	т	111178,88	358,35	14,93

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Лист

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Пі
Д
п
и
с
і
д
а
т

Ін
в.
№
д
у
б

З
а
мі
ст
ь
ін

Пі
Д
п
и
с
і
д
а
т

Ін
в.
№
о
р
и
г

Таблиця 3.1– Витрати матеріалу за годину

Матеріали	Одиниці вимірювання	Витрати матеріалу за годину
Вапняк	т	100,60
Глина	т	24,40
Огарки	т	2,53
Сировинна суміш	т	127,53
Вода	т	62,95
Шлам	м ³	114,67
	т	190,82
Клінкер	т	79,63
Шлак	т	14,93
Гіпсове каміння	т	4,98
Цемент	т	99,54

Для розробки вапняку проектом передбачено використання екскаваторів ЕКГ-4,6 продуктивністю 280 т/год

$$n = \frac{Q_{200}^B}{q_{200}^{eKC}} \quad (3.1)$$

$$n = \frac{100,60}{280} = 0,36$$

Для розробки кар'єру вапняку приймаємо один екскаватор ЕКГ-4,6.

Для розробки глини проектом передбачено використання екскаватору Е-2503 продуктивністю 200 т/год

$$n = \frac{Q_{z00}^r}{q_{z00}^{ekc}} \quad (3.2)$$

$$n = \frac{24,40}{200} = 0,122$$

Для розробки глин приймаємо один екскаватор Е-2503. Для
подрібнення вапняку проектом передбачено подрібнення.

Щокова дробарка СМД-118 ЩД продуктивністю 310 т/год. Технічна характеристика щокової дробарки СМД-118 наведена у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика щоклової дробарки СМД-118

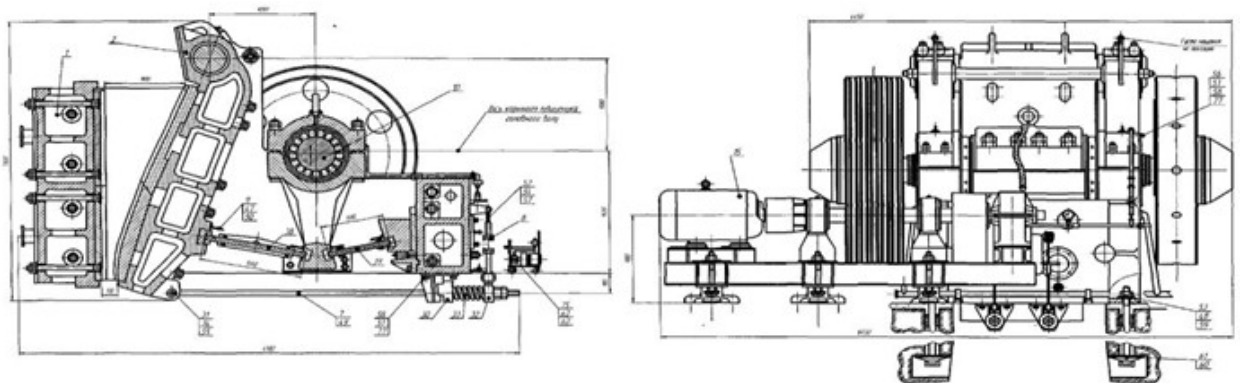
Пі Д п и с і Д а т	$n = \frac{Q_{год}^{екс}}{q_{год}^{екс}} = 0,36$ Для розробки кар'єру вапняку приймаємо один екскаватор ЕКГ-4,6. Для розробки глини проектом передбачено використання екскаватору Е-2503 продуктивністю 200 т/год $n = \frac{Q_{год}^Г}{q_{год}^{екс}} \quad (3.2)$ $n = \frac{24,40}{200} = 0,122$ Для розробки глини приймаємо один екскаватор Е-2503. Для подрібнення вапняку проектом передбачено подрібнення. Щокова дробарка СМД-118 ЩД продуктивністю 310 т/год. Технічна характеристика щокової дробарки СМД-118 наведена у таблиці 3.2. Таблиця 3.2 – Технічна характеристика щокової дробарки СМД-118				
Ін в. №					
Д у б					
З а мі сть					
Пі Д п и с і Д а т					
Ін в. №					
О р иг					
					Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

№ п/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Величина показника
1	Продуктивність	м³/год	310
2	Розмір прийомного отвору	мм	1200х1500
3	Розмір матеріалу, що завантажується	мм	До 1000
4	Розмір вихідного матеріалу	мм	До 150
5	Встановлена потужність	кВт	160

$$n = \frac{Q_{год}^B}{q_{год}^{щд} \cdot \gamma_B} \quad (3.3)$$

$$n = \frac{100,60}{310 \cdot 2,5} = 0,13$$

Приймаємо для встановлення одну щоківу дробарку СМД-188, яка зображена на рисунку 3.1.



1 – корпус; 2 – рухлива щока; 3 – вісь; 4 – маховик; 5 – ексцентриковий вал; 6 – шатун; 7 – розпірні плити; 8 – спеціальний упор; 9 – прокладка; 10 – пружина; 11 – приплив; 12 – тяга; 13 – сухарі; 14 – броньові плити

Рисунок 3.1 – Щокова дробарка СМД-118

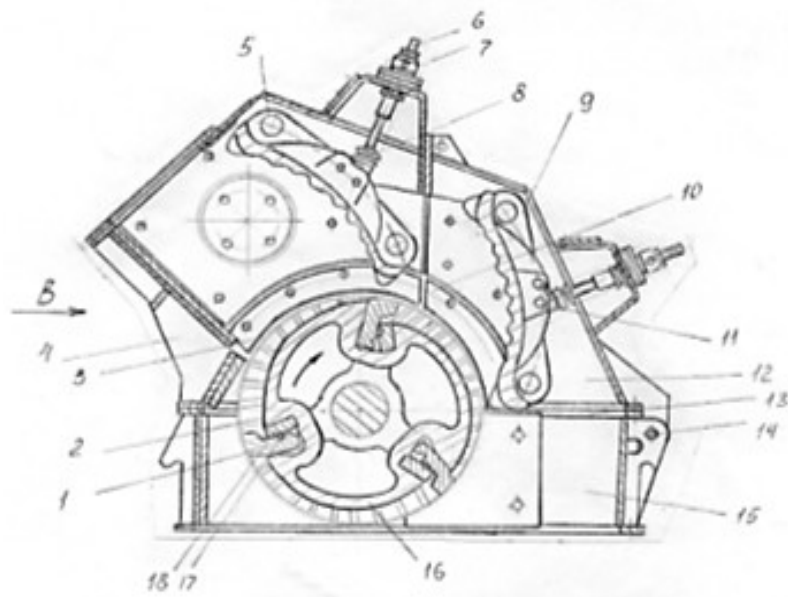
Проектом передбачено встановлення ще одної щоківу дробарки СМД-97А продуктивністю 670 т/год для подрібнення огарків.[10]

$$n = \frac{Q_{год}^{огарки}}{q_{год}^{смд}} \quad (3.4)$$

$$n = \frac{2,53}{310} = 0,01$$

Пі Д п и с і д а т	Ін в. № д у б	З а м і с т ь и	Пі Д п и с і д а т	Ін в. № о р и г						Лист	
					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ						
					Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо для встановлення одну молоткову дробарку СМД-97.



1 – станина; 2 – колосникові поворотні ґрати; 3 – відбійний брус;
4 – відбійна плита; 5 – кришка станини; 6 – молоток; 7 – ротор; 8 – висувні
колосникові ґрати; 9 – направляюча висувних ґрат; 10 – візок

Рисунок 3.2 – Молоткова однороторна дробарка СМД-97А

Технічна характеристика молоткової дробарки СМД-97А наведена у
таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика молоткової дробарки СМД-97А

№ п /п	Найменування показників	Одиниці вимірювання	Величина показника
1	Продуктивність	т/год	670
2	Розміри ротора: - діаметр - довжина	мм	2000 2000
3	Розмір матеріалу, що завантажується	мм	600
4	Розмір вихідного матеріалу	мм	15

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

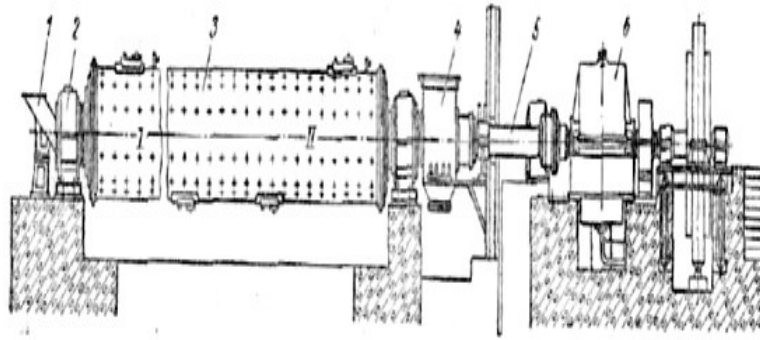
Лист

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

4			
5	Установлена мощность	кВт	800

Для помелу сировинного шламу проектом пропонується установка млинів Ø3,2х15 м (рисунок 3.3). Технічна характеристика трубного млина наведена у таблиці 2.8.[10]

Підписи Дата Інв. № док. Замість Підписи Інв. № ор Іг						Лист	
	Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	



1 – завантажувальна частина; 2 – підшипник; 3 – середня частина;
4 – розвантажувальна частина; 5 – проміжне з'єднання; 6 – привід;
I, II – камери

Рисунок 3.3 – Трубний кульовий млин Ø3,2x15 м

Таблиця 3.4 – Технічна характеристика трубного млина [10]

№ п/п	Найменування показника	Одиниці виміру	Величина показника
1	2	3	4
1	Діаметр	м	3,2
2	Довжина	м	15
3	Кількість камер		2
4	Частота обертання	об/хв	17
5	Продуктивність	т/год	125-190
6	Споживана потужність	кВт	2000
7	Маса млина без привода й тіл, що мелють	т	328
8	Приводний механізм		центральний
9	Вид розвантаження		центральний

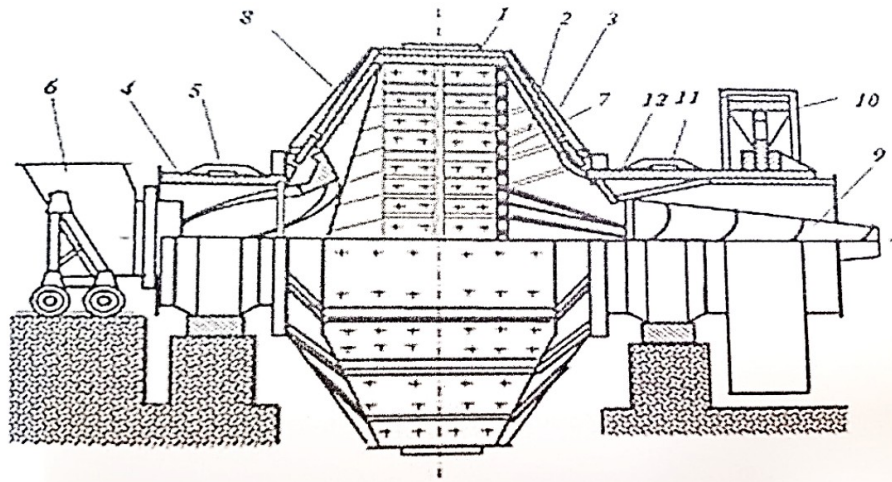
Необхідна кількість млинів помелу МС 3,2 на 15 потужністю 80т/год для огірків:

$$n = \frac{Q_{\text{год}}^{\text{огар}}}{q_{\text{год}}^{\text{м}}}, \quad (3.5)$$

де $q_{\text{год}}^{\text{м}}$ – годинна продуктивність млина МС 3,2 на 15, т/год.

Пі Д п и с і д а т					
Ін в. № д у б					
З а мі ст ь ін					
Пі Д п и с і д а т					
Ін в. № о р и г					
Зм. Лист № докум. Підпис Дата 4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ Лист					

забезпечує стабільну роботу агрегату при значних навантаженнях. Маса млина з бронефутеруванням становить 386 т. Такі технічні характеристики



роблять млин типу «Гідрофол» ефективним обладнанням для попереднього подрібнення та підготовки сировинних матеріалів у цементній промисловості.

Необхідна кількість млинів «Гідрофол» для двохстадійного подрібнення вапняку:

$$n = \frac{Q_{\text{вапняк}}^{\text{год}}}{q_{\text{год}}^{\text{мс}}}, \quad (3.7)$$

$$n = \frac{100,6}{160} = 0,62$$

де $q_{\text{год}}^{\text{мс}}$ – годинна продуктивність млина «Гідрофол», т/год;

1 – барабан; 2 – ліфтери; 3,8 – торцеві кришки; 4 – завантажувальна цапфа; 5, 11 – підшипники; 6 – завантажувальний пристрій; 7 – решітка; 9 – бутара; 10 – вінцева шестерня; 12 – розвантажувальна цапфа
Рисунок 3.4 – Млин мокрого самоподрібнення «Гідрофол»

Для випалу клінкера проектом пропонується установка печей Ø5x185м. Технічна характеристика печі наведена у таблиці 3.5.

Пі
Д
П
С
і
Д
а
т

Ін
в.
№
Д
у
б

З
а
мі
ст
ь
ін.

Пі
Д
П
С
і
Д
а
т

Ін
в.
№
о
р
иг

Лист

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Зм. Лист № докум. Підпис Дата

Підпис і дата	
Інв. № Дуб	
Замість її	
Підпис і дата	
Інв. № Ориг	

Проектом передбачається здійснювати випал клінкера в обертових печах Ø5x185 м продуктивністю 72,1 т/годину

$$n = \frac{K^n}{8760 \cdot q_{200}^n \cdot \kappa_\beta^n}, \quad (3.8)$$
$$n = \frac{592954,05}{8760 \cdot 72,1 \cdot 0,89} = 1,05$$

Для сушіння доменного гранульованого шлаку проектом пропонується установка прямоточного сушильного барабана Ø2,8x20м. Технічна характеристика сушильного барабана наведена у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Технічна характеристика сушильного барабана

№ п/п	Найменування показника	Одиниці виміру	Величина показника
1	Діаметр	м	2,8
2	Довжина	м	20
3	Продуктивність по сухому матеріалу	т/год	30
4	Кількість опор	шт	2
5	Привод		вінцева пара
6	Теплообмінні пристрої		коміркова насадка

Необхідна кількість сушильних барабанів

$$n = \frac{Q_{z0\partial}^{\partial zw}}{q_{z0\partial}^{c\partial}}, \quad (3.9)$$

де $q_{год}^{сб}$ – ігодинна сушильного барабану, т/год.

$$n = \frac{14,93}{30} = 0,5$$

Приймаємо до установки один сушильний барабан

Проектом передбачено помел цементу у млинах Ø3,2х15 м, продуктивністю 60 т/год, технічна характеристика наведена в таблиці 3.7.

$$n = \frac{Q_{200}^u}{q_{200}^{Ml}} \quad (3.10)$$

$$n = \frac{99,54}{60} = 1,66$$

Приймаємо для встановлення два млина $\varnothing 3,2 \times 15$ м [11].

Підписи

И
В.
№
Д
У
Б

З
а
мі
ст
ь
ін

Підписи

Ин
В.
№
О
р
иг

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

$$n = \frac{2389,02 \cdot 9}{6000} = 3,58$$

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Зберігання клінкеру і добавок. Для зберігання клінкеру і добавок
 раємо горизонтальний склад відкритого типу. Об'єм складу дорівнює:

Лист

$$V_{\text{кЛ}} = \frac{Q_{\text{кЛ}}^{\text{доб.}} \cdot C_{\text{нкЛ}}}{\rho_{\text{нкЛ}}} \quad (3.12)$$

де $Q_{\text{кл}}^{\text{доб}}$ – добова витрата клінкеру і добавок, т/діб;

$C_{\text{нкл}}$ – кількість діб нормативного запасу клінкеру і добавок;

$\rho_{\text{нкл}}$ – насипна маса клінкеру і добавок, т/м³.

$$V_{\kappa l} = \frac{1911,21 \cdot 4}{1,5} = 6370,69 \text{ м}^3$$

$$F_{\text{кЛ}} = \frac{V_{\text{кЛ}} \cdot K_1}{K_2 \cdot H_{\text{м}}} \quad (3.13)$$

де K_2 – коефіцієнт використання теоретичного об'єму штабеля;

 $K_2=0,85;$

K_1 – коефіцієнт враховуючий розриви та проїзди на складі; $K_{1=1,2}$;

H_m – максимальна висота штабеля при використанні грейфера, м.

$$H_M = H_{\text{гр}} - 1.$$

де $H_{\text{гр}}$ – максимальна висота підйому грейфера; $H_{\text{гр}}=20$ м.

$$H_M = 20 - 1 = 19_M$$

$$F = \frac{5096,56 \cdot 1,2}{0,85 \cdot 19} = 378,7 \text{ М}^2$$

Для збереження готового шламу вибираємо вертикальний шлам басейн об'ємом 1000 м³. Кількість вертикальних шлам басейнів:

$$n = \frac{K^n \cdot V_{\text{шл}} \cdot C_n}{365 \cdot K_3 \cdot V_{\text{шл},6}}, \quad (3.14)$$

Підпис і дата	K_1 – коефіцієнт враховуючий розриви та проїзди на складі; $K_1=1,2$; H_m – максимальна висота штабеля при використанні грейфера, м. $H_m = H_{гр} - 1,$				
Інв. № ДУБ	де $H_{гр}$ – максимальна висота підйому грейфера; $H_{гр}=20$ м. $H_m = 20 - 1 = 19_m$				
Замість...	$F = \frac{5096,56 \cdot 1,2}{0,85 \cdot 19} = 378,7_{м^2}$				
Підпис і дата	Вибір басейнів для шламу. Для збереження готового шламу вибираємо вертикальний шлам басейн об'ємом 1000 м^3 . Кількість вертикальних шлам басейнів:				
Інв. № ориг	$n = \frac{K^n \cdot V_{шл} \cdot C_n}{365 \cdot K_3 \cdot V_{шл.б}}, \quad (3.14)$				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

$$V_u = \frac{358,35 \cdot 10}{1,0} = 3583,5 \text{ m}^3$$

Площа складу для зберігання шлаку становить:

$$F_{\text{дгш}} = \frac{V_{\text{дгш}} \cdot K_1}{K_2 \cdot H_{\text{дгш}}} \quad (3.21)$$

$$F_w = \frac{3583,5 \cdot 1,2}{0,85 \cdot 19} = 266,27 \text{ M}^2$$

Зберігання гіпсового каменю. Для зберігання гіпсового каменю вибираємо горизонтальний склад відкритого типу. Об'єм складу дорівнює:

$$V_{\text{ГК}} = \frac{Q_{\text{ГК}}^{\text{доб}} \cdot C_{\text{ГК}}}{\rho_{\text{ГК}}} \quad (3.22)$$

де $Q_{\text{ГК}}^{\text{доб}}$ – добова витрата гіпсового каменю, т/добу;

$C_{\text{нгк}}$ – кількість діб нормативного запасу гіпсового каменю;

приймаємо $C_{\text{НГК}} = 30 \text{ дБ};$

$\rho_{\text{нгк}}$ – насипна маса гіпсового каменю, т/м³; приймаємо $\rho_{\text{нгк}} = 1,35$ т/м³.

$$V_{\text{ГК}} = \frac{119,45 \cdot 30}{1,35} = 2654,44 \text{ м}^3$$

Площа складу для зберігання гіпсового каменю

$$F_{\Gamma K} = \frac{V_{\Gamma K} \cdot K_1}{K_2 \cdot H_{\Gamma K}} \quad (3.23)$$

$$F_{\text{ГК}} = \frac{2654,44 \cdot 1,2}{0,85 \cdot 19} = 197,2 \text{ М}^2$$

Пі Д п и с і Д а т		приймаємо $C_{\text{нгк}}=30$ діб; $\rho_{\text{нгк}}$ – насипна маса гіпсового каменю, т/м ³ ; приймаємо $\rho_{\text{нгк}} = 1,35$ т/м ³ . $V_{\text{гк}} = \frac{119,45 \cdot 30}{1,35} = 2654,44 \text{ м}^3$ Площа складу для зберігання гіпсового каменю $F_{\text{гк}} = \frac{V_{\text{гк}} \cdot K_1}{K_2 \cdot H_{\text{гк}}} \tag{3.23}$ $F_{\text{гк}} = \frac{2654,44 \cdot 1,2}{0,85 \cdot 19} = 197,2 \text{ м}^2$					
Ін в. № Д у б							
З а мі ст ь ін.							
Пі Д п и с і Д а т							
Ін в. № о р и г							
						4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист
		Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

3.2. Характеристика відділення випалу цементного клінкеру та обертової печі Ø5×185 м

Відділення випалу є серцем цементного виробництва. До його складу входять обертові печі, колосникові холодильники, пальникові пристрої, системи подачі шламу і палива, пилоочисне обладнання (електрофільтри), тягові та дуттьові вентилятори, система контролю й автоматизації.[10]

3.2.1. Загальна конструкція печі Ø5×185 м. Піч являє собою сталевий циліндричний барабан внутрішнім діаметром 5,0 м і загальною довжиною 185 м. Барабан зварений зі сталевих листів товщиною 28–40 мм (потовщення у зонах опор та гарячого кінця). Піч встановлена на 7 роликів опор під кутом 3,5° до горизонту й обертається зі змінною частотою 0,5–1,5 об/хв. Привід - зубчастий вінець (велике зубчасте колесо) + два допоміжних гідравлічних приводи для повільного обертання при пусках і ремонтах (табл. 3.2.1.)

Таблиця 3.2.1 Технічна характеристика обертової печі Ø5×185 м

Параметр	Значення
Зовнішній діаметр корпусу, мм	5 200
Внутрішній діаметр (по футеруванню), м	~4,6
Загальна довжина, м	185
Ухил барабана, %	3,5
Кількість роликів опор, шт.	7
Частота обертання (регульована), об/хв	0,5 – 1,5
Продуктивність (за клінкером), т/добу	1 500 – 1 600
Питома витрата тепла, МДж/кг клінкеру	5,4 – 5,8
Температура газів у зоні спікання, °С	1 700 – 1 800
Температура відхідних газів (холодний кінець), °С	160 – 220
Потужність основного приводу, кВт	500
Маса порожнього барабана, т	~1 800

Пі
Д
п
и
с
і
д
а
т

Ін
в.
№
Д
у
б

З
а
м
і
с
т
ь
і

Пі
Д
п
и
с
і
д
а
т

Ін
в.
№
о
р
и
г

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Лист

Підписи

Ин
В.
№
Д
У
Б

З
а
мі
ст
ь
ін

Підписи

И
В.
Но
О
р
иг

3.2.5. Автоматизація управління піччю. АСУ ТП на базі ПЛК Siemens S7-400 виконує: підтримання температури в зоні спікання (задана 1 430–1 450 °С) регулюванням витрати газу; регулювання розрідження в печі (–20...–30 Па) через дросельний клапан і димосос; управління частотою обертання

барабана залежно від вмісту f-CaO в клінкері; реєстрацію та архівування параметрів; сигналізацію відхилень і аварійне відключення газопостачання.

3.3. Технологічний контроль виробництва

Система технологічного контролю спрямована на забезпечення стабільних фізико-хімічних і механічних характеристик клінкеру і цементу. Контроль здійснюється центральною заводською лабораторією (ЦЗЛ) у взаємодії з АСУ ТП.

Лабораторне обладнання ЦЗЛ: РФА-спектрометр PANalytical Axios або Bruker S8 Tiger; прилади для визначення питомої поверхні; прес гідравлічний (до 250 кН) для випробування цементних зразків; термостатичні камери; муфельні печі до 1 700 °С.[11]

Таблиця 3.3.1 – Карта технологічного контролю виробництва портландцементу

Стадія виробництва	Контрольований параметр	Метод	Частота	Норматив
Надходження крейди	CaCO ₃ , ВПП, вологість	РФА, гравіметрія	Кожна партія	CaCO ₃ ≥ 90 %
Надходження глини	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃	РФА	Кожна партія	За ТУ підприємства
Болтушки (шлам)	Вологість, густина шламу	Пікнометр	2 рази/змін	ρ = 1 550–1 650 кг/м ³
Після млинів (шлам)	Тонкість помелу (0,08 мм)	Ситовий аналіз	1 раз/год	Залишок ≤ 8 %
Шлам у басейнах	КН, n, p	РФА, розрахунок	4 рази/добу	КН = 0,92 ± 0,02
Живлення печі (шлам)	Хімічний склад, вологість	Онлайн-РФА	Безперервно	Відхилення ≤ ±0,02 КН
Клінкер після печі	Вміст f-CaO	Хімічний (EN 451-1)	1 раз/год	f-CaO ≤ 1,5 %
Клінкер після холодильника	Температура	Термометрія	Безперервно	≤ 65 + t °С
Цемент після млина	Вміст SO ₃	РФА	2 рази/змін	≤ 3,5 %

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Лист

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

Продовження таблиці 3.3.1

Стадія виробництва	Контрольований параметр	Метод	Частота	Норматив
Цемент (партія)	Міцність 2 та 28 діб	ДСТУ EN 196-1	Кожна партія	$\geq 10,0$; 42,5–62,5 МПа
Цемент після млина	Питома поверхня	Прилад Блейна	1 раз/год	$\geq 300 \text{ м}^2/\text{кг}$
Цемент (партія)	Початок тужавіння	ДСТУ EN 196-3	Кожна партія	$\geq 60 \text{ хв}$
Цемент (партія)	Рівномірність зміни об'єму	ДСТУ EN 196-3	Кожна партія	$\leq 10 \text{ мм}$

Онлайн-аналізатор шламу. На лінії подачі шламу до печей встановлено РФА-аналізатор безперервної дії (FLS Cross Belt Analyzer або Thermo Ramsey ARNA-2000). Кожні 10–15 хвилин він видає дані про хімічний склад шламу, які надходять до АСУ ТП. Система автоматично коригує дозування компонентів для підтримання заданого КН.

Пі Д п и с і Д а т		Ін в. № Д у б	З а мі с т ь ін	Пі Д п и с і Д а т	Ін в. № о р и г						Лист
	Зм.					Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

4.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Аналіз умов праці виконано відповідно до ГОСТ 12.0.003-2015 «ССБТ. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація» та Наказу МОЗ України № 248 від 08.04.2014. Умови праці у більшості виробничих підрозділів відносяться до 3-го класу шкідливості.

4.1.1. Пилові фактори. Цементний та сировинний пил - найбільш масштабний шкідливий фактор. Пилоутворення відбувається при видобутку крейди, транспортуванні, помелі клінкеру і цементу, відвантаженні. Питоме пиловиділення при помелі клінкеру без систем аспірації - 80–100 г/кг цементу. Найнебезпечніша - респірабельна фракція (частки < 5 мкм, до 40 % від маси), що проникає в глибокі відділи легень і може спричинити пневмоконіоз (цементоз). ГДК цементного пилу у повітрі робочої зони: загальна фракція - 6 мг/м³; респірабельна - 3 мг/м³ (ДСН 3.3.6.042-99).

4.1.2. Шум і вібрація. Основні джерела виробничого шуму: кульові трубні млини - 98–105 дБА; дробарки - 90–100 дБА; вентилятори, димосмоки 85–95 дБА. Нормативний допустимий рівень - 80 дБА (ДСН 3.3.6.037-99). Перевищення норм у більшості приміщень - 5–25 дБА (клас умов 3.2–3.4). Тривалий вплив підвищеного шуму (понад 80 дБА) призводить до нейросенсорної приглухуватості. Загальна вібрація від обертового обладнання (молотковий тип, категорія 3А) нормується за ДСН 3.3.6.039-99.

4.1.3. Теплові фактори. У відділенні випалу та біля холодильників температура повітря влітку може досягати 35–40 °С при нормі 26–28 °С. Інтенсивність теплового опромінення від розпеченого корпусу печі — 200–500 Вт/м² при нормі ≤ 140 Вт/м² (ДСН 3.3.6.042-99).

Підписи Дата							
Інв. № добу							
Замість ін.							
Підписи Дата							
Інв. № ориг							
		Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Таблиця 4.1 – Шкідливі хімічні речовини у повітрі робочої зони

Речовина	Джерело виділення	ГДК р.з., мг/м³	Клас небезпеки
Пил цементний (загальна фракція)	Помел, транспортування	6,0	4
Пил цементний (респірабельна фракція)	Помел, відвантаження	3,0	3
Оксиди азоту NO _x (перерах. на NO ₂)	Відхідні гази печі	2,0	3
Оксид вуглецю CO	Неповне згоряння газу	20,0	4
Діоксид сірки SO ₂	Відхідні гази	10,0	3
Природний газ (CH ₄)	Витоки газопроводів	7 000 (пожеж.)	4

4.1.4. Небезпечні виробничі фактори. Пожежовибухонебезпека: природний газ із межами поширення полум'я 5–15 % об. є вибухонебезпечним. Цементний пил при концентрації > 50 г/м³ утворює вибухонебезпечне аерозольне середовище (клас St1). Електрична небезпека: завод споживає 120 МВт; мережі живлення 10 кВ та 0,4 кВ. Механічна небезпека: рухомі частини машин (ремені, ротори, шнеки) є джерелом механічних травм при відсутності огорожень.[9]

4.2. Заходи з охорони праці та техніки безпеки

Для захисту від пилу застосовуються: повна герметизація обладнання; аспіраційні системи з рукавними фільтрами або електрофільтрами (ефективність 99,5–99,9 %); зрошення водою вузлів пересипання; пневматичне прибирання. Кратність повітрообміну - не менше 10 об/год. ЗІЗ органів дихання: напівмаски FFP3 (ЗМ 8835) або респіратори ШБ-1.

Пі д пи си да т															
Ін в. № до ку м															
З а мі ст ь ін															
Пі д пи си да т															
Ін в. № ор иг															
<table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Зм.</td><td>Лист</td><td>№ докум.</td><td>Підпис</td><td>Дата</td></tr> </table>										Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата											
4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ															

Для захисту від шуму: амортизаційні фундаменти для млинів і дробарок; звукоізолюючі кожухи (зниження на 10–15 дБА); звукопоглинальне облицювання стін пультових кімнат; скорочення часу перебування в зонах із рівнем понад 95 дБА (не більше 4 год/зміну). ЗІЗ: протишумові навушники $SNR \geq 27$ дБА (EN 352-1).

Для захисту від теплового впливу: теплоізоляція корпусів печей і газоходів (температура зовнішньої поверхні ≤ 50 °C); кімнати відпочинку з кондиціонуванням; раціональний режим праці (перерви 15 хв/год); питна підсолена вода (0,5 % NaCl).

Газова безпека. Газопроводи - зі сталевих труб, зварні з'єднання. Автоматичні клапани відсічення (час закриття ≤ 1 с). Стаціонарні газоаналізатори зі сигналізацією при концентрації $CH_4 = 10$ % від НКМЗ (0,5 % об.); при спрацюванні автоматично вмикається аварійна вентиляція і відсікається подача газу (НПАОП 0.00-1.20-98).

Електробезпека на цементному заводі є одним із пріоритетних напрямків забезпечення охорони праці, оскільки виробництво характеризується великою кількістю потужного електрообладнання, високою ступенню автоматизації та наявністю вологих, запилених приміщень. Потенційні небезпеки включають ураження електричним струмом, короткі замикання, перенапруги, дугові розряди та пожежі електричного походження.[21]

Тому в проекті розроблено комплекс технічних і організаційних заходів, спрямованих на максимальне зниження ризиків електротравматизму та забезпечення надійної роботи електроустановок.

Усі електроустановки заводу виконані відповідно до вимог Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), а також чинних нормативних документів: НПАОП 40.1-1.07-01 «Правила безпечної експлуатації електроустановок», ДСТУ ІЕС 60364, НАПБ та інших стандартів. Основним технічним заходом захисту від ураження електричним струмом є **заземлення та занулення** всього електрообладнання.[24]

Пі Д п и с і Д а т Ін в. № Д у б З а мі ст ь ін. Пі Д п и с і Д а т Ін в. № о р и г						Лист	
	Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Заземлення передбачено для всіх металевих частин обладнання, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції. Виконується контурне заземлення з використанням вертикальних заземлювачів (сталеві труби або кутики) та горизонтальних з'єднань. Опір заземлювального пристрою не перевищує 4 Ом для установок напругою до 1000 В і 0,5 Ом для установок понад 1000 В. Занулення застосовується в мережах з глухозаземленою нейтраллю. Усі електродвигуни, розподільні щити, пульты управління, металоконструкції та технологічне обладнання надійно приєднані до системи захисного заземлення. Для контролю стану заземлення передбачено регулярні вимірювання опору заземлювальних пристроїв не рідше одного разу на рік, а також після кожного ремонту або реконструкції.

Для захисту електродвигунів від проникнення пилу, вологи та механічних пошкоджень у проекті передбачено застосування електродвигунів зі ступенем захисту **IP54–IP65**. У запилених виробничих приміщеннях (сировинне відділення, цех помелу цементу, дробильне відділення) встановлюються двигуни IP65, які повністю захищені від проникнення пилу та витримують струменеве миття.

У менш запилених приміщеннях (пультів, компресорні, насосні станції) допускається ступінь захисту IP54. Таке технічне рішення суттєво підвищує надійність роботи обладнання та зменшує ризик виходу двигунів з ладу через забруднення.

Допуск персоналу до роботи на електроустановках здійснюється виключно відповідно до вимог НПА ОП 40.1-1.07-01. Усі працівники, які обслуговують електрообладнання, розподіляються за **кваліфікаційними групами з електробезпеки**:

1. Група II - оперативно-виробничий персонал, який виконує прості роботи під наглядом;
2. Група III - персонал, який самостійно обслуговує електроустановки напругою до 1000 В;

Пі Д п и с і Д а т					
Ін в. № Д у б					
З а мі с ть і л					
Пі Д п и с і Д а т					
Ін в. № о р и г					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ Лист

Підпис і дата	
Інв. № Дуб	
Замість її	
Підпис і дата	
Інв. № Ориг	

Реалізація всього комплексу заходів з електробезпеки дозволить значно знизити ризик виробничого травматизму, пов'язаного з електричним струмом, забезпечити безперебійну та безпечну роботу всього електрообладнання та відповідати найвищим вимогам промислової безпеки. Дотримання цих рішень є обов'язковою умовою для успішної експлуатації цементного заводу.[22]

Колективні заходи управління охороною праці: система управління охороною праці (СУОП) відповідно до ДСТУ ОHSAS 18001:2010; щоквартальні обходи з аналізу стану охорони праці; щорічний аудит умов праці акредитованою лабораторією; журнал реєстрації інструктажів

4.3.1. Атмосферні викиди та їх очищення. Основні організовані джерела викидів: обертові печі - пил, CO_2 , NO_x , SO_2 ; клінкерні холодильники - пил; цементні та сировинні млини – пил.[24]

Підписи

И
В.
№
Д
У
Б

З
а
мі
ст
ь
ін

Підписи

Ин
В.
Но
О
р
иг

Підпис і дата	
Інв. № Дуб	
Замість ін	
Підпис і дата	
Інв. № Ориг	

Застосовуються низькоемісійні (low-NO_x) пальники з організацією ступеневого спалювання палива. Подача природного газу та вторинного повітря здійснюється поетапно, що створює зони з відновлювальним середовищем, де частина оксидів азоту відновлюється до молекулярного азоту. Крім того, передбачено вприскування вторинного повітря в різних

Лист

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

зонах печі. Завдяки цим заходам вдається знизити концентрацію NO_x у відхідних газах до рівня 500–700 мг/нм³ (у перерахунку на NO_2).

Для подальшого зниження викидів до рівня, що відповідає європейським вимогам Директиви IED 2010/75/EU (менше 200 мг/нм³), у проекті закладена можливість впровадження системи селективного некаталітичного відновлення (SNCR). Технологія передбачає вприскування водного розчину карбаміду або аміаку в зону печі з температурою 900–1100 °С. У цій температурній зоні відбувається хімічна реакція, внаслідок якої NO_x перетворюється на азот і воду. Ефективність SNCR може сягати 40–60 % додаткового зниження. Система є гнучкою, автоматизованою і може запускатися залежно від поточних технологічних параметрів.

Значну частку в загальному обсязі викидів становить діоксид вуглецю (CO_2). Питоме виділення CO_2 при виробництві клінкеру мокрим способом становить 0,85–0,90 т на тонну клінкеру. Приблизно 60 % цього обсягу утворюється внаслідок декарбонізації карбонату кальцію ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$), а 40 % - від спалювання палива. При річній продуктивності 1 млн т клінкеру загальний викид CO_2 становить близько 900 000 тонн на рік.

Для зменшення вуглецевого сліду виробництва в проекті передбачено низку заходів. По-перше, це максимальне використання альтернативних видів палива (RDF- паливо з відходів, біомаса, відпрацьовані мастила). Заміна до 30–40 % природного газу альтернативним паливом дозволяє суттєво знизити викиди вихідного CO_2 .

По-друге, збільшення частки мінеральних добавок у готовому цементі (шлак, зола, вапняк) до 15–35 % дає змогу зменшити кількість клінкеру в цементі, а отже, і обсяг CO_2 на тонну готової продукції.

Додатково розглядається можливість впровадження технологій часткової утилізації CO_2 у майбутньому (карбонізація мінеральних матеріалів або використання у виробництві синтетичного палива), хоча на даному етапі основний акцент зроблено на максимальному підвищенні енергоефективності та ресурсозбереженні.

Пі Д П С і Д а т						Лист
	Ін в. №					
	Д у б					
	З а мі ст ь					
Пі Д П С і Д а т						Лист
	Ін в. №					
	О р и г					
	Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Крім основних забруднюючих речовин, проект передбачає контроль і зниження викидів діоксиду сірки (SO₂), чадного газу (CO) та важких металів. Завдяки використанню природного газу як основного палива викиди SO₂ утримуються на низькому рівні. Усі джерела викидів обладнані системами безперервного моніторингу (CEMS), які фіксують концентрації пилу, NO_x, SO₂, CO, O₂, температуру та швидкість газового потоку в режимі реального часу. Дані автоматично передаються до державного реєстру.

Усі передбачені технічні рішення забезпечують дотримання гранично допустимих викидів відповідно до ДСТУ, Постанови Кабінету Міністрів України та європейських директив. Загальний рівень екологічної безпеки виробництва відповідає сучасним вимогам і дозволяє підприємству працювати в умовах посилення екологічного законодавства.

Таким чином, комплекс заходів з охорони атмосферного повітря, включаючи високоефективні електрофільтри, первинні та вторинні методи зниження NO_x, а також заходи зі зменшення викидів CO₂, забезпечує мінімальний техногенний вплив заводу на повітряний басейн регіону. Реалізація даних рішень не тільки знижує екологічні ризики, але й підвищує конкурентоспроможність підприємства за рахунок відповідності міжнародним екологічним стандартам.

4.3.2. Захист водних ресурсів

Важливим напрямком екологічної безпеки проекту є раціональне використання водних ресурсів та запобігання їх забрудненню. Цементне виробництво є досить водоємним, оскільки вода використовується для приготування сировинного шламу, охолодження обладнання, гідротранспорту, миття технологічного устаткування та побутових потреб. Для мінімізації негативного впливу на водні об'єкти завод спроектовано за замкнутою схемою оборотного водопостачання.

Уся технічна вода після використання надходить на локальні очисні споруди. Основними джерелами утворення стічних вод є: надлишкова вода з

Пі Д п и с і Д а т						
	Ін в. №					
	Д у б					
	З а мі ст ь					
Пі Д п и с і Д а т						
	Ін в. №					
	О р і г					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист

Підписи дає	
Інв. № Дуб	
Замість її	
Підписи дає	
Інв. № ориг	

економіки. У проекті передбачено комплекс заходів, що забезпечують утилізацію понад 95 % усіх утворюваних відходів.

Найбільшим за обсягом відходом є пил, що уловлюється електрофільтрами та рукавними фільтрами (орієнтовно 30–40 тис. тонн на рік). Близько 70 % цього пилу (так зване «пилеповернення») безпосередньо повертається в обортовий піч через систему пневмотранспорту. Це дозволяє не тільки зменшити кількість відходів, але й підвищити вихід клінкеру та знизити витрату сировини. Решта 30 % пилу (близько 9–12 тис. т/рік) додається до готового цементу як мінеральна добавка або реалізується стороннім споживачам як сировина для виробництва будівельних матеріалів (сухих сумішей, вапняних розчинів, блоків тощо).

Іншим значним відходом є бій вогнетривкої цегли після ремонтів печей і холодильників клінкеру (близько 500 тонн на рік). Цей матеріал не є токсичним і може бути ефективно перероблений. Передбачено його передачу спеціалізованим підприємствам для дроблення та використання як заповнювач у виробництві будівельних блоків, бетонних виробів та дорожнього щебеню.

Відпрацьовані мастильні матеріали (відпрацьоване мастило від редукторів, компресорів, підшипникових вузлів) збираються в спеціальні герметичні ємності та передаються ліцензованим підприємствам для регенерації або використання як альтернативне паливо.

Категорично заборонено скидання відпрацьованих мастил у ґрунт або каналізацію.

Крім того, на підприємстві утворюються такі види відходів:

1. Металобрухт (відпрацьовані деталі обладнання, арматура) - 100 % передається на металобазу для переплавки.
2. Відходи упаковки (паперові мішки, поліетиленова плівка) сортуються та передаються на переробку.
3. Побутові відходи - вивозяться на сучасний полігон ТПВ з подальшою можливістю рекультивації.

Пі Д п и с і Д а т	
Ін в. № Д у б	
З а мі ст ь	
Пі Д п и с і Д а т	
Ін в. № о р и г	
Зм.	Лист
№ докум.	Підпис
Дата	
4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	
Лист	

4. Шлам від очищення стічних вод - після зневоднення повертається у виробництво або використовується для виробництва вапна.

Для забезпечення ефективної роботи з відходами на заводі створюється спеціальна ділянка з сортування та тимчасового зберігання відходів, обладнана твердим покриттям, системою збирання дощових вод та огороженням. Ведеться строгий облік утворення, накопичення та утилізації відходів відповідно до вимог Закону України «Про відходи».

Реалізація передбачених заходів з утилізації відходів дозволяє мінімізувати обсяги захоронення, знизити техногенне навантаження на навколишнє середовище та отримати додатковий економічний ефект від реалізації вторинних матеріальних ресурсів.

4.4. Пожежна безпека

Пожежна безпека підприємства забезпечується відповідно до НАПБ А.01.001-2014, ДБН В.1.1-7:2016 та галузевих інструкцій.[9]

Таблиця 4.3 – Категорії виробничих приміщень за пожежовибухонебезпекою

Приміщення	Категорія	Клас зони (ПУЕ)	Обґрунтування
Газорозподільний пункт (ГРП)	А	В-1а	Природний газ, НКМЗ 5 %
Газопальниковий відсік печі	А	В-1а	Можливий витік газу в закр. просторі
Відділення помелу цементу	В	П-II	Горючий цементний пил > 65 г/м³
Сировинний млин (шлам)	Д	Нормальна	Негорючі матеріали у водному середовищі
Силоси цементу	Д	Нормальна	Негорючі матеріали
Пакувальне відділення	В	П-IIа	Паперова тара -горючий матеріал

Технічні системи протипожежного захисту. Автоматична пожежна сигналізація (АПС) встановлена у всіх виробничих будівлях; у запилених

Пі Д п и с і Д а т						Лист
	Ін В. № Д У Б					
З а мі с т ь ін.						
Пі Д п и с і Д а т						
Ін В. № О р и г						
	Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Підпис і дата	
Інв. № Дуб	
Замість її	
Підпис і дата	
Інв. № Ориг	

Автоматичні системи пожежогасіння. Для захисту особливо важливих приміщень з високою вартістю обладнання та критичними для управління виробництвом системами передбачено встановлення газового пожежогасіння на основі чистого газу NOVEC 1230 (додекафтор-2-метилпентан-3-он). Ця система застосовується у серверній кімнаті та всіх пультових кімнатах (центральний диспетчерський пункт, пульти управління печами, лабораторіях автоматики).

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Підпис і дата	
Інв. № Дуб	
Замість ін	
Підпис і дата	
Інв. № Ориг	

И В. № Д У Б	
-----------------------------	--

З а мі ст ь ін	
-------------------------------	--

Підписи

Лист

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Підпис і дата	
Інв. № Дуб	
Замість її	
Підпис і дата	
Інв. № Ориг	

3. позаплановий інструктаж - при зміні технологічного процесу, введенні нового обладнання або після пожежі.

Усі первинні засоби пожежогасіння підлягають щомісячній перевірці з відповідним записом у журналі. Раз на рік проводиться повне технічне обслуговування вогнегасників із перезарядженням.

Додатково на підприємстві розробляються та постійно актуалізуються плани локалізації та ліквідації аварійних ситуацій (ПЛАС), проводяться заняття з керівним складом та черговими змінами. Відповідальність за стан пожежної безпеки покладається на головного інженера та начальників цехів, а загальний контроль здійснює інженер з пожежної безпеки.

Реалізація всього комплексу передбачених заходів пожежної безпеки дозволить значно знизити ризик виникнення пожежі, забезпечити швидку ліквідацію загоряння на початковій стадії та мінімізувати можливі матеріальні втрати та наслідки для персоналу. Даний підхід повністю відповідає сучасним нормативним вимогам України та кращим практикам пожежного захисту промислових підприємств.

Пі Д п и с і Д а т								
Ін в. № Д у б								
З а мі ст ь ін.								
Пі Д п и с і Д а -								
Ін в. № о р иг								
								Лист
		Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі виконано комплексне проектування цементного заводу сухого способу виробництва з річною продуктивністю 1 млн т клінкеру. У ході роботи розроблено технологічну схему виробництва, виконано розрахунки сировинної суміші, матеріального балансу, підібрано основне технологічне обладнання, а також розглянуто питання технологічного контролю, охорони праці та охорони навколишнього середовища.

На підставі аналізу сучасних тенденцій розвитку цементної промисловості обрано сухий спосіб виробництва, який характеризується високою енергоефективністю, низькими питомими витратами палива та можливістю широкого використання автоматизованих систем керування технологічними процесами.

Асортимент продукції підприємства представлений двома видами цементу: портландцементом ПЦ І/А–500 та шлакопортландцементом ШПЦ ІІ/Б–400. Виробництво зазначених цементів відповідає вимогам ДСТУ EN 197-1:2015 та забезпечує потреби будівельної галузі у високоміцних і спеціальних цементах для різних умов експлуатації.

Проведено аналіз фізико-хімічних властивостей сировинних матеріалів. Основним карбонатним компонентом сировинної суміші прийнято вапняк, глинистим компонентом – глину, а як коригувальну залізовмісну добавку використано піритні недогарки.

Виконано розрахунок хімічного та мінералогічного складу клінкеру. Отриманий клінкер характеризується раціональним співвідношенням основних мінералів, що забезпечує необхідні показники міцності, рівномірності тужавлення та довговічності цементів ПЦ І/А–500 і ШПЦ ІІ/Б–400.

Складено матеріальний баланс виробництва, визначено питомі витрати сировинних матеріалів, палива та електроенергії. Проведені розрахунки

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Лист

Підписи

И
В.
№
Д
У
Б

З
а
мі
ст
ь
ін

Підписи

И
В.
№
О
р
иг

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

підтвердили можливість стабільної роботи підприємства при досягненні запроєктованої продуктивності та забезпеченні необхідних показників якості продукції.

Для підготовки сировинної суміші підібрано кульові сировинні млини розміром 4,2×10 м, які забезпечують необхідну тонкість помелу та однорідність сировинного борошна. У складі технологічної лінії передбачено дробильне, транспортне, дозувальне та пиловловлювальне обладнання, що забезпечує безперервність виробничого процесу.

Особливу увагу приділено процесу випалу клінкеру в обертових печах Ø5×185 м. Обрані параметри роботи печей забезпечують повне протікання процесів декарбонізації та клінкероутворення, отримання якісного клінкеру і раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів.

Розроблено систему технологічного контролю виробництва, яка охоплює всі стадії технологічного процесу – від контролю якості сировини до випробувань готового цементу. Передбачені заходи забезпечують стабільність хімічного складу сировинної суміші та відповідність продукції вимогам нормативної документації.

Виконано техніко-економічне обґрунтування проєкту, яке підтвердило доцільність будівництва підприємства та його конкурентоспроможність в умовах сучасного ринку будівельних матеріалів.

Розроблено комплекс заходів з охорони праці та навколишнього середовища. Передбачено використання сучасних аспіраційних систем, електрофільтрів і рукавних фільтрів високої ефективності, що дозволяють мінімізувати викиди пилу в атмосферу та забезпечити безпечні умови праці персоналу.

Таким чином, у результаті виконаного дипломного проєкту розроблено технічно обґрунтований, економічно ефективний та екологічно безпечний цементний завод сухого способу виробництва, який забезпечує випуск цементів ПЦ І/А–500 та ШПЦ ІІІ/Б–400 відповідно до вимог чинних стандартів і потреб будівельної галузі.

Пі Д п и с і Д а т						Лист
	Ін в. №					
	Д у б					
	З а мі ст ь і л					
Пі Д п и с і Д а т						Лист
	Ін в. №					
О р иг						Лист
	Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ EN 197-1:2015. Цемент. Частина 1. Склад, вимоги та критерії відповідності для загальнобудівельних цементів. — К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. — 27 с.
2. ДСТУ EN 196-1:2016. Методи випробування цементу. Частина 1. Визначення міцності. — К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. — 40 с.
3. ДСТУ EN 196-2:2016. Методи випробування цементу. Частина 2. Хімічний аналіз. — К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016.
4. ДСТУ EN 196-3:2016. Методи випробування цементу. Частина 3. Визначення часу тужавіння та рівномірності зміни об'єму. — К., 2016.
5. ДСТУ EN 196-6:2016. Методи випробування цементу. Частина 6. Визначення тонкості помелу. — К., 2016.
6. НПАОП 40.1-1.07-01. Правила експлуатації електрозахисних засобів. — К.: Держнаглядохоронпраці, 2001.
7. ДСТУ Б В.2.7-60:2008. Будівельні матеріали. Глини монтморилонітові та каолінітові. Технічні умови. — К.: Мінбуд, 2008.
8. ДСТУ Б В.2.7-139:2007. Цемент гіпсовий. Технічні умови. — К.: Мінбуд, 2007.
9. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. — К.: Мінрегіон, 2017.
10. Колбасов В.М., Леонтьев Л.І. Технологія в'язучих речовин. — К.: Вища школа, 1990. — 447 с.
11. Лугінін О.Є. Технологія виробництва портландцементу: навч. посіб. — Харків: НТУ «ХПІ», 2018. — 198 с.
12. НПАОП 0.00-1.20-98. Правила безпеки систем газопостачання України. — К.: Держгіртехнагляд, 1998.
13. Волженський А.В. Мінеральні в'язучі речовини. — 4-е вид. — М.: Стройиздат, 1986. — 464 с.

Пі
д
п
и
с
і
д
а
т

Ін
в.
№
д
у
б

З
а
мі
ст
ь
ін.

Пі
д
п
и
с
і
д
а
т

Ін
в.
№
о
р
иг

4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ

Лист

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

14. Строков В.Л. Виробництво цементу. — К.: Будівельник, 2005. — 312 с.
15. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої вібрації. — К.: МОЗ, 1999.
16. Пащенко А.А., Сербін В.П. В'яжучі матеріали. — К.: Вища школа, 1995. — 416 с.
17. Сулименко Л.М. Загальна технологія силікатів. — М.: Вища школа, 2004. — 336 с.
19. Taylor H.F.W. Cement Chemistry. — 2nd Ed. — Thomas Telford Ltd., 1997. — 459 p.
20. Cement Plant Operations Handbook / International Cement Review. — 7th Ed. — Tradeship Publ., 2019. — 459 p.
21. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU. — Official Journal of the European Union, 2010.
22. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII (зі змінами). — ВР України, 2002.
23. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. — К.: МВС України, 2014. — 127 с.
24. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. — К.: МОЗ, 1999.
25. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. — К.: МОЗ, 1999.

Пі Д п и с і Д а т													
Ін в. № Д у б													
З а мі ст ь і н													
Пі Д п и с і Д а т													
Ін в. № о р и г													
<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td rowspan="2">4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ</td> <td rowspan="2">Лист</td> </tr> <tr> <td>Зм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Підпис</td> <td>Дата</td> </tr> </table>							4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист	Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист							
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата									

Інв. № оригін.	Підпис і дата	Замість інв№	Інв.№ дубл.	Підпис і дата	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування				Кільк.	Примітки					
											1			Вапняковий кар'єр із механізованим видобутком				1	
											2			Думпкар				1	
											3			Пластинчастий конвеєр				1	
											4			Млин «Гідрофол»				1	
											5			Болтушка				1	
											6			Щокова дробарка				1	
											7			Шламовий насос				7	
											8			Кар'єр глини з механізованим видобутком				1	
											9			Вертикальний шламбасейн				7	
											10			Сировинний млин				2	
											11			Горизонтальний шламбасейн				1	
											12			Шламовий живильник				1	
											13			Обертова піч				1	
											14			Завантаження пилу				1	
											15			Електрофільтр				2	
											16			Димосос				1	
											17			Пневмонасос				1	
											18			Холодильник колосниковий				1	
											19			Склад клінкеру та добавок				1	
											20			Транспортер				1	
											21			Сушильний барабан				1	
											22			Скіповий підйомник				1	
											23			Цементний млин				1	
											24			Силос цементний				1	
						25			Пакувальна машина				1						
						26			Залізничний вагон				2						
										4ТС53.026.161.001.ДП									
					Зм.	Лист	N докум.	Підпис	Дата										
										Технологічна схема									
										Літера		Лист		Листів					
										Д П		1		1					
										ННІ УДХТУ УДУНТ ХТКС та БМ 4-ТС-53									

[illegible]