

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій
Факультет харчових та хімічних технологій
Кафедра хімічних технологій кераміки, скла та біомедичних матеріалів

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

бакалавр

на тему: «Проект цеху помелу цементного заводу по виробництву ПЦ І-500Р,
ПЦ ІІ/Б-400 та ШПЦ ІІІ/А-400 з трубними млинами $\varnothing 4,0 \times 13,5$ м»

за освітньою програмою Хімічні технології та інженерія

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія

Виконав студент групи 4-ТС-53: _____ /Данило КУДЛАЧ/

Керівник: _____ /Олексій СІГУНОВ/

Нормоконтролер: _____ /Олексій СІГУНОВ/

Консультанти:

_____ / _____ /
_____ / _____ /
_____ / _____ /
_____ / _____ /
_____ / _____ /

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

Студент: _____

Дніпро – 2026

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

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies
Faculty of Food and Chemical Technologies
Department of Chemical Technologies of Ceramics, Glass, and Biomedical
Materials

Explanatory Note
to Bachelor's Thesis

on the topic: «Design of a grinding shop for a cement plant producing PC I-500R, PC II/B-400, and SPC III/A-400 cement, equipped with tubular mills measuring $\square$ $\varnothing 4.0 \times 13.5$ m»

according to educational curriculum «Chemical Technology and Engineering»
in the Speciality: 163 Chemical Technology and Engineering

Done by the student 4-TC-53 of the group: /Danylo KUDLACH/

Scientific Supervisor: /Oleksii SIHUNOV/

Normative controller: / Oleksii SIHUNOV /

Supervisors Consultants:

_____	_____ /
_____	_____ /
_____	_____ /
_____	_____ /

Dnipro – 2026

					4TC53.026.161.001, ДП.ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Український державний університет науки і технологій
(повне найменування вищого навчального закладу)
Навчально-науковий інститут
«Український державний хіміко-технологічний університет»
(назва навчально-наукового інституту)

Факультет, відділення Х та ХТ, денне
Кафедра Хімічної технології кераміки, скла та біомедичних матеріалів
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Галузь знань 16 Хімічна інженерія та біоінженерія
(шифр і назва)
Спеціальність (спрямування) 161 Хімічні технології та інженерія
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ХТКС та БМ Зайчук О.В.

“ ” 20 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

КУДЛАЧУ Данилі Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проект цеху помелу цементного заводу по виробництву ПЦ І-500Р, ПЦ ІІ/Б-400 та ШПЦ ІІІ/А-400 з трубними млинами Ø 4,0×13,5 м

керівник проекту (роботи) Сігунов Олексій Олександрович, к.т.н., доцент каф. ХТКС та БМ,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “02” березня 2026р. №77-к

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) вапняк Коноплянського родовища та глина Обознівського родовища вторинних каолінів Кіровоградської області, доменний гранульований шлак та колошниковий пил з гірничо-металургійного комбінату “АрселорМіттал Кривий Ріг” (Дніпропетровська обл.); коефіцієнт насичення $KH=0,92$; силікатний модуль $n=2,8$; алюмінатний модуль $p=1,7$.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) ВСТУП. 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА. 1.1 Характеристика сировинних матеріалів. 1.2 Асортимент продукції, вимоги стандартів. 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА. 2.1 Вибір і обґрунтування способу виробництва і технологічної схеми 2.2 Розрахунок сировинної суміші та питомих норм витрати сировинних матеріалів. 2.3 Розрахунок потужності заводу та матеріального балансу виробництва. 2.4 Технологічний контроль виробництва. 3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА. 3.1 Опис цеху помелу цементного заводу 3.2 Конструкція та принцип дії трубного млина і Ø4,0×13,5 м 4 ОХОРОНА ПРАЦІ. 4.1 Характеристика негативних та шкідливих факторів при виробництві цементу. 4.2 Техніка безпеки у відділенні помелу цементного заводу. Висновки. Список використаної літератури . Додаток.

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

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

1. Технологічна схема виробництва 2. Трубний кульовий млин $\varnothing 4,0 \times 13,5$ м

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Загальна частина	Сігунов О.О. к.т.н., доцент		
Технологічна частина	Сігунов О.О. к.т.н., доцент		
Спеціальна частина	Сігунов О.О. к.т.н., доцент		
Охорона праці	Сігунов О.О. к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Загальна частина	15.04.2026	
2	Технологічна частина	29.04.2026	
3	Спеціальна частина	13.05.2026	
4	Охорона праці	20.05.2026	
5	Оформлення пояснювальної записки і виконання графічної частини	03.06.2026	
6	Здача готової дипломної роботи	10.06.2026	

Студент

_____ Кудlach Д.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ Сігунов О.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Відомість дипломного проекту

Інв. № оригін.	Підпис і дата	Замість інв№	Інв.№ дубл.	Підпис і дата

ІНВ. № оригін.

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка: с. , рис.10, табл.16,
38 літературних джерел.

Проектом передбачається створення технічної документації для проектування цеху помелу цементного заводу з використанням самого новітнього устаткування, дешевих джерел сировини, використання засобів механізації, автоматизації й електронно-обчислювальної техніки.

У загальній частині наведений асортимент продукції і вимоги стандарту, обрані й обґрунтовані: засіб і технологічна схема виробництва; розрахована сировинна суміш (із застосуванням програмних додатків) і матеріальний баланс виробництва.

У спеціальній частині описано цех помелу цементу з млином $\varnothing 4,0 \times 13,5$ м, представлена конструкція млина.

У проекті розроблено ряд заходів щодо охорони праці, що дозволить зробити цементне виробництво більш нешкідливим для населення та робітників заводу.

Графічна частина містить у собі: технологічну схему, трубний кульовий млин $\varnothing 4,0 \times 13,5$ м.

ЦЕМЕНТ, ТРУБНИЙ КУЛЬОВИЙ МЛИН, ДОМЕННИЙ
ГРАНУЛЬОВАНИЙ ШЛАК, ВАПНЯК, АСОРТИМЕНТ МОЛОЛЬНОГО
ЗАВАНТАЖЕННЯ, ПОМЕЛ

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

ЗМІСТ

ВСТУП	5
61 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1 Характеристика сировинних матеріалів	8
1.2 Асортимент продукції, вимоги стандартів	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	21
2.1 Вибір і обґрунтування способу виробництва і технологічної схеми	21
2.1.1 Обґрунтування способу виробництва	21
2.1.2 Описання технологічної схеми виробництва цементу сухим способом.	24
2.2 Розрахунок сировинної суміші та питомих норм витрати сировинних матеріалів	30
2.3 Розрахунок матеріального балансу виробництва	36
2.4 Вибір і розрахунок основного технологічного обладнання	45
2.5 Технологічний контроль виробництва	49
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	54
3.1 Опис цементного відділення та основного устаткування	54
3.2 Конструкція та принцип дії сировинного млина $\square 4,0 \times 13,5$ м	57
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	78
4.1 Характеристика негативних та шкідливих факторів при виробництві цементу	78
4.2 Техніка безпеки у сировинному відділенні цементного заводу	79
ВИСНОВКИ	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	83

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

ВСТУП

Портландцемент є основним гідравлічним в'язучим матеріалом, який займає провідне місце у сучасному будівництві завдяки високим експлуатаційним характеристикам, широкій доступності сировинної бази та універсальності застосування. Його використовують під час зведення житлових, промислових, транспортних, гідротехнічних та інших інженерних споруд. Постійне зростання потреб будівельної галузі обумовлює необхідність удосконалення технологій виробництва портландцементу, спрямованих на підвищення якості продукції, раціональне використання природних ресурсів та зменшення енерговитрат.

Технологічний процес виробництва портландцементу включає низку взаємопов'язаних стадій, серед яких підготовка сировинних матеріалів, випалювання клінкеру, його подрібнення та отримання готового цементу. Основними компонентами сировинної суміші є карбонатні та глинисті породи, які після відповідної підготовки дозуються та змішуються у визначених співвідношеннях. Подальша термічна обробка сировинної шихти в обертовій печі при температурах до 1450 °C забезпечує формування клінкеру – основного напівпродукту цементного виробництва.

Залежно від способу підготовки сировинної суміші розрізняють мокрий, сухий та комбінований методи виробництва портландцементу. В умовах сучасних вимог до енергоощадності та зниження негативного впливу на навколишнє середовище найбільшого поширення набуває сухий спосіб, який характеризується меншими витратами палива та нижчим рівнем викидів вуглекислого газу. Водночас вибір технологічної схеми визначається особливостями сировини, виробничими умовами та економічними чинниками.

Важливим завданням цементного виробництва є забезпечення стабільного мінералогічного складу клінкеру. Формування необхідної кількості аліту, беліту, алюмінатної та феритної фаз безпосередньо впливає

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

на фізико-механічні властивості цементу, його міцність, швидкість тужавіння, довговічність та стійкість до дії агресивних середовищ.

Не менш важливим етапом є помел клінкеру з регулятором строків тужавіння – гіпсом. Ступінь подрібнення визначає питому поверхню цементу та його гідратаційну активність. Для надання спеціальних властивостей до складу цементу можуть вводитися мінеральні добавки, які дозволяють регулювати технологічні та експлуатаційні характеристики готової продукції.

Оскільки виробництво портландцементу належить до енергоємних галузей промисловості, особливої актуальності набувають заходи щодо підвищення енергоефективності технологічних процесів. До таких заходів належать використання альтернативних видів палива, утилізація вторинних енергетичних ресурсів, модернізація технологічного обладнання та впровадження сучасних систем автоматизованого керування виробництвом. Водночас значна увага приділяється екологічним аспектам діяльності цементних підприємств, зокрема скороченню викидів пилу та парникових газів, а також удосконаленню систем очищення технологічних газів [1].

Сучасний розвиток цементної промисловості характеризується активним впровадженням цифрових технологій, засобів автоматизації та інтелектуальних систем контролю виробничих процесів. Перспективним напрямом є створення цементів зі зниженим вмістом клінкерної складової, що сприяє скороченню вуглецевого сліду виробництва та відповідає концепції сталого розвитку будівельної індустрії.

Отже, технологія виробництва портландцементу являє собою складний комплекс фізико-хімічних і технологічних процесів, ефективність яких визначає якість кінцевої продукції та економічні показники виробництва. У даній дипломній роботі розглянуто основні стадії виготовлення портландцементу, проаналізовано чинники, що впливають на властивості цементу, а також досліджено сучасні напрями вдосконалення технології з урахуванням вимог енергоефективності, ресурсозбереження та екологічної безпеки.

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

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика сировинних матеріалів

Цемент належить до групи гідралічних в'язучих матеріалів і являє собою тонкодисперсний порошок, який після змішування з водою або водними розчинами утворює пластичну масу, здатну з часом тверднути та набувати високої міцності. На відміну від повітряних в'язучих матеріалів, цемент зберігає здатність до твердіння і нарощування міцності не лише в повітряному, а й у вологому середовищі. У процесі гідратації відбуваються складні фізико-хімічні перетворення, внаслідок яких пластична цементна маса поступово переходить у каменеподібний стан. За наявності спеціальних розширювальних добавок або в результаті взаємодії окремих компонентів цементної системи на певних стадіях твердіння можливе контрольоване розширення матеріалу, яке припиняється після завершення відповідних реакцій або внаслідок формування твердої структури. Основним призначенням цементу є забезпечення необхідних показників міцності бетонів та будівельних розчинів [2].

Для виробництва портландцементу використовують переважно карбонатні та глинисті сировинні матеріали. До карбонатної сировини належать вапняки, крейда, мергелі та інші породи, що містять значну кількість карбонату кальцію. Вапнякові породи зазвичай містять певну кількість глинистих домішок, тоді як глинисті матеріали можуть включати карбонатні компоненти. Особливе місце серед сировинних матеріалів займають мергелі, які є природною сумішшю карбонатної та глинистої речовини в різних співвідношеннях і розглядаються як перехідні породи між вапняками та глинами [3].

Основними видами карбонатної сировини для цементної промисловості є вапняк і крейда, хоча залежно від місцевих умов можуть

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

використовуватися також вапняний туф, черепашник, мергелистий вапняк та інші різновиди карбонатних порід. Окрім карбонату кальцію, вони містять домішки оксидів магнію, кварцу, гіпсу та інших мінералів. Вміст оксиду магнію та кремнезему повинен бути обмеженим, оскільки їх надлишок може негативно впливати на властивості готового цементу. Наявність кварцових включень не погіршує якість продукції, проте ускладнює процес подрібнення сировини. Важливе значення мають також фізико-механічні характеристики карбонатних порід, насамперед твердість, яка визначає вибір дробильного та помольного обладнання.

Глинисті породи є другим основним компонентом цементної сировинної суміші. У виробництві портландцементу використовуються різні види глин, зокрема звичайні глини, суглинки та глинисті сланці. Вони є джерелом кремнезему, оксиду алюмінію та оксиду заліза, необхідних для формування мінералогічного складу цементного клінкеру. Крім того, глинисті компоненти впливають на пластичність сировинної суміші та особливості перебігу фізико-хімічних процесів під час випалу.

Якість глинистої сировини визначається її хімічним, мінералогічним та гранулометричним складом. Допустимий вміст оксиду магнію, сульфатів, лужних оксидів та інших домішок регламентується вимогами до якості портландцементу. Наявність значної кількості кварцових зерен, кременю або крупнозернистих включень ускладнює процес підготовки сировини та може потребувати її попереднього збагачення. Мінералогічний склад глин представлений переважно водними алюмосилікатами та кварцом, а хімічний склад характеризується високим вмістом SiO_2 , а також наявністю Al_2O_3 і Fe_2O_3 у кількостях, необхідних для утворення клінкерних мінералів.

Важливою складовою цементного виробництва є гіпсовий камінь, який належить до осадових мінералів класу сульфатів і являє собою дигідрат сульфату кальцію складу $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Залежно від наявності домішок його забарвлення може змінюватися від білого та сірого до жовтуватого, рожевого

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

або бурого. Гіпсовий камінь характеризується досконалою спайністю та характерним волокнистим зломом.

У технології виробництва цементу гіпс вводять під час помелу клінкеру в кількості, як правило, 3-5 % від маси цементу. Основним його призначенням є регулювання строків тужавіння цементного тіста шляхом сповільнення реакцій гідратації алюмінатних фаз клінкеру. У виробництві шлакопортландцементу гіпс додатково виконує функцію активатора твердіння гранульованого доменного шлаку, забезпечуючи формування необхідних властивостей цементного каменю та стабільний розвиток міцності матеріалу.

Карбонатні породи є основною сировиною для виробництва портландцементу завдяки їх значному поширенню в природі та високому вмісту карбонату кальцію. До найбільш поширених видів карбонатної сировини належать вапняк, крейда, вапняк-черепашник, мармур, вапняний туф, мергелі та інші породи, основним компонентом яких є карбонат кальцію (CaCO_3).

Вапняки являють собою осадові породи, складені переважно кристалами кальциту різного ступеня дисперсності. Крейда характеризується пухкою структурою та високою пористістю, що полегшує її подрібнення і термічну обробку. Якість карбонатної сировини визначається її хімічним складом, структурними особливостями, вмістом домішок та рівномірністю їх розподілу. Для цементного виробництва найбільш придатними є породи з вмістом CaO у межах 40-43,5 % та MgO не більше 3,2-3,7 %. Бажано, щоб сумарний вміст лужних оксидів Na_2O і K_2O не перевищував 1 %, а вміст SO_3 знаходився в межах 1,5-1,7 %. Найбільш цінною вважається карбонатна сировина з однорідною дрібнокристалічною структурою та стабільним хімічним складом.

Позитивний вплив на процес клінкероутворення можуть чинити тонкодисперсні домішки глинистих мінералів і аморфного кремнезему,

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

рівномірно розподілені в масі карбонатної породи. Особливу групу карбонатної сировини становлять мергелі — природні осадові породи, які займають проміжне положення між вапняками та глинами. Вони являють собою тонкодисперсну суміш карбонату кальцію та глинистої речовини. Залежно від співвідношення цих компонентів мергелі поділяють на вапняні, глинисті та піщані [4].

Мергелі є особливо цінною сировиною для цементної промисловості, оскільки характеризуються високим ступенем природної однорідності. У випадку, коли співвідношення карбонатної та глинистої складових відповідає вимогам до сировинної суміші для виробництва портландцементу, такі мергелі називають цементними або натуральними. Їх використання дозволяє спростити технологічний процес шляхом виключення стадії попереднього змішування компонентів та знизити виробничі витрати. Проте родовища натуральних мергелів зустрічаються досить рідко, тому на практиці часто здійснюють коригування їх складу шляхом додавання глин або інших карбонатних матеріалів.

Вапняк є основним джерелом оксиду кальцію, який забезпечує формування клінкерних мінералів. Його якість істотно впливає на характеристики готового цементу. Чим вищий вміст CaO та нижчий вміст MgO , кремнезему й інших небажаних домішок, тим кращими є технологічні властивості сировини. У складі цементу кількість вапняку як мінеральної добавки зазвичай обмежується 15–16 %. Основна його функція полягає в оптимізації гранулометричного складу цементу, ущільненні структури цементного каменю та зменшенні його пористості. Це сприяє підвищенню ранньої міцності, покращенню водоутримувальної здатності цементного тіста та підвищенню однорідності бетонних і розчинних сумішей. Крім того, введення вапняку позитивно впливає на пластичність і технологічність бетонів, забезпечуючи покращення якості поверхні готових виробів.

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

Важливим компонентом сучасних цементних композицій є гранульований доменний шлак. Він утворюється внаслідок швидкого охолодження розплавлених шлаків, що утворюються під час виплавки чавуну в доменних печах. Завдяки швидкому охолодженню значна частина речовини переходить у склоподібний стан, що забезпечує наявність прихованих гідравлічних властивостей. При відповідній активації доменний шлак здатний брати участь у процесах твердіння цементних систем.

За хімічним складом гранульований доменний шлак повинен містити не менше двох третин суми оксидів кальцію, магнію та кремнію. Решта складу представлена переважно оксидом алюмінію та незначною кількістю інших компонентів. Важливою характеристикою є модуль основності, який визначається відношенням $(\text{CaO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2$ і повинен перевищувати одиницю. Завдяки своїм властивостям гранульований шлак широко використовується як активна мінеральна добавка та як компонент сировинної суміші для виробництва цементного клінкеру.

Для забезпечення необхідного хімічного складу сировинної шихти застосовують коригувальні добавки. Їх використання дає змогу регулювати значення силікатного, глиноземного та залізного модулів. Як залізовмісні коригувальні матеріали використовують піритні огарки, колошниковий пил та залізні руди. Джерелами кремнезему можуть бути кварцові піски, трепел, опока та вулканічні туфи, а для підвищення вмісту оксиду алюмінію застосовують боксити та високоглиноземисті глини.

У сучасній цементній промисловості значна увага приділяється використанню техногенних відходів як компонентів сировинної суміші. До таких матеріалів належать гранульований доменний шлак, нефеліновий (белітовий) шлак, колошниковий пил та інші побічні продукти металургійного й хімічного виробництв. Їх застосування дозволяє скоротити споживання природної сировини, підвищити продуктивність печей та

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

зменшити витрати палива завдяки тому, що частина мінеральних компонентів уже пройшла попередню термічну обробку.

Нефеліновий шлам є відходом комплексної переробки апатито-нефелінових руд при виробництві глинозему. Основною його складовою є двокальцієвий силікат, який входить до складу клінкеру та має гідралічні властивості. Використання нефелінового шламу в цементному виробництві дозволяє підвищити продуктивність випалювальних агрегатів, знизити питомі витрати палива, електроенергії та мелючих тіл. Разом з тим надмірний вміст лужних сполук у його складі може негативно впливати на якість цементу.

Однією з поширених залізовмісних коригувальних добавок є колошниковий пил – дрібнодисперсний матеріал, який виноситься доменними газами з верхньої частини доменної печі та вловлюється системами сухого очищення. Він складається переважно з частинок залізної руди, флюсів та незгорілого палива. Вміст заліза у колошниковому пилу може становити від 47 до 73 %, що робить його ефективним компонентом для коригування складу цементної шихти. Використання цієї добавки сприяє прискоренню процесів клінкероутворення, покращенню властивостей цементу та підвищенню довговічності бетонів. Хімічний склад колошникового пилу залежить від складу доменної шихти та умов ведення металургійного процесу, тому може змінюватися в широких межах.

1.2 Асортимент продукції, вимоги стандартів

Цемент повинен виготовлятися у відповідності з вимогами стандарту [1] за технологічним регламентом, що затверджений підприємством-виготовлювачем.

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

Тип та склад цементів приведений у табл. 1.1.

При виробництві цементів використовують портландцементний клінкер, хімічний склад якого відповідає технологічному регламенту. Масова доля оксиду магнію (MgO) в клінкері не повинна перевищувати 5%.

Таблиця 1.1 – Тип і склад цементів

Вид, марка цементу	Склад цементу, мас. %		
	кл інкер	ш лак	гі псовий камінь
ПЦ I – 500 ДСТУ БВ.2.7-46-2010	95	-	5
ПЦ II/Б -III-400 ДСТУ БВ.2.7-46-2010	70	25	5
ШПЦ III/A – 400 ДСТУ БВ.2.7-46-2010	50	45	5

Класифікацію цементів подано за такими ознаками:

1) За речовинним складом (без урахування добавок, що містять кальцій сульфат) цементи поділяють на п'ять типів (табл. 1.5):

Тип I - портландцемент;

Тип II - портландцемент з мінеральними добавками від 6 % до 35 %;

Тип III - шлакопортландцемент (від 36 % до 95 % гранульованого доменного шлаку);

Тип IV - пуцолановий цемент (від 21 % до 55 % мінеральних добавок);

Тип V - композиційний цемент (від 36 % до 80 % мінеральних добавок).

Цементи типів II, IV, V поділяють за вмістом компонентів на підтипи А і Б, а типу III - на підтипи А, Б і В (табл. 1.5).

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

2) За стандартною міцністю цементу поділяють на марки 300, 400 і 500.

3) За ранньою міцністю цементу марок 400 і 500 поділяють на два види:

- цемент із звичайною ранньою міцністю (без позначки);
- цемент з високою ранньою міцністю (швидкотверднучий),

позначений Р .

4) Для ідентифікації цементів їх позначки повинні включати:

- найменування цементу, позначку даного стандарту і позначку цементу згідно з пунктом 1 і табл. 1.5 (стовпчик 3 - умовна позначка);

- марку цементу згідно з пунктом 2;

- позначку Р за наявності високої ранньої міцності цементу згідно з пунктом 3;

- за наявності в складі цементу пластифікуючих ПЛ або гідрофобізуючих ГФ добавок, відповідно позначку ПЛ, ГФ;

- позначку Н для цементу на основі клінкеру нормованого складу.

5) Приклади позначок цементу

5.1 Портландцемент марки 400, з високою ранньою міцністю на основі клінкеру нормованого складу позначають так:

"Портландцемент ДСТУ Б В.2.7-46:2010 ПЦІ-400Р-Н ".

5.2 Портландцемент з гранульованим доменним шлаком Ш від 6 % до 20 %, марки 400, з високою ранньою міцністю, пластифікований позначають:

"Портландцемент з шлаком ДСТУ Б В.2.7-46:2010 ПЦ П/А-Ш-400Р-ПЛ".

5.3 Портландцемент композиційний, наприклад:

а) з гранульованим доменним шлаком Ш та вапняком В від 6 % до 20%, марки 400 позначають так:

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

"Портландцемент композиційний ДСТУ Б В. 2.7-46:2010 ПЦ П/А-К(Ш-В)-400";

б) з гранульованим доменним шлаком Ш і золою-виношення 3 від 21 % до 35 %, марки 400 позначають:

"Портландцемент композиційний ДСТУ Б В. 2.7-46:2010 ПЦ П/Б-К(Ш-З)-400".

5.4 Шлакопортландцемент з гранульованим доменним шлаком від 36 % до 65 %, марки 400 позначають:

"Шлакопортландцемент ДСТУ Б В. 2.7-46:2010 ШПЦШ/А-400".

Цементи загальнобудівельного призначення повинні виготовлятися в процесі сумісного помелу компонентів відповідно до вимог цього стандарту і технологічного регламенту виробництва.

Для виробництва цементів використовують основні і додаткові компоненти, кальцій сульфат, а також добавки, що застосовують для регулювання окремих будівельно-технічних властивостей цементу або для поліпшення процесу його помелу і/або транспортування.

Основні компоненти

1. Портландцементний клінкер

Портландцементний клінкер К виготовляють шляхом спікання суміші сировинних матеріалів заданого складу. Хімічний і мінералогічний склад портландцементного клінкеру повинні відповідати вимогам технологічного

регламенту виробництва. Сумарна масова частка трикальцієвого і двокальцієвого силікатів повинна становити не менше, ніж дві третини від маси портландцементного клінкеру, решту становлять клінкерні фази, які містять алюміній, ферум та інші сполуки. Співвідношення за масою кальцій оксиду до силіцій діоксиду повинно становити не менше ніж 2,0, а масова частка магній оксиду не повинна перевищувати 5 %. Дозволяється вміст магній оксиду в портландцементном клінкері до 6,0 % за умови позитивних

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

результатів випробувань цементу із цього портландцементного клінкеру на рівномірність зміни об'єму в автоклаві за ДСТУ Б В.2.7-185.

2. Гранульований доменний шлак

Гранульований доменний шлак III отримують швидким охолодженням алюмосилікатного розплаву, який утворюється при плавленні залізної руди в доменній печі, містить не менше половини за масою склоподібної фази і має гідравлічну активність.

Гранульований доменний шлак за хімічним складом повинен містити в сумі за масою не менше ніж дві третини кальцій оксиду CaO , магній оксиду MgO та силіцій діоксиду SiO_2 . Решту складає алюміній оксид Al_2O_3 та невелика кількість інших сполук.

При цьому співвідношення за масою суми $(\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3)$ до SiO_2 повинно становити не менше ніж 1,2.

3. Вапняк

Вапняк В за своїми характеристиками повинен відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-128.

Додаткові компоненти

Додаткові компоненти це:

- добавки мінеральних матеріалів, які визначені в основних компонентах, якщо вони не входять до складу цементу як основні компоненти;
- мінеральні матеріали згідно з ДСТУ Б В.2.7-128;
- мінеральні матеріали, які отримані в процесі виробництва портландцементного клінкеру.

Додаткові компоненти можуть бути інертними або мати латентні гідравлічні або пуцоланічні

властивості. Вони не повинні суттєво підвищувати водопотребу цементу, погіршувати стійкість бетону або будівельного розчину, чи зменшувати корозієстійкість арматури в бетоні.

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

Кальцій сульфат

Добавки, що містять кальцій сульфат, додають при виготовленні цементу для регулювання процесу його тужавлення.

В якості регулятора тужавлення застосовують камінь і щебінь гіпсові і гіпсоангідритові згідно з ДСТУ Б В.2.7-104, а також фосфогіпс, фторогіпс, борогіпс та інші матеріали, що містять кальцій сульфат, за відповідною нормативною документацією.

Добавки

Добавки, що додають для удосконалення виробництва або властивостей цементу, і які не охоплені у основних компонентах, додаткових компонентах та кальцій сульфат.

Загальний вміст добавок у цементі не повинен перевищувати 1 % за масою (за винятком пігментів та добавок-дехроматорів). Вміст органічних добавок у цементі в розрахунку на суху речовину не повинен перевищувати 0,5 % за масою.

Ці добавки не повинні посилювати корозію бетону або погіршувати властивості цементу або бетону чи будівельного розчину, що повинно бути підтверджено випробуваннями за відповідними нормативними документами.

Вимоги до цементів

Склад та позначки цементів, вміст у них компонентів повинні відповідати значенням, що наведені в табл. 1.5.

Вимоги до міцності цементів на стиск (стандартної та ранньої) наведено в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Вимоги до міцності цементів

Марка цементу (з позначками)	Міцність на стиск, МПа, не менше, через		
	2 доби	7 діб	28 діб
400	—	20,0	40,0
500	15	-	50,0

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

Виробник повинен визначати групу за ефективністю пропарювання цементу рівномірно по мірі відвантаження, але не менше ніж у 20 % партій, що відвантажені за квартал.

Цементи повинні витримувати випробування на рівномірність зміни об'єму кип'ятінням у воді зразків цементного тіста, а при вмісті MgO в портландцементному клінкері більше ніж 5,0 % за масою (до 6,0 %) - випробування в автоклаві.

При визначенні рівномірності зміни об'єму згідно з ДСТУ EN 196-3 розширення цементів не повинно перевищувати 10 мм.

Початок тужавлення для всіх типів і видів цементу марок 300, 400 і 500 повинен наставати не раніше ніж 60 хв, а кінець тужавлення для всіх типів, видів і марок цементів - не пізніше ніж 10 год від початку замішування. Початок тужавлення цементів для бетону дорожніх і аеродромних покриттів повинен наставати не раніше ніж 2 год, залізобетонних труб - не раніше ніж 2 год 15 хв від початку замішування. За узгодженням із споживачем дозволено поставляти цемент з іншими строками тужавлення.

Виробник повинен випробовувати цементи на наявність ознак хибного тужавлення рівномірно по мірі відвантаження, але не менше ніж у 20 % партій, що відвантажені за квартал.

Тонкість помелу цементу повинна бути такою, щоб при просіюванні його крізь сито з сіткою № 008 (ГОСТ 6613) залишок на ситі повинен складати не більше ніж 15 % за масою. Питома поверхня цементу для бетону дорожніх і аеродромних покриттів повинна бути не менше ніж $280 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Вміст сульфур триоксиду SO_3 в цементі повинен відповідати вимогам табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Масова частка SO_3 в цементі

Тип цементу	Марка цементу	Вміст SO_3 , %, не більше
I, II, IV, V	300, 400, 400P,	3,5
III ¹⁾	Всі марки	4,0
¹⁾ Цемент типу "шлакопортландцемент ДСТУ Б В.2.7-46:2010 ШПЦ Ш/В"		

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

Вміст хлорид-іонів Cl^- в цементах не повинен перевищувати 0,10 % за масою.

У шлакопортландцементі (тип III) вміст хлорид-іонів може бути більше ніж 0,10 % за масою, але це повинно бути зазначено на пакуванні та в товаросупровідній документації на цю продукцію.

За вимогами споживача в цементах для попередньо напруженого бетону може бути встановлено значення вмісту хлорид-іону менше ніж 0,10% за масою.

Втрати маси при прожарюванні в цементах типу I і III не повинні перевищувати 5 % за масою.

Нерозчинний залишок у цементах типу I і III не повинен перевищувати 5 % за масою.

Для бетону дорожніх і аеродромних покриттів, залізобетонних напірних і безнапірних труб, залізобетонних шпал, мостових конструкцій, стояків опор високовольтних ліній електропередачі, контактної мережі залізничного транспорту і освітлення слід застосовувати цементи, які виготовлені на основі клінкеру нормованого складу з вмістом трикальцієвого алюмінату C_3A в кількості не більше ніж 8 % за масою.

Рухливість цементно-піщаного розчину складу 1:3 з пластифікованими добавками повинна бути такою, щоб при водоцементному відношенні, що дорівнює 0,39, розплив стандартного конуса був не менше ніж 135 мм.

Цемент із гідрофобними добавками не повинен вбирати воду протягом 5 хв від моменту нанесення краплі води на поверхню шару цементу.

Вміст лужних оксидів (Na_2O_2 і K_2O) у перерахунку на Na_2O ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{ K}_2\text{O}$) в цементах, що застосовують для виготовлення масивних бетонних і залізобетонних споруд, установлюють за узгодженням із споживачем.

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір і обґрунтування способу виробництва і технологічної схеми

2.1.1 Обґрунтування способу виробництва

Залежно від способу підготовки сировинної суміші до випалу в цементній промисловості розрізняють мокрий і сухий способи виробництва портландцементу. При мокрому способі подрібнені карбонатні та глинисті компоненти змішують із водою, здійснюють їх тонкий помел, коригування хімічного складу та гомогенізацію. У результаті утворюється сировинний шлам вологістю 32–45 %, який надходить на випалювання в обертovu піч. При сухому способі сировинні матеріали подрібнюються, висушуються та змішуються безпосередньо в процесі помелу, внаслідок чого отримують однорідну порошкоподібну сировинну суміш із вологістю, як правило, не більше 1 %.

Вибір технологічної схеми виробництва визначається комплексом технологічних, економічних та екологічних чинників. До них належать хімічний і мінералогічний склад сировини, її фізико-механічні властивості, вологість, доступність та вартість палива, продуктивність підприємства, а також конструктивні особливості технологічного обладнання. Традиційно мокрий спосіб характеризується простотою приготування, коригування та усереднення сировинного шламу. Крім того, застосування водного середовища практично усуває пиловиділення під час подрібнення, транспортування та змішування сировинних матеріалів, а також спрощує експлуатацію випалювальних агрегатів.

Історично сухий спосіб виробництва клінкеру використовувався ще на початкових етапах розвитку цементної промисловості, коли випалювання здійснювали в шахтних печах періодичної дії. Однак у подальшому розвиток галузі був пов'язаний переважно з удосконаленням обертovих печей мокрого

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

способу. Основними причинами обмеженого поширення сухої технології протягом тривалого часу були труднощі забезпечення стабільної вологості сировини, високі вимоги до її однорідності та складність підтримання необхідного хімічного складу сировинної суміші. Відхилення цих параметрів негативно впливали на процес клінкероутворення та якість готової продукції [6].

У сучасних умовах сухий спосіб виробництва набув домінуючого значення завдяки суттєвим перевагам щодо енергоефективності та ресурсозбереження. Однією з його важливих переваг є значне скорочення споживання води, що особливо актуально в умовах обмежених водних ресурсів. Хоча концентрація пилу в газових потоках при сухому способі є вищою, загальний об'єм відхідних газів на 35–40 % менший порівняно з мокрим способом, що дозволяє підтримувати витрати на газоочищення приблизно на однаковому рівні.

Суттєвою перевагою сухої технології є значне зниження питомих витрат палива. Порівняно з мокрим способом економія теплової енергії становить 30–40 %, що пояснюється відсутністю необхідності випаровування значної кількості води із сировинного шламу. Питомі витрати тепла на випал клінкеру при сухому способі зазвичай знаходяться в межах 2900–3750 кДж/кг, тоді як при мокрому способі цей показник є у 2–3 рази вищим. Загальні енерговитрати при сухому виробництві становлять близько 3100–4400 кДж/кг клінкеру проти приблизно 5440 кДж/кг для мокрого способу.

Додатковою перевагою є зменшення металомісткості технологічного обладнання. Об'єм випалювальних агрегатів при однаковій продуктивності на 35–40 % менший, що сприяє зниженню капітальних витрат і дозволяє створювати високопродуктивні технологічні лінії. Водночас з'являється можливість ефективного використання теплоти відхідних газів для сушіння сировинних матеріалів, що додатково зменшує витрати палива.

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

У сучасній цементній промисловості найбільшого поширення набули короткі обертові печі, оснащені багатоступневими циклонними теплообмінниками. У таких установках сировинна суміш нагрівається в потоці гарячих газів до температури 800–850 °С, при цьому відбувається часткова декарбонізація карбонатних компонентів. Завдяки цьому значно підвищується ефективність роботи печі та скорочується тривалість випалу.

Разом із численними перевагами сухий спосіб має певні технологічні обмеження. Зокрема, при підвищеному вмісті лужних і хлорвмісних сполук у сировині або паливі можуть утворюватися леткі сполуки, які конденсуються на поверхні циклонів і газоходів. Це призводить до утворення нашарувань, погіршення роботи теплообмінників та необхідності проведення додаткових профілактичних заходів.

Крім того, підготовка сировинної суміші у вигляді сухого порошку потребує складніших схем транспортування із застосуванням пневмотранспорту, шнекових конвеєрів та елеваторів. Це підвищує рівень пиловиділення у виробничих приміщеннях та вимагає встановлення ефективних аспіраційних систем. Порівняно з мокрим способом дещо ускладнюється забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов праці та охорони навколишнього середовища.

Аналіз технологічних, економічних та екологічних показників свідчить про доцільність застосування сухого способу виробництва на проєктованому підприємстві. Враховуючи порівняно невисоку вологість вихідної сировини, можливість ефективного використання теплоти відхідних газів та значне зниження витрат енергоресурсів, сухий спосіб забезпечує найкращі техніко-економічні показники виробництва портландцементного клінкеру та відповідає сучасним вимогам енергоефективності й екологічної безпеки.

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

2.1.2 Описання технологічної схеми виробництва цементу сухим способом

Сухий спосіб виробництва портландцементного клінкеру є найбільш ефективним з технічної та економічної точок зору за умови використання сировинних матеріалів із невисокою природною вологістю та достатньою однорідністю складу. Найбільш доцільно застосовувати цей спосіб для карбонатної та глинистої сировини з вологістю не більше 10–15 %, яка характеризується стабільними фізико-механічними властивостями та відносно постійним хімічним складом. За таких умов забезпечується можливість одержання високоякісного гомогенного сировинного борошна без необхідності введення значної кількості води.

Однією з головних переваг сухого способу є значно нижчі витрати теплової енергії на випал клінкеру. Питомі витрати теплоти становлять приблизно 3150–4190 кДж/кг клінкеру, що істотно менше порівняно з мокрим способом виробництва, для якого цей показник знаходиться в межах 5900–6700 кДж/кг. Економія енергоресурсів досягається насамперед завдяки відсутності необхідності випаровування великої кількості води із сировинного шламу.

У технології сухого способу вихідні компоненти сировинної суміші, зокрема вапняк, глина та коригувальні добавки, після попереднього дроблення висушуються та піддаються спільному тонкому помелу. Подрібнення здійснюється переважно в кульових або вертикальних валкових млинах до досягнення необхідної тонкості помелу, яка характеризується залишком на ситі №008 у межах 6–10 %.

Випалювання сировинного борошна може здійснюватися за декількома технологічними схемами. Найбільш поширеним є використання коротких обертових печей, обладнаних багатоступеневими циклонними

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

теплообмінниками. У таких установках сировинна суміш нагрівається теплом відхідних газів до температури 800–850 °С, при цьому ступінь декарбонізації карбонатних компонентів досягає приблизно 30 %.

Для підвищення енергоефективності сучасні технологічні лінії додатково оснащуються реакторами-декарбонізаторами (кальцинаторами). У цих апаратах температура сировинного борошна підвищується до 920–950 °С, а ступінь декарбонізації перед подачею матеріалу в обертову піч досягає 85–90 %. Такий результат забезпечується спалюванням частини палива безпосередньо в кальцинаторі, що дозволяє значно знизити теплове навантаження на випалювальну піч.

Окремим різновидом сухого способу є технологія із застосуванням конвеєрних кальцинаторів, у яких для попередньої термічної обробки сировини використовується теплота відхідних газів печі. Відомим прикладом такого рішення є технологія печей Леполя. Крім того, гранульоване сировинне борошно може випалюватися в автоматизованих шахтних печах, хоча цей спосіб нині використовується значно рідше.

Конкретна технологічна схема виробництва визначається типом випалювального обладнання та особливостями організації підготовки сировини. На сучасних цементних заводах найбільшого поширення набули технологічні лінії з обертовими печами, оснащеними циклонними теплообмінниками та кальцинаторами (рис.2.1).

Технологічний процес починається з видобування та підготовки сировинних матеріалів. Вапняк після видобування піддають одно- або двостадійному дробленню до крупності приблизно 10–30 мм. Глинисту сировину також подрібнюють, часто поєднуючи цей процес із попереднім сушінням. Після цього матеріали надходять на усереднювальні склади, де здійснюється їх гомогенізація для забезпечення стабільності хімічного складу.

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

Зі складів вапняк, глина та коригувальні добавки за допомогою автоматизованих систем дозування подаються у визначених співвідношеннях до помольних агрегатів. У млинах одночасно відбуваються сушіння, подрібнення та змішування компонентів із формуванням однорідного сировинного борошна необхідного складу.

Отримана після помелу пило-газова суміш надходить до системи пиловловлювання, що включає циклони та електрофільтри. У циклонах здійснюється попереднє відокремлення твердої фази, після чого газовий потік очищується в електрофільтрах. Для забезпечення ефективної роботи електрофільтрів температура газів підтримується на рівні 120–140 °С. За таких умов концентрація пилу у відхідних газах знижується до величин, що відповідають екологічним та санітарним нормативам.

На сучасних високопродуктивних цементних заводах потужністю близько 3000 т клінкеру на добу можуть встановлюватися дві кульові млини розміром 4,2 × 10 м, продуктивність яких становить 120–130 т сировинного борошна за годину при залишку на ситі №008 близько 10–12 %.

Після помелу сировинне борошно направляється до силосів для гомогенізації та остаточного коригування складу. Залежно від продуктивності підприємства та ступеня однорідності вихідної сировини місткість таких силосів може становити від 500 до 2000 м³. Усереднення сировинного борошна здійснюється шляхом його аерації стисненим повітрям, яке подається через спеціальні пористі керамічні елементи, розташовані в нижній частині силосів. Така система забезпечує інтенсивне перемішування матеріалу та отримання стабільної за складом сировинної суміші, що є необхідною умовою для виробництва високоякісного цементного клінкеру.

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

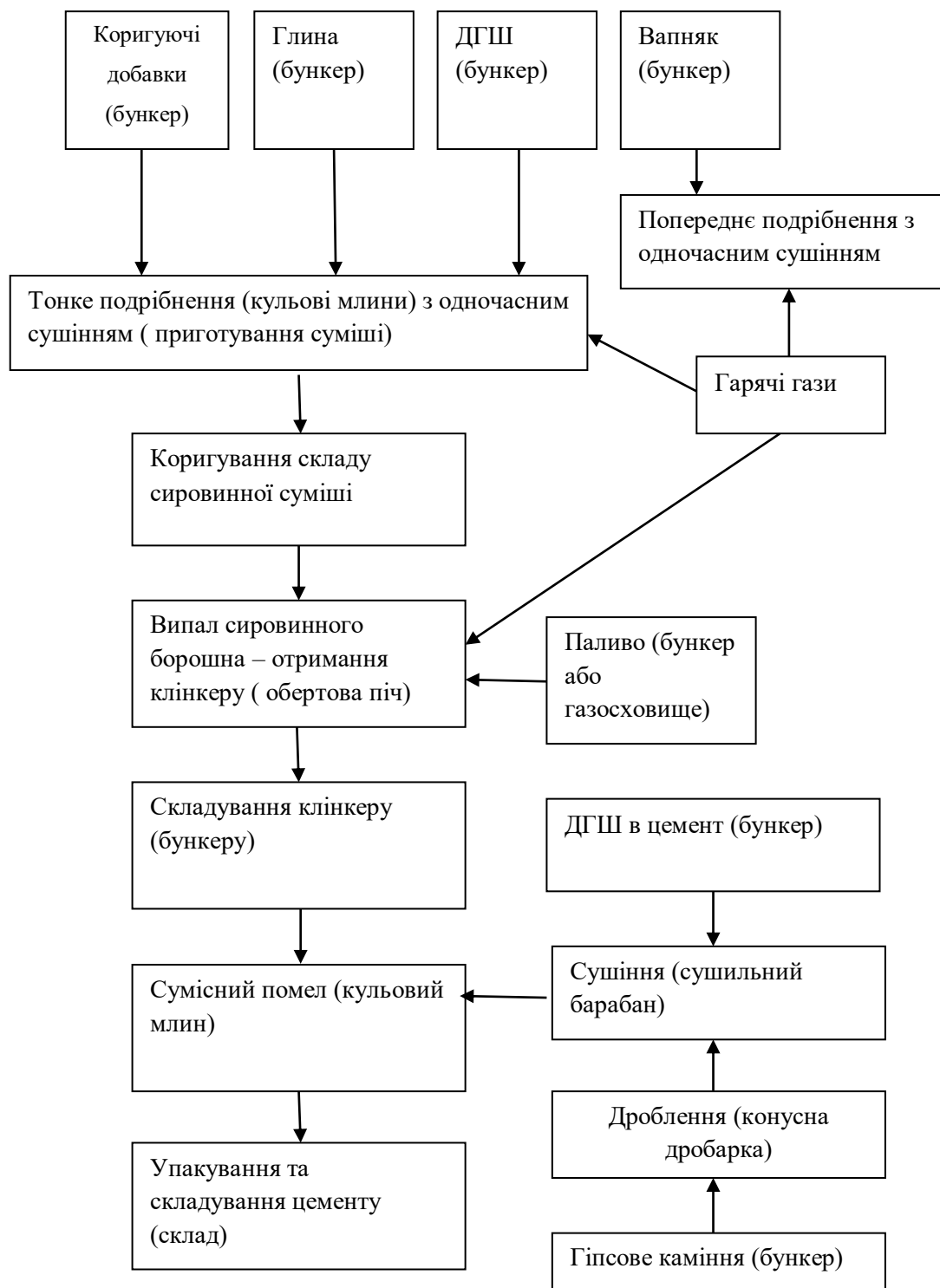


Рисунок 2.1 – Технологічна схема виробництва портландцементу з випалом клінкера в короткій обертівій печі (сухий спосіб).

Після гомогенізації перевіряють склад сировинної муки за змістом окису кальцію (титр борошна). Якщо воно відповідає необхідному, то суміш направляють на випал. Якщо ж виявляють відхилення, то борошно з двох силосів направляють в третій в такому співвідношенні, щоб отримати суміш необхідного складу. Після заповнення загального силосу матеріали в ньому ретельно перемішують до повної однорідності.

Нарешті, використовується спосіб безперервної гомогенізації, при якому борошно безперервно подається на верх великого силосу, заповнена вже аерована і гомогенізована суміш. Одночасно на дні силосу безперервно відбирається готовий матеріал.

У тих випадках, коли борошно обпалюють в обертових печах, забезпечених циклонними теплообмінниками, суху суміш з силосів за допомогою пневмонасосів того чи іншого типу направляють в прийомний бункер 8 пічної установки (рис. 2.2). Звідси елеватором 7 матеріал подають на стрічковий конвеєр-дозатор 6, передає його в газохід батареїного циклону 4. Тут він підхоплюється відхідними газами з циклону 5 і надходить в циклон 4. Далі таким же чином він проходить газоходи і циклони 5, 3, 9 і надходить в піч 10. Під час переміщення по газоходу і циклонів сировину борошна поступово нагрівається і надходить в циклон 9 з температурою 800-850° С частково (на 30-40%) декаронізований. Нагрівається борошно в газовому потоці циклонних теплообмінників дуже інтенсивно. Циклони 3 і 9 зсередини футерують вогнетривами. Гази через систему циклонів рухаються під дією димососа 1. Відпрацьовані гази з температурою 200-300°С очищаються від пилу в циклоні 2 і в електрофільтрах або ж спочатку використовуються для сушіння борошна.

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

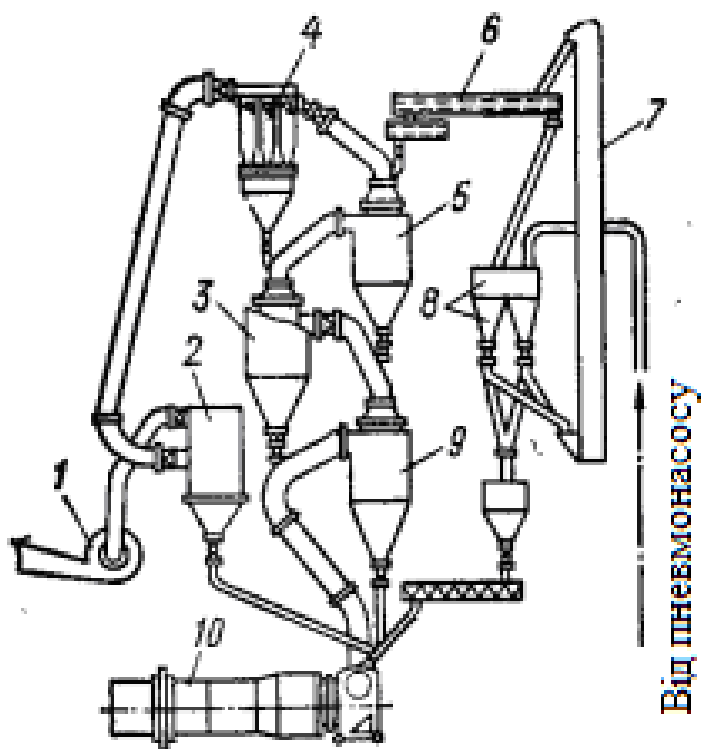


Рисунок 2.2 – Система циклонних теплообмінників

Отриманий клінкер після охолодження в колосникових холодильниках відправляють на склад, а потім переробляють в цемент.

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

2.2 Розрахунок сировинної суміші та питомих норм витрати сировинних матеріалів

Сировинна база – вапняк (мергеліста порода) Коноплянського родовища, яке розміщене в Кропивницькому районі Кіровоградської області – містить мергель та інші осадові породи, що можуть використовуватись як карбонатна сировина для будівельної галузі. Глина Обознівського родовища вторинних каолінів Кіровоградської області, доменний гранульований шлак та рудний пил з гірничо-металургійного комбінату “АрселорМиттал Кривий Ріг” Дніпропетровської області.

Паливно-енергетичний ресурс – ТЕЦ «Кіровоградолія» (м. Кропивницький).

Джерело водопостачання – р.Інгул.

Транспортні засоби – залізничний і автомобільний транспорт.

Забезпеченість робочою силою – м. Кропивницький та навколишні села (Соколівське, Обознівка, Аджамка, Бережинка, Первозванівка та інші).

Хімічний склад матеріалів, сировинної суміші та клінкеру наведено в табл. 2.1 та 2.2. Розрахунок сировинної суміші буде здійснюватися по коефіцієнту насичення, силікатному та алюмінатному модулям, значення яких становлять: $KH=0,92$, $n=2,8$, $p=1,7$.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сировинної суміші і клінкеру, мас.%

Матеріал	Вологість	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ВПП	Інші	Сума
Вапняк	5,0	3,74	0,89	0,60	37,37	0,95	0,15	29,99	0,00	73,70
ДГШ	7,0	5,42	0,99	0,03	6,46	0,76	0,17	0,00	0,00	13,83
Глина	25,0	5,37	1,30	0,45	0,83	0,32	0,04	1,42	0,27	10,00
Рудний пил	10,0	0,27	0,05	1,43	0,29	0,03	0,01	0,00	0,00	2,07
Сировинна суміш		44,80	3,24	2,51	44,95	2,06	0,37	31,41	0,27	99,60
Клінкер		21,57	4,72	3,66	65,54	3,00	0,54	0,00	0,39	99,42

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

Результати розрахунків наведені в табл. 2.2 та додатку А.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад сировинної суміші

Матеріал	ВПП	Вміст компонентів, мас.%			
		Вапняк	Шлак	Глина	РП
Сировинне борошно	31,46	73,7	13,83	10,41	2,07

2.2.2 Розрахунок питомих норм витрати сировинних матеріалів

2.2.2.1 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, % (табл. 2.1).

$$A_c^0 = \frac{100 \cdot 1000}{100 - 31,46} = 1459,00204 \text{ кг/т кл.}$$

2.2.2.2 Теоретичні питомі витрати сухих компонентів сировинної суміші:

$$A_i^0 = A_c^0 \cdot \frac{N_i}{100}, \text{ кг/т кл.}, \quad (2.2)$$

де N_i – вміст окремих компонентів в сировинній суміші, % (табл. 2.2).

— питомі витрати вапняка:

$$A_1^0 = 1459,00204 \cdot \frac{73,7}{100} = 1075,285 \text{ кг/т кл.},$$

— питомі витрати шлаку:

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

$$A_2^0 = 1459,00204 \cdot \frac{13,83}{100} = 201,780 \text{ кг/т кл},$$

— питомі витрати рудного пилю:

$$A_3^0 = 1459,00304 \cdot \frac{2,07}{100} = 30,201 \text{ кг/т кл},$$

— питомі витрати глини:

$$A_4^0 = 1459,00304 \cdot \frac{10,41}{100} = 151,882 \text{ кг/т кл}.$$

2.2.2.3 Теоретичні питомі витрати компонентів сировинної суміші в стані природної вологості:

$$B_i^w = \frac{A_i^0 \cdot 100}{100 - W_i}, \text{ кг/т кл.}, \quad (2.3)$$

де W_i — природна вологість компонентів сировинної суміші, % (табл. 2.1).

— вапняка

$$B_1^w = \frac{A_1^0 \cdot 100}{100 - W_B} = \frac{1075,285 \cdot 100}{100 - 5} = 1131,879 \text{ кг/т кл},$$

— шлаку

$$B_2^w = \frac{A_2^0 \cdot 100}{100 - W_{ш}} = \frac{201,780 \cdot 100}{100 - 7} = 216,968 \text{ кг/т кл},$$

— рудного пилю

$$B_3^w = \frac{A_3^0 \cdot 100}{100 - W_{pn}} = \frac{30,201 \cdot 100}{100 - 10} = 33,557 \text{ кг/т кл},$$

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

— ГЛИНИ

$$B_4^w = \frac{A_4^0 \cdot 100}{100 - W_{\text{зл}}} = \frac{151,882 \cdot 100}{100 - 25} = 202,509 \text{ кг/т кл.}$$

2.2.2.4 Теоретичні питомі витрати сировинної суміші в стані природної вологості:

$$B_c^w = B_1^w + B_2^w + B_3^w + B_4^w = 1131,879 + 216,968 + 33,557 + 202,509 = 1584,913 \text{ кг/т кл.} \quad (2.4)$$

2.2.2.5 Теоретичний вихід клінкеру із 1 т сухої сировинної суміші:

$$K_m = \frac{1000}{A_c^0} = \frac{1000}{1459,00204} = 0,685 \text{ кг/кг с/с.} \quad (2.5)$$

2.2.2.6 Дійсні витрати сухої сировинної суміші з урахуванням виробничих витрат:

$$A_c^{\text{Д}} = A_c^0 \cdot \frac{100}{100 - \Pi_c}, \text{ кг/т кл.,} \quad (2.6)$$

де Π_c — виробничі витрати сировинної суміші при випалі, %.

Приймаємо $\Pi_c = 1.0\%$.

$$A_c^{\text{Д}} = 1459,00204 \cdot \frac{100}{100 - 1,0} = 1473,739 \text{ кг/т кл.}$$

2.2.2.7 Дійсні витрати окремих сухих компонентів сировинної суміші:

$$A_i^{\text{Д}} = A_c^{\text{Д}} \cdot \frac{N_i}{100}, \text{ кг/т кл.,} \quad (2.7)$$

— ВАПНЯКА

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

$$A_1^{\partial} = 1473,739 \cdot \frac{73,7}{100} = 1086,146 \text{ кг/т кл.},$$

– шлаку

$$A_2^{\partial} = 1473,739 \cdot \frac{13,83}{100} = 203,818 \text{ кг/т кл.},$$

– рудного пилу

$$A_3^{\partial} = 1473,739 \cdot \frac{2,07}{100} = 30,506 \text{ кг/т кл.},$$

– глини

$$A_4^{\partial} = 1473,739 \cdot \frac{10,41}{100} = 153,416 \text{ кг/т кл.}$$

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

$$B_c^{\phi} = B_c^w \cdot \frac{100}{100 - \Pi_c}, \text{ кг/т кл.}, \quad (2.8)$$

$$B_c^{\phi} = 1584,913 \cdot \frac{100}{100 - 1,0} = 1600,922 \text{ кг/т кл.}$$

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

$$B_i^{\phi} = B_i^w \cdot \frac{100}{100 - \Pi_c}, \quad (2.9)$$

– вапняку

$$B_1^{\phi} = 1131,879 \cdot \frac{100}{100 - 1,0} = 1143,312 \text{ кг/т кл.},$$

– шлаку

$$B_2^{\phi} = 216,968 \cdot \frac{100}{100 - 1,0} = 219,159 \text{ кг/т кл.},$$

– рудного пилу

$$B_3^{\phi} = 33,557 \cdot \frac{100}{100 - 1,0} = 33,896 \text{ кг/т кл.},$$

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

— ГЛИНИ

$$B_4^{\phi} = 202,509 \cdot \frac{100}{100 - 1,0} = 204,555 \text{ кг/т кл.}.$$

2.2.2.10 Виробнича норма виходу клінкера із 1 т сировинної суміші по сухій речовині з урахуванням втрат:

$$K_{\phi}^{\partial} = \frac{1000}{A_c} = \frac{1000}{1473,739} = 0,679 \text{ т/т (с/см)}. \quad (2.10)$$

2.2.2.11 Природна вологість сировинної суміші:

$$W_c = \frac{B_c^{\phi} - A_c^{\partial}}{B_c^{\phi}} \cdot 100, \%; \quad (2.11)$$

$$W_c = \frac{1600,922 - 1473,739}{1600,922} \cdot 100 = 7,94\%.$$

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

2.3 Розрахунок потужності заводу та матеріального балансу виробництва

Проектом передбачається здійснити випуск цементу, асортимент і об'єм випуску за видами та марками цементу представлено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Асортимент продукції, що випускається

Вид, марка цементу	Частка виду цементу, %	Об'єм виробництва за рік, т	Склад цементу, мас. %		
			клінкер	шлак	гіпсовий камінь
ПЦ І – 500 ДСТУ БВ.2.7-46-2010	30	407627,74	95	-	5
ПЦ ІІ/Б -ІІІ-400 ДСТУ БВ.2.7-46-2010	25	339689,78	70	25	5
ШПЦ ІІІ/А – 400 ДСТУ БВ.2.7-46-2010	45	611441,60	50	45	5

2.3.1 Річний випуск клінкеру з установкою печі Ø4,5×80м з циклонним теплообмінником та декарбонізатором продуктивністю 125 т/год становить:

$$Q_{\text{кл}}^{\text{рік}} = 8760 \cdot q_{\text{год}} \cdot K_{\text{в}}, \text{ т/рік} \quad (2.12)$$

де 8760 – час роботи печі за рік, год;

$q_{\text{год}}$ – продуктивність печі за годину, т/год;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання печі; приймаємо 0,85.

$$Q_{\text{кл}}^{\text{рік}} = 8760 \cdot 125 \cdot 0,85 = 930750 \text{ т/рік}$$

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

2.3.2 Відсоток клінкеру в цементі становить:

$$Q_{\text{кл}}^{\text{рік}} = 95 \cdot 0,3 + 70 \cdot 0,25 + 50 \cdot 0,45 = 68,5\% \quad (2.13)$$

2.3.3 Продуктивність заводу по цементу за рік:

$$Q_{\text{ц}}^{\text{рік}} = \frac{Q_{\text{кл}}^{\text{рік}} \cdot 100}{M_{\text{сер}}^{\text{кл}}}, \text{ т/рік} \quad (2.14)$$

$$Q_{\text{ц}}^{\text{рік}} = \frac{930750 \cdot 100}{68,5} = 1358759,12, \text{ т/рік.}$$

2.3.4 Теоретичні річні потреби в компонентах цементної шихти цеху помелу цементу

$$P_i^0 = \sum_{i=1}^n \text{Ц}_i \cdot \frac{B_i}{100}, \text{ т/рік}, \quad (2.15)$$

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

B_i – вміст i -ого компоненту цементної шихти в даному виді цементу, %.

– клінкеру

$$K^0 = \frac{407627,74 \cdot 95}{100} + \frac{339689,60 \cdot 70}{100} + \frac{611441,60 \cdot 50}{100} = 930750 \text{ т/рік};$$

– доменного гранульованого шлаку

$$\text{Ш}^0 = \frac{339689,78 \cdot 25}{100} + \frac{611441,60 \cdot 45}{100} = 360071,17 \text{ т/рік};$$

– гіпсового каменю

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

$$\Gamma^0 = \frac{407627,74 \cdot 5}{100} + \frac{339689,78 \cdot 5}{100} + \frac{611441,6 \cdot 5}{100} = 67937,96 \text{ т/рік.}$$

2.3.5 Річна потреба цеху помелу цементу в компонентах цементної шихти з урахуванням втрат:

$$P_i^n = P_i^0 \cdot \frac{100}{100 - \Pi_i}, \text{ т/рік,} \quad (2.16)$$

де Π_i – виробничі втрати компонентів цементної шихти. Приймаємо $\Pi_i = 5,0$ %.

– клінкеру

$$K^n = K^0 \cdot \frac{100}{100 - \Pi_{\kappa}} = 930750 \cdot \frac{100}{100 - 5,0} = 979736,84 \text{ т/рік,}$$

– доменного гранульованого шлаку

$$\Pi^n = \Pi^0 \cdot \frac{100}{100 - \Pi_{\Pi}} = 360071,17 \cdot \frac{100}{100 - 5,0} = 379022,28 \text{ т/рік.}$$

– гіпсового каменю

$$\Gamma^n = \Gamma^0 \cdot \frac{100}{100 - \Pi_{\Gamma}} = 360071,17 \cdot \frac{100}{100 - 5,0} = 379022,28 \text{ т/рік.}$$

2.3.6 Річний випуск цементу з урахуванням виробничих втрат:

$$\Pi^n = \Pi^0 \cdot \frac{100}{100 - \Pi_{\Pi}} = 1358759,12 \cdot \frac{100}{100 - 5,0} = 1430272,76 \text{ т/рік.} \quad (2.17)$$

2.3.7 Річна потреба в сировинних матеріалах:

– суха сировинна суміш:

$$P_c^0 = K^n \cdot A_c^{\partial} = 979736,84 \cdot 1,473739 = 1443876,39 \text{ т/рік;} \quad (2.18)$$

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

— сухі сировинні компоненти:

$$P_i^0 = K^{\Pi} \cdot A_i^{\Delta}, \text{ т/рік} \quad (2.19)$$

— вапняк

$$P_1^0 = 979736,84 \cdot 1,086146 = 1064137,25 \text{ т/рік};$$

— шлак

$$P_2^0 = 979736,84 \cdot 0,203818 = 199688,0033 \text{ т/рік};$$

— рудний пил

$$P_3^0 = 979736,84 \cdot 0,030506 = 29887,85 \text{ т/рік};$$

— глина

$$P_4^0 = 979736,84 \cdot 0,153416 = 150307,31 \text{ т/рік};$$

2.3.8 Сировинна суміш з природною вологістю:

$$P_c^w = K^n \cdot B_c^w = 979736,84 \cdot 1,584915 = 1552799,61 \text{ т/рік} \quad (2.20)$$

2.3.9 Компонентів сировинної суміші в стані природної вологості:

$$P_i^0 = K^{\Pi} \cdot B_i^w, \text{ т/рік} \quad (2.21)$$

— вапняк

$$P_1^w = 979736,84 \cdot 1,131879 = 1108943,55 \text{ т/рік}$$

— шлак

$$P_2^w = 979736,84 \cdot 0,216968 = 212571,54 \text{ т/рік}$$

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

– рудний пил

$$P_3^w = 979736,84 \cdot 0,033557 = 32877,03 \text{ т/рік}$$

– глина

$$P_4^w = 979736,84 \cdot 0,202509 = 198405,23 \text{ т/рік}$$

2.3.10 Розрахунок добових витрат матеріалів

– цементу

$$Q_{\text{цем}}^{\text{доб}} = \frac{Ц^{\Pi}}{365 \cdot K_{\text{в}}^{\text{цем}}}, \text{ т/добу} \quad (2.22)$$

де $K_{\text{в}}^{\text{цем}}$ — коефіцієнт використання цементних млинів, $K_{\text{в}}^{\text{цем}} = 0,85$.

$$Q_{\text{цем}}^{\text{доб}} = \frac{1430272,76}{365 \cdot 0,85} = 4610,07 \text{ т/добу}$$

– клінкеру

$$Q_{\text{кл}}^{\text{доб}} = \frac{K^n}{365 \cdot K_{\text{в}}^{\text{цем}}} = \frac{979736,84}{365 \cdot 0,85} = 3157,89 \text{ т/добу}$$

– доменного гранульованого шлаку

$$Q_{\text{дгш}}^{\text{доб}} = \frac{Ш^n}{365 \cdot K_{\text{в}}^{\text{цем}}} = \frac{379022,28}{365 \cdot 0,85} = 1221,67 \text{ т/добу}$$

– гіпсового каменю

$$Q_{\text{гк}}^{\text{доб}} = \frac{\Gamma^n}{365 \cdot K_{\text{в}}^{\text{цем}}} = \frac{71513,64}{365 \cdot 0,85} = 230,50 \text{ т/добу}$$

– сухої сировинної суміші

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

$$Q_c^{доб} = \frac{P_c^0}{365 \cdot K_{\epsilon}^{см}}, \text{ т/добу}, \quad (2.23)$$

де $K_{\text{в}}^{\text{см}}$ — коефіцієнт використання сировинних млинів, $K_{\text{в}}^{\text{см}}=0,85$.

$$Q_c^{доб} = \frac{1443876,39}{365 \cdot 0,85} = 4653,91 \text{ т/добу}$$

– сухого вапняку

$$Q_{\epsilon}^{доб} = \frac{P_1^0}{365 \cdot K_{\epsilon}^{см}} = \frac{1064137,25}{365 \cdot 0,85} = 3429,93 \text{ т/добу}$$

– сухого шлаку

$$Q_{ш}^{доб} = \frac{P_2^0}{365 \cdot K_{\epsilon}^{см}} = \frac{199688,0033}{365 \cdot 0,85} = 643,64 \text{ т/добу}$$

– сухого рудного пилю

$$Q_{pn}^{доб} = \frac{P_3^0}{365 \cdot K_{\epsilon}^{см}} = \frac{29887,85}{365 \cdot 0,85} = 96,33 \text{ т/добу}$$

– сухої глини

$$Q_{гл}^{доб} = \frac{P_4^0}{365 \cdot K_{\epsilon}^{см}} = \frac{150307,31}{365 \cdot 0,85} = 484,47 \text{ т/добу}$$

– сировинної суміші з природною вологістю

$$Q_{cc}^{доб} = \frac{P_c^w}{365 \cdot K_{\epsilon}^{см}} = \frac{1552799,61}{365 \cdot 0,85} = 5004,98 \text{ т/добу} \quad (2.24)$$

– волого вапняку

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

$$Q_{\text{вв}}^{\text{доб}} = \frac{P_1^w}{365 \cdot K_{\text{в}}^{\text{см}}} = \frac{1108943,55}{365 \cdot 0,85} = 3574,35 \text{ т/добу}$$

– вологого шлаку

$$Q_{\text{виш}}^{\text{доб}} = \frac{P_2^w}{365 \cdot K_{\text{в}}^{\text{см}}} = \frac{212571,54}{365 \cdot 0,85} = 685,16 \text{ т/добу}$$

– вологого рудного пилю

$$Q_{\text{врп}}^{\text{доб}} = \frac{P_3^w}{365 \cdot K_{\text{в}}^{\text{см}}} = \frac{32877,03}{365 \cdot 0,85} = 105,97 \text{ т/добу}$$

– вологої глини

$$Q_{\text{вгл}}^{\text{доб}} = \frac{P_4^w}{365 \cdot K_{\text{в}}^{\text{см}}} = \frac{198405,23}{365 \cdot 0,85} = 639,50 \text{ т/добу}$$

2.3.11 Розрахунок годинних витрат матеріалів:

– цементу

$$Q_{\text{цем}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{цем}}^{\text{доб}}}{24} = \frac{4610,07}{24} = 192,09 \text{ т/год} \quad (2.25)$$

– клінкеру

$$Q_{\text{кл}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{кл}}^{\text{доб}}}{24} = \frac{3157,89}{24} = 131,58 \text{ т/год}$$

– доменного гранульованого шлаку

$$Q_{\text{дгш}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{дгш}}^{\text{доб}}}{24} = \frac{1221,67}{24} = 50,90 \text{ т/год}$$

– гіпсового каменю

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

$$Q_{гк}^{год} = \frac{Q_{гк}^{доб}}{24} = \frac{230,50}{24} = 9,60 \text{ т/год}$$

– сухої сировинної суміші

$$Q_{сс}^{год} = \frac{Q_{сс}^{доб}}{24} = \frac{4653,91}{24} = 193,91 \text{ т/год} \quad (2.26)$$

– сухого вапняку

$$Q_{в}^{год} = \frac{Q_{в}^{доб}}{24} = \frac{3429,93}{24} = 142,91 \text{ т/год}$$

– сухого шлаку

$$Q_{ш}^{год} = \frac{Q_{ш}^{доб}}{24} = \frac{643,64}{24} = 26,82 \text{ т/год}$$

– сухого рудного пилю

$$Q_{рп}^{год} = \frac{Q_{рп}^{доб}}{24} = \frac{96,33}{24} = 4,01 \text{ т/год}$$

– сухої глини

$$Q_{гл}^{год} = \frac{Q_{гл}^{доб}}{24} = \frac{484,47}{24} = 20,19 \text{ т/год}$$

– сировинної суміші з природною вологістю

$$Q_{св}^{год} = \frac{Q_{св}^{доб}}{24} = \frac{5004,99}{24} = 208,55 \text{ т/год} \quad (2.27)$$

– вологого вапняку

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

$$Q_{\text{вв}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{вв}}^{\text{доб}}}{24} = \frac{3574,35}{24} = 148,93 \text{ т/год}$$

– вологого шлаку

$$Q_{\text{вш}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{вш}}^{\text{доб}}}{24} = \frac{685,16}{24} = 28,55 \text{ т/год}$$

– вологого рудного пилю

$$Q_{\text{врп}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{врп}}^{\text{доб}}}{24} = \frac{105,97}{24} = 4,42 \text{ т/год}$$

– вологої глини

$$Q_{\text{вгл}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{вгл}}^{\text{доб}}}{24} = \frac{639,50}{24} = 26,65 \text{ т/год}$$

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

Таблиця 2.4 – Матеріальний баланс заводу

Матеріал	Одиниці вимірювання	Витрати матеріалів		
		за рік	за добу	за годину
Вапняк	т	1108943,55	3574,35	148,93
ДГШ в сировинну суміш	т	212571,54	685,16	28,55
Рудний пил	т	32877,03	105,97	4,42
Глина	т	198405,23	639,50	26,65
Сировинне борошно	т	1552797,35	5004,98	208,55
Клінкер	т	979736,84	3157,89	131,58
ДГШ в цемент	т	379022,28	1221,67	50,90
Гіпсовий камінь	т	71513,64	230,50	9,60
Цемент	т	1430272,76	4610,07	192,09

2.4 Вибір і розрахунок основного технологічного устаткування

На підприємстві, що проектується, вибір устаткування проводимо по переділам, виходячи із розрахованої годинної потреби цехів у сировині і паспортної продуктивності устаткування.

2.4.1 Подрібнення вапняку

Для подрібнення вапняку проектом передбачається використання молоткової дробарки типу СМД-75 продуктивністю 187 т/год. [1]. Технічна характеристика дробарки наведена в табл. 2.6.

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

Необхідна кількість дробарок типу СМД-75 становить:

$$n = \frac{Q_{\text{в}}^{\text{год}}}{q_{\text{дроб}}^{\text{год}}}, \quad (2.16)$$

де $q_{\text{дроб}}^{\text{год}}$ – годинна продуктивність дробарки СМД-75, т/год.

$$n = \frac{148,93}{187} = 0,80$$

Приймаємо для встановлення одну дробарку типу СМД-75.

Таблиця 2.6 – Технічна характеристика дробарки

Найменування показника	Значення показника
Розмір ротору, мм	1000×1000
Розмір завантажувального отвору, мм	1000×500
Найбільший розмір шматків, що завантажуються, мм	300
Ширина щілини ґрат, мм	20–80
Частота обертання ротора, хв ⁻¹	450
Продуктивність, т/год	187
Потужність електродвигуна, кВт	125
Тип живильника дробарки	Пластинчастий В=1200 мм

2.4.2 Сушіння шлаку

Для сушіння шлаку проектом передбачається використання сушарних барабанів 2,2×20,0 м продуктивністю 22 т/год. Технічна характеристика сушарного барабану наведена в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічна характеристика сушарного барабану

Найменування показника	Показник
Уклон, %	5
Частота обертання, хв ⁻¹	5
Внутрішні теплообмінні пристрої	коміркові
Вологість, мас. %	
початкова	20
кінцева	2
Продуктивність, т/год	22
Питома витрата палива, кг/год	27,7
Потужність приводу, кВт	36

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

Кількість барабанів для сушіння шлаку:

$$n = \frac{Q_{\text{дгш}}^{\text{год}} + Q_{\text{ш}}^{\text{год}}}{q_{\text{сб}}^{\text{год}}}, \quad (2.17)$$

де $q_{\text{сб}}^{\text{год}}$ – годинна продуктивність сушарного барабану, т/год.

$$n = \frac{50,90}{22} = 2,32$$

Приймаємо для встановлення три сушарні барабани 2,2×20,0 м.

2.4.3 Помел сировини

Для помелу сировини проектом передбачається встановлення млина одночасного сушіння і помелу 4,2×10,0 м, який робить у замкненому циклі з повітрянопроходним сепаратором, продуктивністю 130 т/год. Технічна характеристика млина наведена в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Технічна характеристика млина 4,2×10,0 м

Найменування показника	Показник
Продуктивність, т/год	130
Частота обертання, хв ⁻¹	15,62
- Тонкість помелу, %	
R ₀₀₈	15
R ₀₂	4
Довжина камери, м	10
Завантаження мелючих тіл: маса, т	118
Потужність головного двигуна, кВт.	2000
Продуктивність електрофільтра, м/ч.	350000
Сепаратор	Повітрянопрохідний
Механізм транспортуючий крупку	Аерозолоб

Кількість млинів для помелу сировини:

$$n = \frac{Q_{\text{сс}}^{\text{год}}}{q_{\text{м}}^{\text{год}}}, \quad (2.18)$$

де $q_{\text{м}}^{\text{год}}$ – годинна продуктивність млина, т/год

$$n = \frac{208,55}{130} = 1,60$$

Приймаємо для встановлення два млина 4,2×10,0 м.

2.4.4 Випал клінкеру

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

Проектом передбачається встановлення однієї печі 4,5×80 м з циклонними теплообмінниками та декарбонізаторами, продуктивністю 125 т/год. Технічна характеристика печі наведена в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Технічна характеристика обертовій печі 4,5×80 м

Найменування показника	Значення показника
1	2
Тип пічного агрегату	СМЦ-26
Продуктивність, т/год	125
Потужність електродвигуна, кВт	400
Питома витрата теплоти на випал 1 кг клінкера, кДж/кг	3460
Уклон корпусу печі, %	4
Частота обертання печі від головного приводу, хв ⁻¹	0,34...3,4
Маса пічного агрегату(без футерівки), т	2400
Запічні теплообмінники:	
кількість гілок, шт.	2
кількість ступіней, шт.	4
Продуктивність димососу електрофільтру, м ³ /с	116,7
Холодильник клінкеру:	
тип	колосниковий СМ-33
температура клінкера після охолодження, К	370
Частка палива, що спалюється у декарбонізаторі, %	60
Ступінь декарбонізації, %	80–90
Температура, К:	
матеріалу після теплообмінників	1083–1093
газів після печі	1223–1273

2.4.5 Помел цементу

Проектом передбачається здійснювати помел цементу у млинах 3,2×15 м, що працюють у замкненому циклі, продуктивністю 60 т/год. Технічна характеристика млина наведена в табл. 2.10.

Необхідна кількість млинів складе:

$$n = \frac{Q_{\text{цем}}^{\text{год}}}{q_{\text{м}}^{\text{год}}}, \quad (2.19)$$

де $q_{\text{м}}^{\text{год}}$ – годинна продуктивність цементного млина, т/год.

$$n = \frac{192,09}{100} = 1,92$$

Для встановлення приймаємо два млини Ø4, 0×13,5 м.

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

Таблиця 2.10 – Технічна характеристика цементного млина Ø4,0×13,5

М

Найменування показника	Значення показника
Розмір млина, м:	
діаметр	4,0
довжина	13,5
Частота обертання, об/хв	16,1
Продуктивність, т/год	100,0
Мелюче завантаження, т	225
Питома витрата електроенергії, кВт·год/т	
Вага млина, т.	6
Тип перегородки	перфорована
Живильник	шнековий
Циклони, діаметр, мм	500

2.5 Технологічний контроль виробництва

Технологічний контроль є невід’ємною складовою системи управління сучасним цементним виробництвом і являє собою комплекс заходів, спрямованих на безперервне отримання, оброблення та аналіз інформації про стан технологічного процесу, якість сировинних матеріалів, напівфабрикатів і готової продукції протягом усього циклу роботи підприємства. Його основне призначення полягає у забезпеченні стабільності технологічних режимів, підтриманні заданих показників якості продукції та підвищенні ефективності виробництва [10].

На основі результатів технологічного контролю здійснюється оперативне регулювання всіх стадій виробничого процесу, починаючи від приймання сировини і закінчуючи відвантаженням готового цементу. Своєчасне виявлення відхилень від встановлених параметрів дозволяє забезпечити випуск продукції необхідної якості, знизити витрати матеріальних та енергетичних ресурсів, а також оптимізувати техніко-економічні показники роботи підприємства.

Постійне зростання виробничих потужностей цементних заводів, підвищення вимог до якості продукції та розширення її асортименту обумовлюють необхідність удосконалення систем технологічного контролю. Важливу роль у цьому відіграють сучасні засоби автоматизації, цифрові технології, комп’ютеризовані системи збору та оброблення даних, а також

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

автоматизовані системи керування технологічними процесами. Їх впровадження створює передумови для функціонування високопродуктивних та надійних систем управління виробництвом у режимі реального часу.

Основними завданнями технологічного контролю є:

- визначення якісних характеристик сировинних матеріалів, коригувальних добавок, мінеральних компонентів та палива;
- контроль хімічного складу та фізико-механічних властивостей потоків сировинних матеріалів, сировинної суміші, клінкеру та цементу на всіх етапах виробництва;
- контроль технологічних параметрів виробничих процесів та режимів роботи обладнання;
- оцінювання якості готової продукції та підтвердження її відповідності вимогам нормативної документації;
- аналіз, систематизація та узагальнення результатів контролю для оперативного управління виробництвом і вдосконалення технологічних процесів.

Для ефективного виконання зазначених завдань система контролю на цементному підприємстві, як правило, складається з декількох взаємопов'язаних підсистем:

- загальнозаводського технологічного контролю;
- оперативного технологічного контролю окремих стадій виробництва;
- параметричного контролю технологічних процесів;
- технічного контролю якості продукції.

Підсистема загальнозаводського технологічного контролю (табл. 2.11) забезпечує визначення складу та властивостей сировини, палива, мінеральних добавок, допоміжних матеріалів, напівфабрикатів і готової продукції в обсягах, необхідних для управління виробництвом на рівні підприємства. Отримана інформація узагальнюється за зміну, добу, декаду, місяць та інші звітні періоди. На підставі цих даних приймаються рішення щодо коригування технологічних режимів, планування виробництва та підвищення ефективності функціонування окремих виробничих ділянок і підприємства в цілому.

Технологічний контроль у цементній промисловості передбачає проведення дискретних або безперервних випробувань матеріалів на різних

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

стадіях технологічного процесу. Відбір та аналіз проб можуть здійснюватися як у стаціонарних пунктах контролю, розташованих у кар'єрах, на складах сировини, у силосах, шламових басейнах, транспортних засобах та інших виробничих об'єктах, так і безпосередньо в потоках матеріалів під час їх транспортування конвеєрними стрічками, пневмотранспортними або гідротранспортними системами, а також у самопливних технологічних потоках [11].

Сучасні системи технологічного контролю базуються на використанні автоматичних засобів вимірювання, експрес-аналізаторів та комп'ютеризованих інформаційно-керуючих комплексів. Це забезпечує оперативне отримання достовірної інформації про стан виробництва, підвищує точність регулювання технологічних процесів і сприяє стабільному випуску цементу високої якості при мінімальних витратах ресурсів.

Таблиця 2.11 – Технологічний процес виробництва

№ з/п	Технологічний параметр	Параметр	Місце відбору проб	тип відбору	періодичність середньої проби	Виконані визначення	метод контролю
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Кар'єр	Тверда сировина (вапняк)	крупка із свердловин	ручний перебір	за мірою обробки корисних копалин	вологість аналіз на оксиди: SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO	Ваговий Рентгено-спектральний
2		М'яка сировина (глина)	збій	ручний перебір	за мірою обробки корисних копалин	вологість аналіз на оксиди: SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO Дисперсність	Ваговий Рентгено-спектральний
2	Зберігання та підготовка Сировини мінеральні добавки	Вапняк	З стрічкового транспортера після вторинного	Вибір на машина з установкою для відбору підготовки та транспортування	Один раз у зміну	вологість аналіз на оксиди: SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO Титр	Ваговий Рентгено-спектральний Титрування
4					один раз у місяць по середнім пробам	повний хімічний аналіз Дисперсність	Фотометричний Ваговий
5		Глина (сухий спосіб виробництва)	З стрічкового транспортера після вторинного	Вибір на машина з установкою для відбору підготовки та транспортування	Один раз у зміну	вологість аналіз на оксиди: SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO	

Продовження таблиці 2.11

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Приготування сировини	грубопо-дріблена сировинна мука	Об'єднання потоків на вході в сировинний млин	пробовідбірн а машина з установкою для відбору підготовки та транспортування сипких матеріалів	раз на годину неперервно	Аналіз на п'ять оксидів: SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO Вологість Тонкість помелу Аналіз на чотири оксиди: SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO.	Рентгено-спектра-льний Ваговий Рентгено-спектра-льний
7		тонкопо-дріблена сировинна мука	на виході з млина	пробовідбірн ик сировинної муки	раз на годину неперервно	Аналіз на п'ять оксидів: SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO Вологість Тонкість помелу Аналіз на чотири оксиди: SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO.	Рентгено-спектра-льний Ваговий Ваговий Рентгено-спектра-льний
8		Сировинна мука	Об'єднання потоків на вході в сировинний силос	пробовідбірн а машина з установкою для відбору підготовки та транспортування сипких матеріалів	раз на годину неперервно	Аналіз на п'ять оксидів: SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO Вологість Тонкість помелу Аналіз на чотири оксиди: SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO. Рентгеноспект-ральний	Ваговий
9			Об'єднання потоків на вузлів постачання пічного агрегату	пробовідбірн а машина з установкою для відбору підготовки та транспортування сипких матеріалів	Раз в дві години Раз у місяць по середнім пробам	Аналіз на п'ять оксидів: SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO Вологість Тонкість помелу Повний хімічний аналіз	Рентгеносп ектральни й Ваговий Фотометри чний
10			Вузли пересипки зі змішувальн ого силосу в запасний	пробовідбірн а машина з установкою для відбору підготовки або ручний відбір	за необхід-ністю знаход-ження коефіцієнту усереднен-ня	Аналіз на п'ять оксидів: SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO Вологість Тонкість помелу	Рентгеносп ектральни й Ваговий
11	Помел цементу	цемент	Після кожного млина	Проробка сипких матеріалів	Кожні дві години	Кожні дві години	Ваговий Хімічний Рентгені-вський

Продовження таблиці 2.11

1	2	3	4	5	6	7	8
12		цемент	3 трубопро- воду на виході з силосу	Проробка сипких матеріалів	Після заповнення силосів або помелу партії	Тонкість помелу Вміст SO ₃ Вміст добавок Фізико-механічні випробування	Ваговий Хімічний Рентгені- вський ГОСТ 310.1.76-4- 81
13	Відван- таження цементу	цемент	3 трубопро- воду на виході з силосу	Проробка сипких матеріалів, з системою транспортува ння проб матеріалів	Кожна партія	Фізико-механічні випробування	ГОСТ 310.1.76-4- 81

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

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

1 Опис цементного відділення та основного устаткування

У відділенні помелу здійснюється завершальний етап виробництва цементу — подрібнення цементної шихти в трубних кульових млинах безперервної дії.

Процес помелу належить до найбільш енергоємних стадій цементного виробництва. На його виконання витрачається приблизно половина загальної кількості енергії, необхідної для виготовлення 1 т цементу.

На сучасних цементних підприємствах для помелу використовуються трубні кульові млини таких типорозмірів: $\varnothing 2,2 \times 13$ м ($Q = 18 \dots 20$ т/год); $\varnothing 2,6 \times 13$ м ($Q = 28 \dots 30$ т/год); $\varnothing 3 \times 14$ м ($Q = 45 \dots 48$ т/год); $\varnothing 3,2 \times 15$ м ($Q = 50 \dots 55$ т/год); $\varnothing 4 \times 13,5$ м ($Q = 80 \dots 90$ т/год).

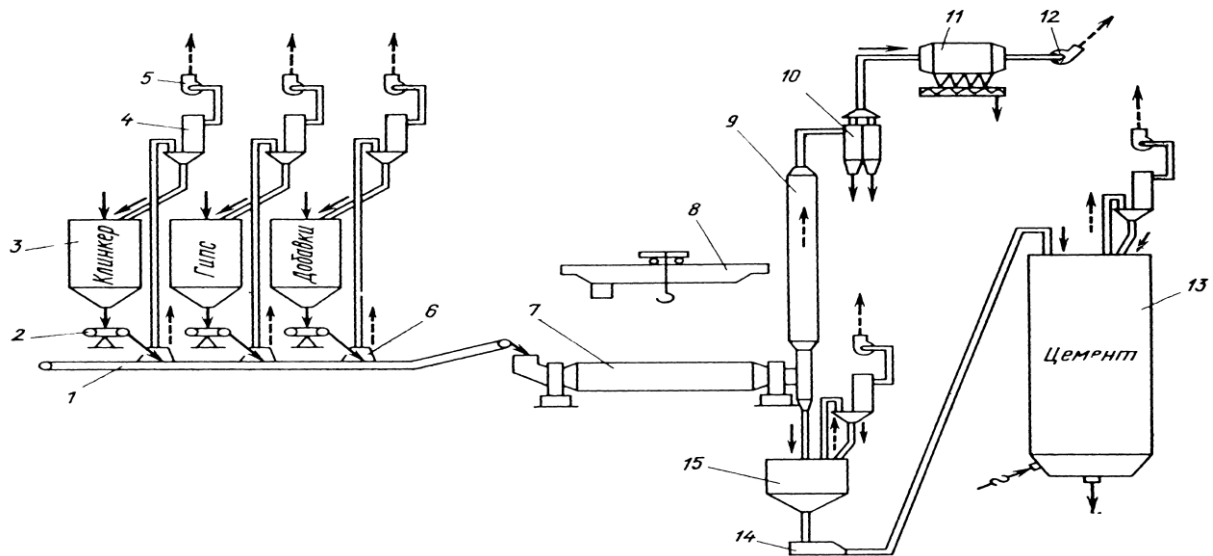
На проєктованому заводі передбачається будівництво відділення помелу цементу з установленням цементного млина $\varnothing 4 \times 13,5$ м, технологічна схема якого наведена на рис. 3.1.

Цементна шихта, до складу якої входять клінкер, гіпс і шлак, із бункерів 3 за допомогою дозаторів 2 подається на транспортер 1, а далі надходить до млина 7. Після досягнення необхідної тонкості помелу цемент спрямовується у витратний бункер 15, звідки пневмогвинтовим насосом 14 транспортується до цементних силосів 13.

Технологічна лінія функціонує таким чином. Клінкер із силосів (або складу) клінкеру, а також попередньо підсушені гіпс і мінеральні добавки надходять до бункерів 3. Із бункерів компоненти цементної шихти в заданому масовому співвідношенні за допомогою дозаторів 2 та стрічкового транспортера 1 подаються на спільний помел у трубний млин. Готовий продукт — цемент — із млина надходить до видаткового бункера 15, з якого

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

за допомогою пневмогвинтового насоса 14 транспортується до силосів для подальшого зберігання.



- 1 – транспортер; 2 – дозувачі; 3 – бункери клінкеру, гіпсу та золи;
 4 – фільтр; 5 – вентилятор; 6 – пристрій для знепилювання; 7 – трубний кульовий млин; 8 – кран; 9 – аспіраційна шахта; 10 – циклон;
 11 – електрофільтр; 12 – вентилятор; 13 – цементні силоси;
 14 – пневмогвинтовий насос; 15 – витратний бункер

Рисунок 3.1 – Схема технологічної лінії цеха помелу клінкера помельним агрегатом відкритого циклу

Для інтенсифікації процесу помелу, підвищення продуктивності млина та покращення ефективності подрібнення матеріалу застосовується аспірація млина. Створення розрідження всередині агрегату запобігає виділенню пилу в навколишнє середовище, сприяє зниженню температури цементу на виході з млина та забезпечує більш сприятливий температурний режим роботи його вузлів.

Запилене повітря після млина надходить до аспіраційної шахти 9, далі очищується в циклонах 10 і після цього спрямовується на остаточне очищення в електрофільтр 11. Очищене повітря викидається в атмосферу за допомогою вентилятора 12. Цементний пил, уловлений циклонами 10 та електрофільтром

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

11, направляється до бункера цементу 15, звідки насосом 14 транспортується в силоси 13 для подальшого зберігання.

У місцях пересипання компонентів шихти на стрічковий транспортер встановлюються забірні пристрої 6, за допомогою яких вентиляторами 5 здійснюється відсмоктування запиленого повітря. Після проходження через рукавні фільтри 4 повітря очищується та викидається в атмосферу. Уловлений пил повертається до відповідних бункерів 3 з компонентами шихти.

Силоси цементу та видатковий бункер 15 обладнані системами очищення надлишкового повітря, що працюють із використанням рукавних фільтрів.

Під час помелу в помельних агрегатах, особливо тих, що працюють за відкритим циклом, температура цементу може перевищувати 100 °С. Це негативно впливає на продуктивність млинів і збільшує тривалість витримування цементу на складі, оскільки відвантаження гарячого цементу споживачам не допускається.

Зниження температури цементу здійснюється як безпосередньо в процесі помелу, так і під час його транспортування за допомогою спеціальних охолоджувальних пристроїв.

Найбільш поширеними способами охолодження цементу в процесі помелу є аспірація млинів, подача води безпосередньо в млин, а також, у деяких випадках, водяне охолодження корпусу млина.

Цементні силоси призначені для зберігання готової продукції та забезпечення безперервного планового відвантаження цементу. Їх місткість повинна забезпечувати запас цементу, що відповідає 10–12-добовій продуктивності заводу з урахуванням необхідності роздільного зберігання цементів різних марок. Конструктивно силос являє собою залізобетонний циліндр із конічним днищем. На сучасних цементних заводах діаметр силосів, як правило, становить 12 або 18 м.

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

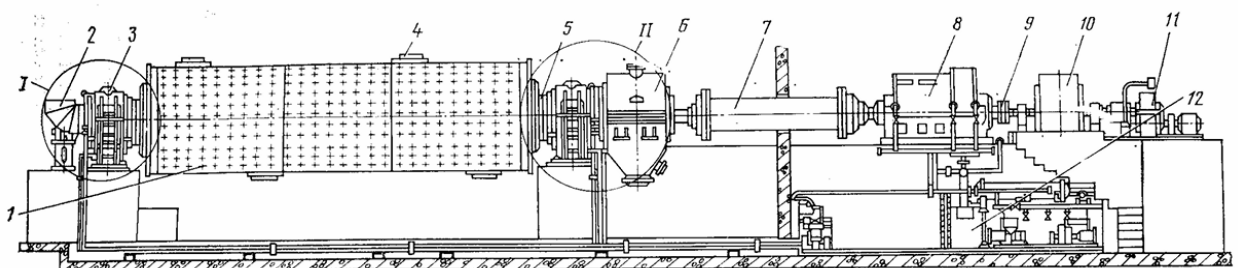
Силоси можуть встановлюватися безпосередньо на фундамент або на колони. У разі встановлення на фундамент транспортні засоби для навантаження цементу повинні підїжджати збоку та розташовуватися дещо нижче рівня основи силосу. Встановлення силосів на колонах забезпечує більш зручний заїзд транспорту безпосередньо під силоси.

Для запобігання злежуванню цементу та покращення його сипкості під час розвантаження на днищах силосів монтуються спеціальні аерувальні пристрої. Вони являють собою металеві коробки з кришками, виконаними з пористих перегородок. Загальна робоча площа таких перегородок повинна становити не менше 20 % площі днища силосу. Під пористі перегородки подається очищене від вологи та мастила повітря під тиском 0,3 МПа. Витрата повітря на аерацію цементу під час розвантаження силосу становить 0,3–0,4 м³/хв.

Для завантаження млина мелючими тілами, а також виконання ремонтних і монтажних робіт у цеху передбачаються мостові крани 8 та інші вантажопідіймальні механізми.

3.2 Конструкція та принцип дії трубного кульового млина Ø4×13,5 м

В даний час одним з найбільше поширених млинів, які застосовуються як при здрібнюванні сировинних матеріалів, так і при помелі клінкеру є млин Ø4×13,5 м, представлений на рис. 3.2.



1 – барабан; 2 – завантажувальний пристрій; 3 – цапфовий підшипник;

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

4 – люк; 5 – розвантажувальний пристрій; 6 – камера розвантаження;
 7 – проміжний вал; 8 – редуктор; 9 – еластична муфта;
 10 – електродвигун; 11 – допоміжний привід; 12 – мастильна система

Рисунок 3.2. – Трубний кульовий млин $\varnothing 4 \times 13,5$

Технічна характеристика кульового млина наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика трубного кульового млина $\varnothing 4 \times 13,5$ м

Показники	Значення
Продуктивність при помелі (при 10%-вому залишку на ситі № 008), т/рік:	
цементу	75-100
шламу	120-160
Діаметр, м.	4,0
довжина барабана	13,5
Частота обертання млина, об/хвилину:	
головного	16,1
допоміжного	0,2
Потужність електродвигуна приводу, кВт:	
головного	3200
допоміжного	55
Частота обертання електродвигуна, об/хв	500
Напруга, що підводиться, В	6000/380
Маса без електроустаткування і тіл, що мелють, т.	486,5
Завантаження тілами, що мелють, т	До 226

Млин складається з барабана 1, завантажувального пристрою 2, розвантажувального пристрою 5, розвантажувальної камери 6, головного та допоміжного приводів, а також системи 12 рідкого мастила вузлів агрегату. До складу головного приводу входять двоступінчастий циліндричний редуктор 8, з'єднаний із млином за допомогою проміжного вала 7, та електродвигун 10, сполучений із редуктором через еластичну муфту 9. Допоміжний привід 11 призначений для повільного обертання млина під час виконання ремонтних і монтажних робіт.

Барабан млина має зварну конструкцію та виготовляється зі сталевих листів завтовшки 45 мм. З обох торців барабан закривається кришками 16, які переходять у порожнисті цапфи 13. Цапфи спираються на цапфові підшипники 3, що сприймають навантаження від власної маси барабана та передають його на фундаментні конструкції.

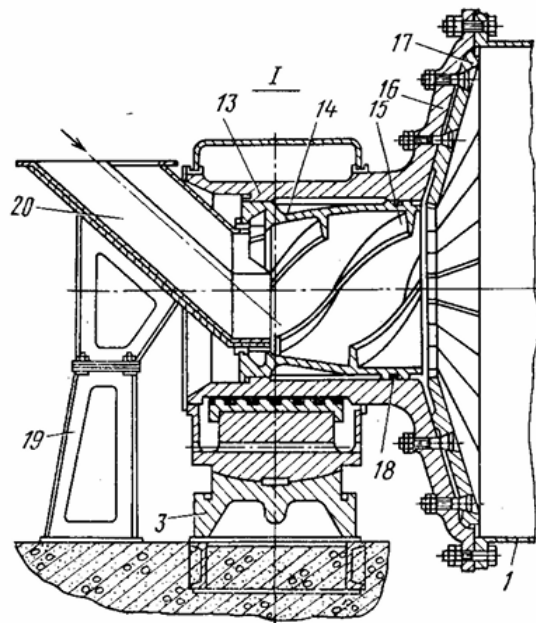
Кришки кріпляться до циліндричної частини барабана болтовими з'єднаннями по всьому периметру. З внутрішнього боку вони футеруються плитами 17 із марганцевистої сталі, товщина яких становить 50–110 мм.

Для завантаження мелючих тіл, а також проведення монтажних робіт і заміни футерувальних плит у корпусі барабана передбачені спеціальні люки 4.

По довжині барабан розділений подвійною міжкамерною перегородкою на дві робочі камери: кульову та цильпесну.

Завантажувальний пристрій 2 млина (рис. 3.3) складається зі сталевий

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



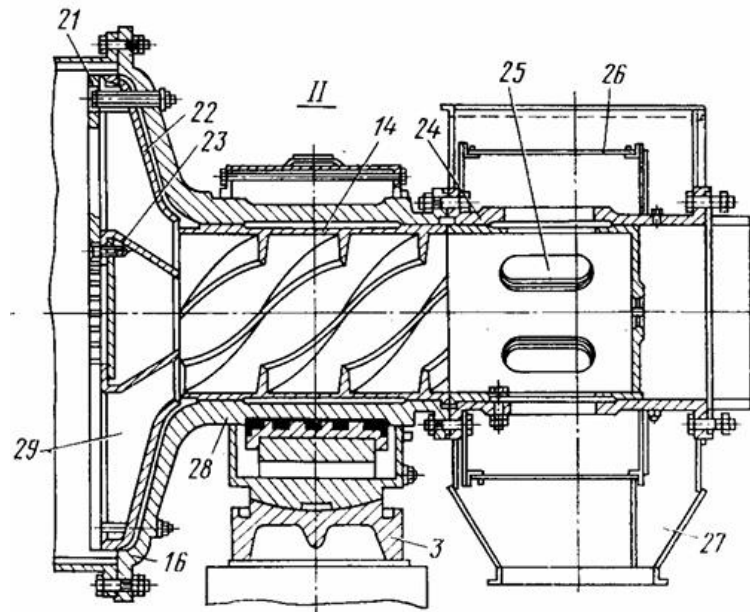
13 – пустотіла цапфа; 14 – завантажувальна втулка; 15 – гвинтові ребра (лопасті); 16 – кришка; 17 – плити із марганцовистої сталі; 18 – войлочна прокладка; 19 – металева тумба; 20 – живильна тічка; 21 – розвантажувальна решітка; 22 – діафрагма; 23 – направляючий конус; 24 – розвантажувальний патрубок; 25 – отвори; 26 – контрольне сито; 27 – патрубок; 28 – вихідна цапфа; 29 – полость.

Рисунок 3.3 – Завантажувальний пристрій

похило розташованої живильної тічки 20 із внутрішньою футеровкою. Тічка розташована на металевій тумбі 19, міцно прикріпленої до фундаментної плити. Тічка входить у торцеву частину вхідної цапфи 13, у якій встановлений й обертається разом із млином завантажувальна втулка 14, що подає собою трубу з литими гвинтовими ребрами (лопатями) 15. Між тічкою і завантажувальною втулкою прокладені просочені рясним мастильним матеріалом ущільнення 18 (повстяні прокладки). Матеріал надходить у тічку і з неї направляється лопатами завантажувальної втулки в барабан млина.

Розвантажувальний устрій млина (рис.3.4) має вихідну кришку 16,

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



13 – пустотіла цапфа; 14 – завантажувальна втулка; 15 – гвинтові ребра (лопасті); 16 – кришка; 17 – плити із марганцовистої сталі; 18 – войлочна прокладка; 19 – металева тумба; 20 – живильна тічка;
21 – розвантажувальна решітка; 22 – діафрагма; 23 – направляючий конус; 24 – розвантажувальний патрубок; 25 – отвори; 26 – контрольне сито; 27 – патрубок; 28 – вихідна цапфа; 29 – полость.

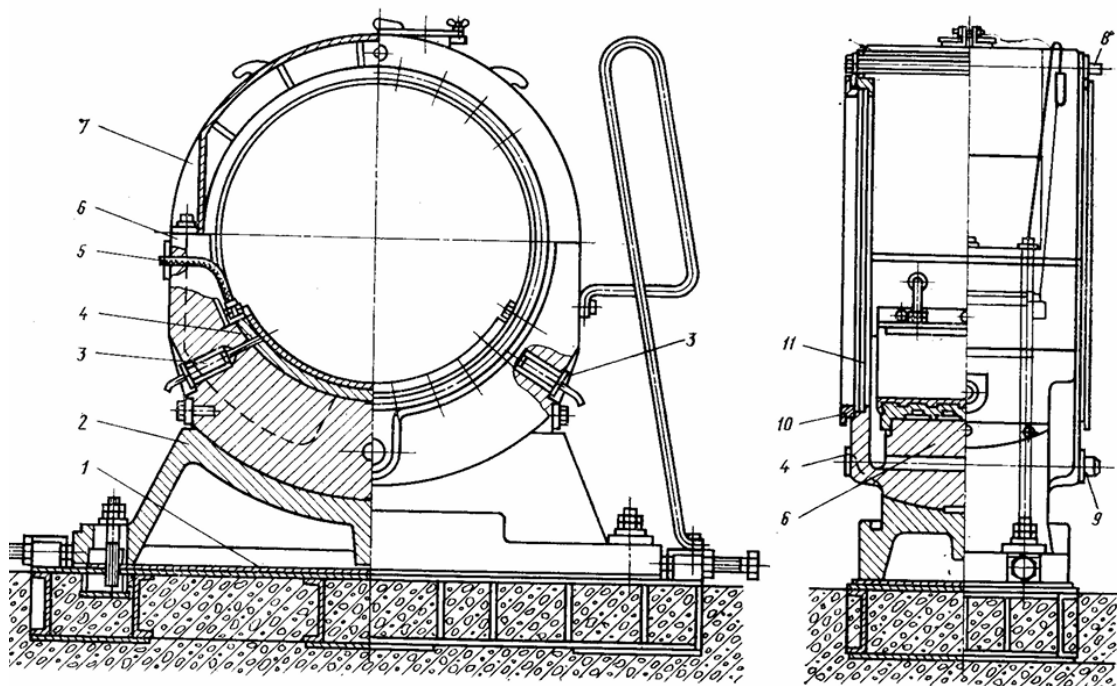
Рисунок 3.4 – Розвантажувальний пристрій млина

відлиту разом із цапфою 28. До днища прикріплені болтами радіальні литі сектори розвантажувального штахету 21 із щільовидними отворами, через як проходить розмелений матеріал у порожнину 29, обмежену кришкою і штахетом. Між штахетом і кришкою встановлена лита діафрагма 22 із направляючим конусом 23 і радіальними lopatями. При обертанні барабана здрібнений цемент захоплюється lopatями і падає на конус, після чого надходить у розвантажувальну втулку 14 вихідної цапфи 28, по якій переміщається до розвантажувального патрубку 24, розташованому між цапфою і приводним валом млина.

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

У патрубку 24 передбачені отвори 25 для розвантаження матеріала на циліндричне контрольне сито 26. Значні частки, а також можливі осколки мелючих тіл, затримуються ситом, а готовий продукт направляється до транспортних устр оів. Затримані ситом значні частки надходять у патрубок 27 розвантажувальної камери і видаляються з млина.

Цапфові підшипники (рис.3.5) призначені для зпирання барабана млина,



1 – рама; 2 – корпус; 3 – термодатчик; 4 – вкладиш; 5 – труба для охолодження; 6 – корпус вкладиша; 7 – кришка підшипника; 8,9 – патрубок; 10 – кільце; 11 – войлочне ущільнення

Рисунок 3.5 – Цапфовий підшипник

складаються з рами 1, корпуса 2, вкладиша 4, корпуса вкладиша 6 і кришки 7. Корпус підшипника та вкладиш з'єднані по сферичних поверхнях, що забезпечує самовстановлення підшипникового вузла під час роботи млина. Внутрішня поверхня вкладиша залита бабітом. Вкладиш із кутом охоплення

цапфи 120° оснащений двома вбудованими термодатчиками 3. Перший датчик подає сигнал при досягненні температури бабітового шару 65 °С, а другий при нагріванні до 80 °С формує сигнал на аварійну зупинку млина.

Для запобігання проникненню пилу та витіканню мастильного матеріалу через зазори кришка 7 підшипника зварної конструкції кріпиться до вкладиша болтовими з'єднаннями. З торцевих боків підшипника встановлені повстяні ущільнення, натискання яких регулюється за допомогою притискних півкілець 1.

Змащування цапфових підшипників здійснюється примусово-циркуляційною мастильною системою. Мастильний матеріал подається в підшипник через патрубок 8, після чого рівномірно розподіляється по верхній поверхні цапфи. Під час обертання цапфи мастило затягується в зазор між нею та вкладишем, утворюючи мастильну плівку. Відпрацьоване мастило відводиться з підшипника через патрубок 9.

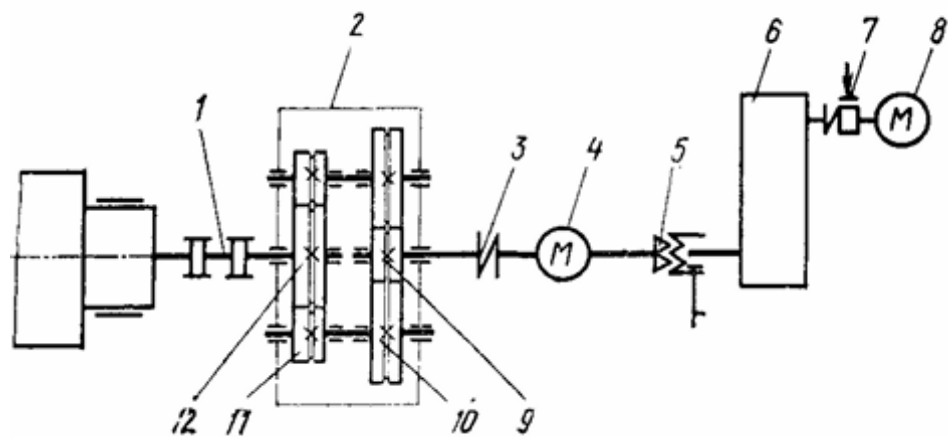
Для охолодження вкладиша в його корпусі змонтовано змієвик, у який через трубу 5 подається холодна вода. Після нагрівання вода відводиться із системи. Додатковому відведенню тепла сприяє також робота примусово-циркуляційної системи змащування.

Трубні кульові млини можуть оснащуватися як центральним, так і периферійним приводом. При цьому в агрегатах для одночасного сушіння та помелу сировинних матеріалів переважно використовуються периферійні приводи, що дають можливість істотно збільшити прохідний переріз цапфи.

Привід млина (рис. 3.6) складається з головного та допоміжного приводів. Головний привід включає електродвигун 4, муфту 3, редуктор 2 та проміжне з'єднання 1, до складу якого входять порожнистий проміжний вал і дві зубчасті муфти. Даний привід призначений для обертання млина в робочому режимі з частотою 16,1 об/хв.

Редуктор головного приводу, виконаний за схемою «Симметро», являє собою конструкцію, у котрій момент, що крутить від швидкохідної

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



1 – проміжне з’єднання; 2 – редуктор; 3 – муфта; 4 – електродвигун;
 5 – кулачкова муфта; 6 – редуктор; 7 – тормоз; 8 – електродвигун;
 9 – швидкохідна шестерня; 10, 11 – зубчасте колесо; 12 – тихохідне колесо

Рисунок 3.6 – Привід млина

шестерні 9 розподіляється між двома зубцюватими колесами 10, сполученими за допомогою торсіонів із зубцюватими колесами 11. Крутний момент від двох зубчастих коліс 11 передається тихохідному колесу 12. У редукторах такої конструкції навантаження розподіляється між двома потоками потужності, що зменшує навантаження в зубчастих зачепленнях, підвищує довговічність зубчастих коліс та забезпечує більш компактне виконання редуктора.

Опори валів редуктора встановлені на підшипниках кочення. У розточках корпусу змонтовані спеціальні стакани, які запобігають провертанню підшипників і їх осьовому зміщенню. Проміжні вали виконані «плаваючими» в осьовому напрямку, що забезпечує самовстановлення шевронних коліс у процесі експлуатації. Швидкохідний і тихохідний вали мають жорстку осьову фіксацію.

Допоміжний привід призначений для провертання млина під час проведення ремонтних робіт, а також при заміні мелючих тіл. Обертання здійснюється від окремого електродвигуна 8 через редуктор 6, гальмівну муфту 7, кулачкову муфту 5 та далі через головний привід. Частота обертання млина при роботі допоміжного приводу становить 0,2 об/хв.

Основними недоліками приводів, оснащених циліндричними редукторами, є значні габаритні розміри та велика маса конструкції.

Технічні характеристики приводу трубного кульового млина $\varnothing 4 \times 13,5$ м наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика приводу трубного кульового млина $\varnothing 4 \times 13,5$ м

Показники		Значення
1		2
Головний привід		
Електродвигун		
N, кВт		3150
n, об/хвилину		500
Редуктор		
A, мм		4000
I		31
Крутильний момент на проміжному валу, $M_{кр}$, МН·м		1,8
Частота обертання млина, об/хвилину		16,1
Допоміжний привід		
Електродвигун		
N,кВт		55
n, об/хвилину		985
Редуктор		
A, мм		1615
I		159

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

Продовження таблиці 3.2

1	2
Крутильний момент на проміжному валу	
$M_{кр}, \text{МН} \cdot \text{м}$	2,2
$i_{заг}$	4942
Частота обертання млина, об/хвилину	0,2

Пристрої, розташовані всередині млина

До внутрішніх елементів конструкції млина належать футеровка, міжкамерні перегородки та підпірні кільця.

Футеровка виконує функцію захисту корпусу млина від абразивного впливу мелючих тіл і подрібнюваного матеріалу, а також суттєво впливає на ефективність процесу помелу.

Основними вимогами до футеровки є: забезпечення раціональних режимів руху мелючих тіл для досягнення необхідної продуктивності та тонкості помелу; висока зносостійкість; достатня механічна міцність; надійність і простота кріплення; зручність демонтажу та заміни; забезпечення належного рівня шумоізоляції.

Більшість сучасних млинів працює з постійною частотою обертання (винятком є млини з безредукторними приводами). У зв'язку з цим можливості регулювання процесу подрібнення обмежуються відносно невеликою кількістю технологічних параметрів, серед яких зміна завантаження мелючими тілами за масою та типорозмірами, регулювання аспірації млина, введення спеціальних добавок тощо. Найбільш важливим чинником при цьому є правильний вибір конструкції футеровки.

Характер взаємодії між футеровкою, мелючими тілами та матеріалом, а також розподіл мелючих тіл за розмірами вздовж напрямку руху матеріалу істотно впливають на процес подрібнення та характеристики кінцевого

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

продукту. Зі зменшенням необхідної крупності готового продукту повинні відповідно зменшуватися і розміри мелючих тіл.

Футерувальні плити виготовляють різних типорозмірів: довжиною 250–500 мм, шириною 300–400 мм, товщиною 50–110 мм та масою не більше 80 кг. Для їх виробництва зазвичай використовують зносостійкі сталі з вмістом марганцю 12–14 % та додаванням легувальних елементів, зокрема нікелю та інших компонентів.

Залежно від призначення робоча поверхня футерувальних плит може бути гладкою, рифленою, хвилястою, східчастою, ребристою, кільцевою та інших конструктивних виконань.

Останніми роками сортувальні плити рекомендується встановлювати на стадіях середнього та тонкого подрібнення, тоді як циліндричні плити (рис. 3.7) доцільно застосовувати на стадії грубого подрібнення, тобто на початкових ділянках млина.

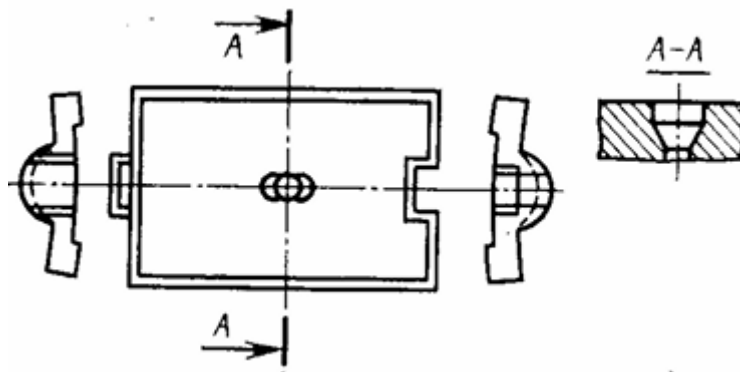


Рисунок 3.7 – Циліндричні плити футеровки для стадії грубого здрібнювання

Циліндричні полочні плити (рис.3.8) забезпечують зчеплення з завантаженням наявністю полиць, а сортування - визначеним розміщенням плит по окружності барабана і довжині.

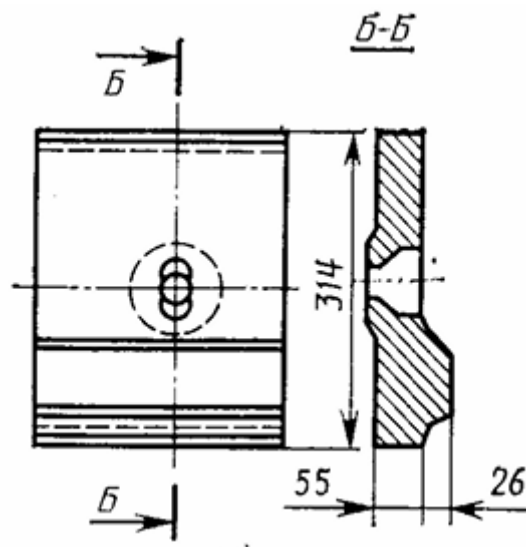


Рисунок 3.8 – Циліндричні полочні плити

Широко поширені конусно-східчасті з каблучковою поверхнею (рис. 3.9) і конусно-хвилясті (рис. 3.10) плити. У цьому випадку класифікацію мелючих тіл забезпечують конусністю, а необхідне зчеплення між матеріалом, кулями і плитами – каблучковою або хвилястою поверхнею плит.

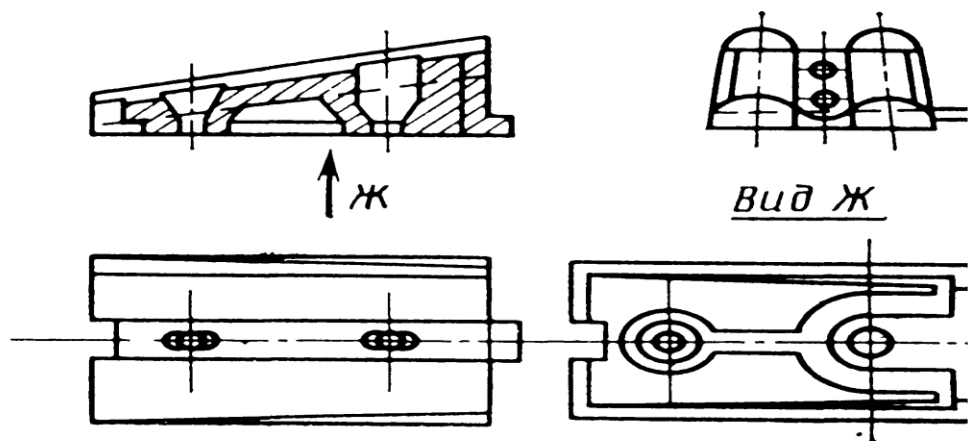


Рисунок 3.9 – Плити конусно-хвилясті

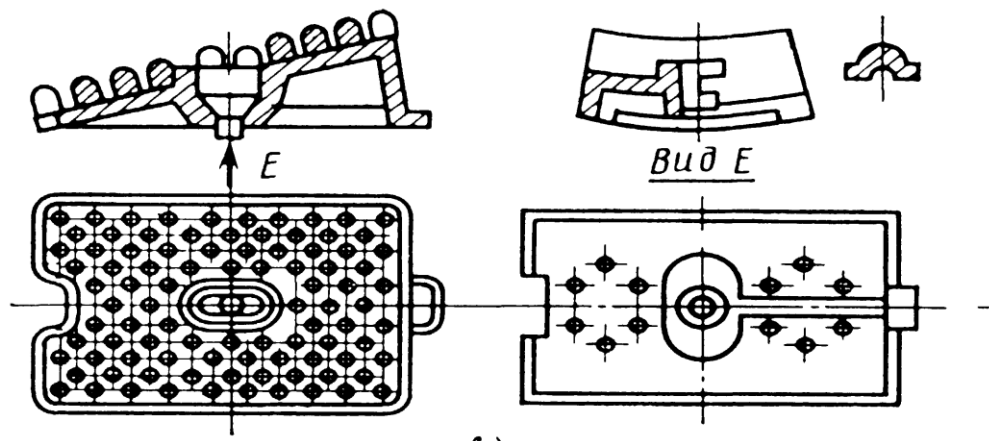


Рисунок 3.10 – Плити конусно-східчасті з каблучковою поверхнею

Сутність самосортування мелючих тіл конусними плитами полягає в такому: плити встановлюють так, щоб робоча поверхня кожної каблучки плит розташовувалася під кутом до центральної осі – осі барабана млина – і утворювала набір усічених конусів, звернених своєю вершиною убік розвантаження.

Використання конусно-східчастих і конусно-хвилястих футерувальних плит виявило низку недоліків, серед яких: суттєве зменшення корисного об'єму млина, інтенсивне зношування виступів на ділянках дії великих мелючих тіл, забивання проміжків між виступами подрібнюваним матеріалом, а також складність виготовлення таких плит.

Останніми роками у вітчизняній промисловості розроблено та впроваджено ряд нових конструкцій класифікувальних футерувальних плит зі змінним коефіцієнтом зчеплення, виготовлених із прокатних профілів. Така футеровка формується з прокатних елементів різної висоти, які розміщуються певним чином по колу барабана млина. Зміною кута нахилу плит β або кроку t між високими профільними елементами забезпечується оптимальне значення коефіцієнта зчеплення.

Застосування даної конструкції дозволяє формувати необхідні режими руху мелючих тіл: водоспадний (ударний) режим — на стадії грубого подрібнення; змішаний водоспадно-каскадний — на проміжній стадії; каскадний — на стадії тонкого подрібнення.

Прокатні профілі виготовляють зі сталей М75 та М76 висотою 60, 95 і 125 мм. Кріплення футерувальних плит до корпусу млина здійснюється спеціальними болтами 4 через отвори у високих профілях прокату 3. Болти затягуються гайками 7 через шайби 6 з азбестовою набивкою 8, що запобігає проникненню матеріалу через отвори корпусу.

Для запобігання випадінню прокатних елементів 1 їх фіксують металевими смугами 2, які під час монтажу футеровки забиваються в пази, утворені профілями. З метою зниження рівня шуму при роботі млина під прокатну футеровку укладають листову гумову прокладку 5.

Застосування даного типу футеровки дозволяє збільшити корисний об'єм млина та його продуктивність при одночасному зниженні питомих витрат електроенергії на помел. Крім того, використання прокатних профілів для футерування млинів сприяє підвищенню довговічності обладнання, зменшенню витрат на ремонт і технічне обслуговування.

Міжкамерні перегородки являють собою плоскі плити зі щілинними отворами. Для полегшення монтажу їх виготовляють у вигляді окремих секторів або сегментів, які збираються безпосередньо всередині млина. Після складання перегородка повинна мати достатню жорсткість і міцність, забезпечуючи сприйняття значних осьових навантажень, що виникають під дією подрібнюваного матеріалу та мелючих тіл.

Основний показник перегородок – сума площ щілин, що припадає на одиницю площі перегородки, або живий перетин. У середньому вона дорівнює $7 \div 10\%$. У розвантажувальних штахетах вона складає $5 \div 7\%$. Форму і розміри щілин приймають різноманітними, але вони у всіх випадках повинні задовольняти головній вимозі – робити мінімальний опір пересуванню

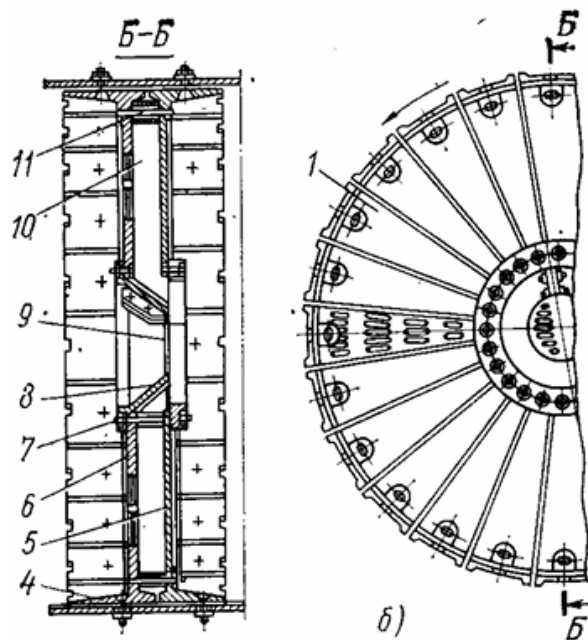
					4ТС53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріалу і повітря при аерації млина, затримувати мелючі тіла. Розрізняють перегородки одинарні, подвійні і елеваторні.

У трубних млинах $\varnothing 4 \times 13,5$ м застосовується одинарна перегородка і складається із шістнадцятих секторів 1, скріплених у центральній частині двома фланцями 2 болтами 3. Сектори мають борти 4, що підвищує жорсткість перегородки і забезпечує надійність кріплення її до барабана млина болтами.

Подвійна плита перегородка (рис. 3.11), у млині $\varnothing 4 \times 13,5$ м (рис. 3.11) складається з двох стінок – передньої 6 і задньої 5. Кожна стінка зібрана з 24 литих секторів.

Стінки сполучені шпильками 11 і болтами 7 із установленими між стінками розпирними трубами, що перешкоджають зближенню перегородок і



1 – сектор; 2 – фланець; 3 – болт; 4 – борт; 5 – задня стінка; 6 – передня стінка; 7 – болт; 8 – розвантажувальний конус; 9 – аспіраційний отвір; 10 – полость; 11 – шпилька

Рисунок 3.11 – Подвійна перегородка трубних кульових млинів

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

захищають болти від стирання. Матеріал проходить через щілини передньої перегородки 6 у порожнину 10 між стінками і потім через задню стінку (штахет) і розвантажувальний конус 8 у другу камеру. Подвійна перегородка сприяє більш швидкому просуванню з першої камери дрібних фракцій, тому що вони прокидаються через щілини в корпусі і проходять у другу камеру, а крупне зерно сковзає по поверхні конуса і повертається в першу камеру на домел. У центральній частині перегородки влаштовують аспіраційний отвір 9 для зменшення опору прямуюванню повітря.

Литі перегородки аналогічно плитам футеровки виготовляють із марганцовистих сталей.

На багатьох млинах установлюють перегородки з пруткового прокату різних профілів (круглого, овального), що зварюються між собою зі зберіганням необхідного зазора. Робочі поверхні перегородки наплавляються твердими сплавами.

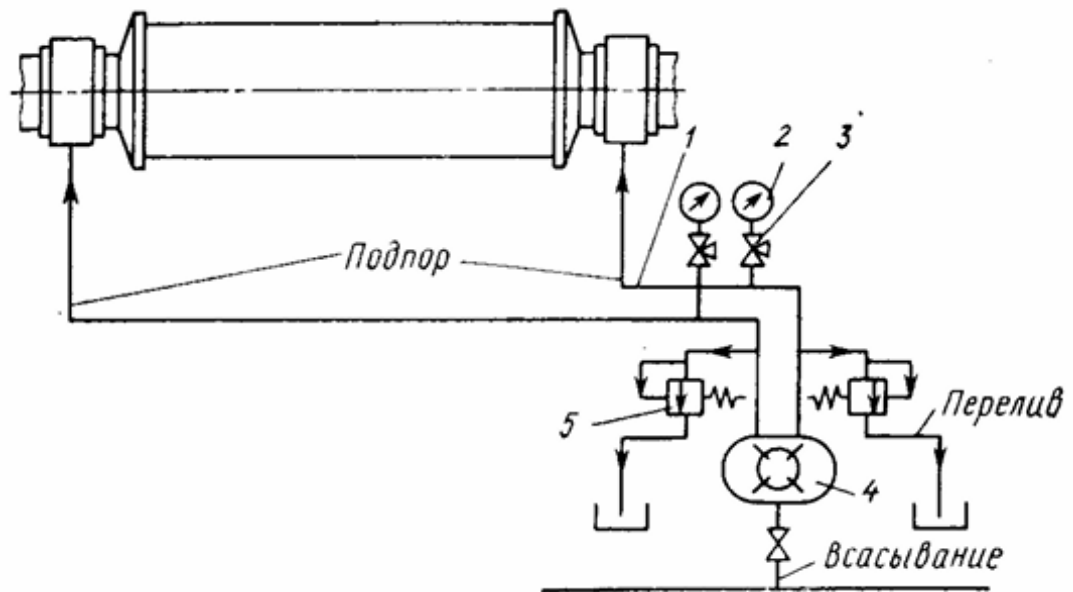
У млинах діаметром більш 3 м передбачають гідропідпор, (рис. 3.12) що полягає в підводі до цапф млина в момент її пуску і припинення масла під високим тиском.

У результаті цього під цапфою з'являється масляний клин і спостерігається незначний підйом цапфи, що різко зменшує сили тертя між цапфою і вкладишем підшипника, знижуючи пускові навантаження на двигун і зменшуючи знос пар тертя.

Система гідропідпору складається з насосної установки, що входить у комплект млина і включає в себе гідронасос 4, що створює тиск 10 МПа, захисний клапан 5, масляний бак і фільтри для очищення масла, електроконтактні манометри 2 з електроапаратурою, запірну апаратуру 3 і трубопроводи 1.

Постачання системи гідропідпору маслом, а також його очищення і підігрів при необхідності здійснюються від циркуляційної системи рідкого змазування млина (ЦСРЗ).

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



1 – трубопровід; 2 – манометр; 3 – запорна апаратура; 4 – гідронасос;
5 – клапан

Рисунок 3.12 – Схема гідропідпору

Для змащування основних вузлів тертя трубних млинів застосовують мінеральні і пластичні мастильні матеріали. При використанні мінеральних масел застосовують різноманітні методи змащування – безупинне, періодичне, циркуляційне, змащування зануренням і під тиском, змащування масляним туманом і ін. При використанні пластичних мастильних матеріалів застосовують ресурсне змащування (одноразове перед початком роботи), змащування набивкою, під тиском і ін.

У залежності від виду мастильні матеріали бувають рідкі, пластичні і газоподібні.

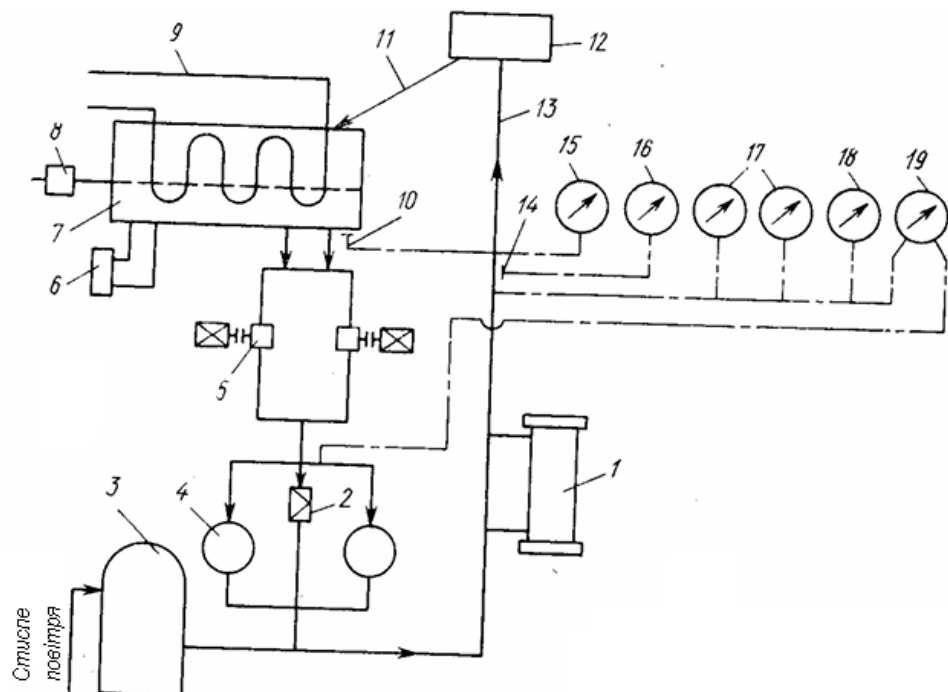
По характеру циркуляції мастильного матеріалу мастильні системи бувають проточні і циркуляційні. У проточних системах мастильний матеріал подається до тертьових поверхонь періодично невеличкими порціями, використовується в роботі один раз і в резервуар системи не повертається. Всі системи з використанням пластичного мастильного матеріалу є проточними. У

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

циркуляційних системах застосовують тільки рідкі мастильні матеріали, що циркулюють багаторазово між вузлом тертя і резервуаром.

У мастильній системі млина $\varnothing 4 \times 13,5$ м (рис.3.13) сполучається більшість перерахованих засобів змащування.

Схемою передбачене змащування таких вузлів млина: цапфових підшипників (трубопроводи А подачі мастила) - рідким мастильним матеріалом від циркуляційної системи (ЦСРЗ-1) із подачею 125 л/хв. під тиском до 0,4 МПа; підшипників качіння вала підвінцової шестерні і підшипників ковзання головного електродвигуна приводу - системою ЦСРЗ-2



- 1 – теплообмінник (охолоджувач мастила); 2 – перепускний клапан;
 3 – резервуар; 4 – фільтр; 5 – насос; 6 – сепаратор; 7 – резервуар для мастила; 8 – реле рівня мастила; 9 – паропровід; 10 – датчик;
 11 – трубопровід зливний; 12 – вузол тертя; 13 – трубопровід напорний;
 14 – датчик; 15 – термометр; 16 – електроконтактний термометр;
 17 – електроконтактний манометр; 18 – технічний манометр;
 19 – диференціальний манометр.

Рисунок 3.13 – Мастильна система млина

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

із подачею 50 л/хв. під тиском до 0,4 МПа (злив масла із систем ЦСРЗ-1 і ЦСРЗ-2 показаний штриховими лініями); відкрите зачеплення венцової і підвенцової шестерен – пластичним мастильним матеріалом від централізованої системи (ЦСПЗ) шляхом розпилення форсунками мастильного матеріалу струєю стиснутого повітря на зуби венцової шестерні (графітове мастило); редуктора допоміжного приводу і муфт зубцюватих проміжних з'єднань (на схемі не показані) – змащуванням зануренням (КЗ), електродвигун допоміжного приводу й опори проміжного вала (на схемі не показані) – пластичними мастильними матеріалами від індивідуальної системи змазування (ІС). Циркуляційні системи різноманітних млинів однакові і різняться лише подачею, типом насосів і фільтрів. До складу систем входить таке устаткування: резервуар 7 для мастила; два насоси 5 з електродвигунами, один із яких робочий, а другий резервний; два фільтри 4 із приводом; теплообмінник (маслоохолоджувач) 1 (при необхідності); трубопроводи напірний 13 і зливальний 11 і запірна арматура (вентилі, засувки, клапани); перепускний клапан 2; апаратура управління – один або два (у залежності від наявності маслоохолоджувача), електроконтактних термометрів 15 і 16; реле 8 рівня масла в резервуарі; два електроконтактних манометри 17; технічний манометр 18; технічний диференційний манометр 19 для контролю перепаду тиску на фільтрах; командний електроприлад для автоматичного очищення фільтрів.

При роботі системи мастило робочим насосом 5 через плаваючу усмоктувальну трубу подається з резервуара 7 у пластинчасті фільтри 4, у яких відбувається очищення масла від механічних домішок. Звідси через маслоохолоджувач 1 (при його наявності) по напірному трубопроводі 13 масло надходить до вузлів тертя 12. Після змащування усіх вузлів масло самотеком по зливальному трубопроводу 11 повертається в резервуар. У ньому воно відстоюється, звільняється від механічних домішок і частково - від води. Періодичне очищення масла в резервуарі здійснюється за допомогою

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

відцентрового сепаратора 6. Для поліпшення відстою, а також у холодний час року масло в резервуарі підігрівається парою, подаваною по паропроводі 9 за допомогою мембранного вентиля з електромагнітним приводом. Вентиль включається при мінімально припустимій температурі масла в резервуарі, а виключається при підвищенні температури масла до нормальної. Команду на вмикання і вимикання вентиля дає електроконтактний термометр 15, датчик котрого 10 установлений на резервуарі і контролює температуру масла.

Температура масла контролюється також після маслоохолоджувача за допомогою датчика 14 і електроконтактного термометра 16.

При підвищенні температури вище припустимого значення на пульт управління системою подається попереджувачий сигнал. Для безупинного виміру тиску масла до і після фільтрів 4 застосовують диференційний манометр 19. При нормальному перепаді тиску на фільтрах замкнутий мінімальний контакт цього манометра і на пульті управління мастильною системою горить зелена лампа.

Очищення фільтрів 4 виконується автоматично за допомогою вмикання їхніх приводів від командного приладу КЕП, або за допомогою датчика-реле різниці тисків. Періодичність умикання встановлюється в залежності від умов роботи системи і складає $6 \div 12$ годин. Тривалість умикання відповідає двум-трьом обертам патрона фільтра. У аварійних ситуаціях, коли фільтри засмічені і їхні приводи не включаються, спрацьовує перепускний клапан 2 і масло надходить до вузлів тертя, минаючи фільтри.

Для виміру тиску масла в напірному трубопроводі за теплообмінником установлений технічний манометр 18 загального призначення. Для контролю тиску масла в системі й автоматичному вмиканні резервного насоса на станції рідкого змазування встановлені два електроконтактних манометри (ЕКМ) 17.

Рівень масла в резервуарі контролюють за допомогою датчика 8 рівня поплавкового типу. До вузлів тертя 12 від напірного трубопроводу 13 масло подається за допомогою дросельних розподільників, постачених регуляторами

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

і показчиками витрати масла. У системі змонтований резервуар 3 (прес-бак), тиск повітря в котрому дорівнює тиску в напірному трубопроводі.

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

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Характеристика негативних та шкідливих факторів при виробництві цементу

Ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів у цементі повинна відповідати вимогам ДБН В.1.4-1.01. Радіаційний контроль виконують згідно з ДБН В.1.4-2.01.

Цемент і сировинні компоненти, що застосовують для його виробництва, відповідають IV класу небезпечності і відносяться до речовин малонебезпечних згідно з класифікацією за ГОСТ 12.1.007. Цементний пил виявляє фіброгенну і шкіроподразну дію.

Цемент як без добавок, так і з мінеральними добавками, є пожежовибухобезпечною речовиною, не утворює токсичних сполук у повітряному середовищі і стічних водах у присутності інших речовин. У стічних водах дає слаболужну реакцію [22].

Гранично-допустима концентрація (ГДК) пилу цементу в повітрі робочої зони не повинна перевищувати 6 мг/м³. Періодичність контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони повинна відповідати вимогам ГОСТ 12.1.005.

Працюючі, які виконують виробничі операції, що супроводжуються виділенням у повітряне середовище цементного пилу, повинні застосовувати засоби індивідуального захисту згідно з ДСТУ ГОСТ 12.4.041: спецодяг згідно з ГОСТ 27574 та ГОСТ 27575, спецвзуття - ДСТУ 3835, захисні окуляри-ГОСТ 12.4.013, засоби захисту органів дихання-ГОСТ 12.4.028 і ГОСТ 12.4.034.

Дозволено використання засобів індивідуального захисту імпортного виробництва за умови забезпечення необхідного рівня безпеки працюючих.

Виробничі приміщення повинні бути обладнані системами припливно-витяжної вентиляції, аспірації та опалення згідно з СНиП 2.04.05 та ДСТУ Б А.3.2-12; освітлення - відповідно до ДБН В.2.5-28; водопровідною

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

системою та каналізацією - згідно зі СНиП 2.04.01; питною водою - відповідно до ГОСТ 2874; побутовими приміщеннями - згідно зі СНиП 2.09.04.

Мікроклімат у виробничих приміщеннях повинен відповідати вимогам ГОСТ 12.1.005 і ДСН 3.3.6.042.

Вантажно-розвантажувальні роботи повинні здійснюватись відповідно до вимог ДБН А.3.2-2 і ГОСТ 12.3.009. При проведенні цих робіт повинні виконуватись загальні вимоги захисту працюючих згідно з ГОСТ 12.4.011, а для захисту шкіри рук працюючих слід використовувати засоби індивідуального захисту за ГОСТ 12.4.010 і ГОСТ 12.4.068.

Для забезпечення охорони довкілля викиди в атмосферу шкідливих речовин (за наявності) не повинні перевищувати гранично-допустимих концентрацій (ГДК), що встановлені ДСП 201.

Охорона ґрунту і поверхневих вод від забруднення промисловими відходами повинна здійснюватись відповідно до СанПиН 4630 та СанПиН 4690.

4.2 Техніка безпеки у сировинному відділенні цементного заводу

Враховуючи високий рівень оснащеності підприємств цементної промисловості складним технологічним обладнанням і механізмами, що використовуються для видобування та перероблення сировини, випалу сировинних сумішей, подрібнення клінкеру, транспортування, складування та відвантаження значних обсягів матеріалів, а також наявність великої кількості електродвигунів, під час проектування та експлуатації цементних заводів особливу увагу необхідно приділяти забезпеченню безпечних і комфортних умов праці персоналу. Організація охорони праці повинна

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

здійснюватися відповідно до вимог «Правил з техніки безпеки та виробничої санітарії на підприємствах цементної промисловості».

Особливо важливо, щоб новоприйняті працівники допускалися до виконання виробничих обов'язків лише після проходження навчання безпечним методам роботи та відповідного інструктажу з охорони праці. Додатковий інструктаж необхідно проводити щоквартально, а повторне навчання з питань техніки безпеки безпосередньо на робочому місці — щороку.

На діючих підприємствах усі рухомі елементи машин, механізмів і приводів повинні бути надійно огорожені. Захисту також підлягають електроустановки, приямки, люки, виробничі майданчики та інші потенційно небезпечні об'єкти. Електродвигуни та електротехнічне обладнання мають бути заземлені. Для безпечного виконання ремонтних робіт необхідно передбачати спеціальні пристрої та обладнання підйомно-транспортних механізмів.

Сушильні та помельні установки для вугілля, трубопроводи, сепаратори, а також бункери для зберігання пилу за наявності ризику вибуху повинні оснащуватися запобіжними клапанами. Устаткування для приготування вугільного пилу має працювати під розрідженням. Температура аеровугільної суміші на виході з млина не повинна перевищувати: для пісного вугілля – 100 °С, підмосковного – 80 °С, довгополум'яного та бурого – 70 °С. Не допускається висушування пилу до рівня гігроскопічної вологості [23].

Експлуатація дробарок, млинів, обертових печей, силосів, транспортних систем та вантажно-розвантажувального обладнання повинна здійснюватися відповідно до встановлених вимог безпеки для кожного виду устаткування.

Значна увага на цементних підприємствах має приділятися очищенню повітря та відхідних газів, що утворюються під час роботи печей і сушильних

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

агрегатів, з метою забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов праці. Згідно з чинними санітарними нормами проектування промислових підприємств, концентрація цементного та іншого пилу в повітрі виробничих приміщень не повинна перевищувати 0,04 мг/м³. Допустимий вміст оксиду вуглецю становить не більше 0,03 мг/м³, а сірководню – не більше 0,02 мг/м³. Концентрація пилу у повітрі, що викидається в атмосферу, не повинна перевищувати 0,06 г/м³. За умови належної роботи пиловловлювальних систем цей показник зазвичай знаходиться в межах 0,04–0,06 г/м³.

Для створення сприятливих умов праці всі виробничі приміщення цементних заводів повинні бути обладнані системами природної та механічної вентиляції. Зменшенню запиленості сприяє герметизація місць утворення пилу, а також організація місцевого відсмоктування повітря від бункерів, течок, дробильного та помельного обладнання. Залежно від продуктивності обладнання та інтенсивності виділення пилу рекомендовані такі обсяги аспіраційного повітря:

- для щоківих і молоткових дробарок — 4000-8000 м³/год;
- для елеваторів – 1200-2700 м³/год;
- для бункерів – 500-1000 м³/год;
- для вузлів перевантаження матеріалів – 300-3500 м³/год;
- для пакувальних машин – близько 5000 м³/год.

Повітря, що відбирається від цементних млинів, очищується за допомогою рукавних фільтрів або електрофільтрів. У випадках високої концентрації пилу перед ними додатково встановлюють циклони. При цьому швидкість фільтрації повинна бути такою, щоб через 1 м³ фільтрувальної тканини проходило не більше 60-70 м³ повітря за годину. Для очищення повітря, яке відсмоктується з камер сировинних млинів, зазвичай застосовують послідовно з'єднані циклон та електрофільтр. Повітря із сепараторів млинів і головок елеваторів очищується за допомогою рукавних фільтрів.

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

Гази, що утворюються під час роботи цементних печей, підлягають обов'язковому очищенню для запобігання забрудненню атмосферного повітря та прилеглих територій. З цією метою використовують електрофільтри. Якщо концентрація пилу у відхідних газах перевищує 25-30 г/м³, попередньо здійснюють їх очищення в батарейних циклонах.

Виробничі процеси на цементних підприємствах супроводжуються значним шумовим навантаженням, що виникає під час роботи численних механізмів і часто перевищує допустимий рівень у 90 дБ. Найбільш несприятливі умови спостерігаються в приміщеннях молоткових дробарок, сировинних і цементних млинів, а також компресорних установок, де рівень звукового тиску може становити 95-105 дБ і більше. У зв'язку з цим необхідно впроваджувати комплекс заходів щодо зниження шуму на робочих місцях. До таких заходів належать використання демпфувальних прокладок між внутрішньою поверхнею барабанів млинів і бронефутерувальними плитами, а також заміна сталевих плит у сировинних кульових млинах гумовими елементами. Застосування зазначених рішень дає змогу зменшити рівень шуму на 5-12 дБ. Ефективними також є встановлення шумоізоляційних кожухів на млини та дробарки, а також облицювання джерел шуму звукопоглинальними матеріалами, що забезпечує додаткове зниження рівня звукового тиску на 10-12 дБ.

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

ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі розглянуто технологію виробництва цементу за сухим способом. Сучасний сухий спосіб виготовлення цементу є суттєво вдосконаленим порівняно з традиційними технологіями. Найбільш енергоємний етап виробництва – декарбонізацію сировинної суміші – винесено за межі обертової печі та реалізовано в окремому апараті – декарбонізаторі. У цьому пристрої процес відбувається значно інтенсивніше завдяки ефективному використанню теплоти відхідних газів.

У дипломному проєкті наведено характеристику вихідних сировинних матеріалів, обґрунтовано вибір способу виробництва та розроблено технологічну схему виготовлення цементу. Виконано розрахунок складу сировинної суміші та визначено виробничу потужність підприємства. Крім того, спроектовано трубний кульовий млин розміром $\varnothing 4,0 \times 13,5$ м і розроблено його технологічну схему. Окрему увагу приділено аналізу шкідливих і небезпечних виробничих факторів, характерних для цементного виробництва, а також питанням охорони праці та техніки безпеки в сировинному відділенні цементного заводу.

Згідно з проєктними розрахунками, річна продуктивність підприємства становитиме 1430272,76 т цементу. Асортимент продукції включає портландцемент ПЦ І-500, портландцемент із шлаком ПЦ ІІ/Б-ІІІ-400 та шлакопортландцемент ШПЦ ІІІ/А-400. Завдяки своїм експлуатаційним властивостям зазначені марки цементу належать до найбільш поширених і затребуваних в'язучих матеріалів, які широко використовуються в сучасному будівництві.

Складений матеріальний баланс став основою для вибору основного технологічного обладнання та проєктування складських споруд, призначених для зберігання сировинних компонентів, сировинного борошна, клінкеру та готового цементу в силосах.

Матеріали пояснювальної записки можуть бути використані для подальшого планування виробничої діяльності та організації ефективної роботи цементного заводу.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дворкін Л.Й. Будівельні в'язучі матеріали. – Рівне: НУВГП, 2019.- 622 с.
2. В'язучі речовини: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт (Укл. Р.Ф. Рунова, А.А. Майстренко, О.П. Константиновський. – К.: КНУБА, 2013 – 41с.
3. Токарчук, В. В. Технологія спеціальних в'язучих матеріалів та виробів на їх основі. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Хімічні технології неорганічних і органічних зв'язуючих та композиційних матеріалів, спеціальності «Хімічні технології та інженерія» / В. В. Токарчук, Л. А. Нудченко, Ю. О. Коваленко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 458,14 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 46 с.
4. В'язучі матеріали : практикум з дисципліни «Загальна технологія тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів» / Г. М. Шабанова, А. М. Корогодська, О. В. Христич. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – 222 с.
5. Корнілович Б.Ю. Фізична хімія кремнезему і нанодисперсних силікатів: навчальний посібник / Корнілович Б.Ю., Андрієвська О.Р., Племянніков М.М., Спасьонова Л.М.; за редакцією чл.-кор. НАН України Б.Ю. Корніловича. – К.: «Освіта України», 2013. – 178.
6. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов. – М.: Академкнига, 2007. – 309 с.
7. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» / А. А. Сакович. – Минск : БГТУ, 2008. – 110 с.

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

8. Фізико-хімія сучасних неорганічних матеріалів [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних керамічних матеріалів» /Б.Ю. Корнілович, І.В. Пилипенко, І.А. Ковальчук; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,62 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 134 с.

9. Троян В.В. Добавки для бетонів і будівельних розчинів: навчальний посібник. Ніжин: ТОВ «Видавництво «АспектПоліграф», 2010. 228 с.

10. Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л., Мироненко А.В., Поліщук-Герасимчук Т.О., Кундос М.Г. Модифіковані гіпсові і сульфатно-шлакові в'язучі та матеріали на їх основі: Монографія Рівне: НУВГП, 2011. 188 с.

11. Курта С.А. Наповнювачі – синтез, властивості та використання: навчальний посібник / Сергій Андрійович Курта – Івано-Франківськ: Видавництво Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2012. 302 с.

12. Qiang Yuan, Caijun Shi, Dengwu Jiao. Rheology of Fresh Cement-Based Materials: Fundamentals, Measurements, and Applications / Q. Yuan, C. Shi, D. Jiao. London : CRC Press, 2023. 339 p.

13. Schramm Gebhard. A Practical Approach to Rheology and Rheometry / G. Schramm. – Karlsruhe : Thermo Electron, 2004. 268 p. ISBN 5-9532-0234-2.

14. Shchukin Evgeny Dmitrievich. Physical-chemical mechanics of disperse systems and materials. / E. Shchukin, A. Zelenev. London : CRC Press, 2016. 375 p. – ISBN 9780429099458.

15. Merhari Lhadi. Hybrid nanocomposites for nanotechnology. Electronic, optical, magnetic and biomedical applications / L. Merhari. New York : Springer, 2009. 847 p. ISBN 978-0-387-30428-1.

16. Wang J., Liu E. Upcycling waste seashells with cement: Rheology and early-age properties of Portland cement paste //Resources, Conservation and Recycling. – 2020. – Т. 155. – С. 104680.

					4TC53.026.161.001.ДП.ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

17. Дворкін Л.Й. Будівельні в'язучі матеріали. – Рівне: НУВГП, 2019.- 622 с.

18. Cyr M., Legrand C., Mouret M. Study of the shear thickening effect of superplasticizers on the rheological behaviour of cement pastes containing or not mineral additives //Cement and concrete research. – 2000. – Т. 30. – №. 9. – С. 1477-1483.

19. Kondratieva N. et al. Effect of additives SiC on the hydration and the crystallization processes of gypsum //Construction and Building Materials. – 2020. – Т. 235. – С. 117479.

20. Бутт Ю. М. , Сычев М. М. , Тимашев В. В. Химическая технология вяжущих материалов. – 1980. – 472 с.

21. Волженский А. В., Буров Ю. С., Колокольников В. С. Минеральные вяжущие вещества: учебник для вузов. Воронеж, 1979. – 476 с.

22. Лоскутов Ю.А. , Максимов В.М. , Веселовский В.В. Механическое оборудование предприятий по производству вяжущих строительных материалов: учебник. Москва, 1986. – 376 с

23. Сігунов О.О., Методичні вказівки до виконання дипломного проекту (роботи) для студентів IV курсу денної та V курсу заочної форм навчання підготовки бакалаврів з галузі знань, 16-хімічна та біоінженерія за спеціальністю 161-хімічні технології та інженерія (спрямованість на хімічну технологію в'язучих матеріалів) / Укл.: О.О. Сігунов, А.А. Салей, Т.В. Кравченко. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2017. – 20 с.

24. Смотраєв, Р.В. Методичні вказівки до оформлення дипломного проекту (Частина І. Загальні положення. Вимоги до пояснювальної записки): метод. вказівки для студ. ден. і заочно-дистанц. форми навч. / Р.В.Смотраєв та. інш.; Укр. держ. хім.-технол. ун-т. - Дніпропетровськ: УДХТУ, 2008. - 44с.

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

25. ДСТУ БВ.2.7-46:2010 Цементи загальнотехнічного призначення, Технічні умови ДСТУ Б. Державне підприємство "Орган з сертифікації цементів "СЕПРОЦЕМ", 2010. – 19 с.

26. ДСТУ БВ.2.7-85-99 Державний комітет архітектури, будівництва та житлової політики України. Цементи сульфатостійкі(ГОСТ 22266-94) – К. : Київ, 1999. 12 с.

27. Зозуля П.В. Проектирование цементных заводов / П.В. Зозуля, Ю.В. Никифоров. – С.-Пб: Синтез, 1995. – 445 с.

28. Пащенко О.О. В'яжучі матеріали / О.О. Пащенко, В.П. Сербін, О.О. Старчевська. – К.: Вища школа, 1995. – 413 с.

29. Пономарев И. Ф. , Верич Е. Д. , Чекрыгин В. С. , Златокрылов Р. М. Технология производства цемента сухим и полусухим способами, 1988. –109 с.

30. Environmental and technical assessment on the application of slate waste in Portland-composite cement CEM II / Bianca R.S Calderón-Morales et al. Journal of building engineering. 2024. Vol. 95. P. 110044. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110044> (date of access: 30.09.2024).

31. Таймасов Б. Технология производства портландцемента : Учеб. пособие. Шымкент : ЮКГУ, 2003. 297 с.

32. Дешко Ю.И., Креймер М.Б., Крыхтин Г.С. Измельчение материалов в цементной промышленности, 1964. – 276 с.

33. Сапожников М.Я. Механическое оборудование, 1971. – 384с.

34. Пироцкий В.З. Цементные мельницы: технологическая оптимизация: Санкт-Петербург, 1999. – 146 с.

35. Борщевский А.А., Ильин И.С., «Механічне устаткування підприємств будівельної індустрії», 1986

36. Сапожников М.Я., Дроздов Н.Е. «Довідник по устаткуванню заводів будівельних матеріалів», 1970

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

37. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навчальний посібник. Київ: Знання, 2007. 422 с. 2.

38 Екологічна безпека технологічних процесів у галузі: Курс лекцій: Павленко В.М., Тобілко В.Ю. (уклад.). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 145 с.

URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41512>

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

Форм	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка		
				Документація по				
				збірних одиницях				
				заново розроблена				
		A1	4ТС47.025.161.001.ДП.ПЗ	Технологічна схема				
		1		Склад шлаку, гіпсового				
				каменю та глини				
		2		Склад вапняку				
		3		Бункер вапняку				
		4		Бункер ДГШ				
		5		Бункер глини				
		6		Бункер колошникового пилу				
		7		Повітряно-прохідний				
				сепаратор				
		8		Сировинний млин				
		9		Циклон				
		10		Електрофільтр				
		11		Обертова піч				
		12		Охолоджувач клінкеру				
		13		Склад клінкеру				
		14		Силоси сировинного				
				борошна				
		15		Бункер шлаку				
		16		Бункер гіпсового каменю				
		17		Бункер клінкеру				
		18		Цементний млин				
		19		Цементні силоси				
		20		Сушильний барабан				
		21		Пакувальна машина				
				4ТС47.025.161.001.ДП.ПЗ				
Зм	Арк.	№ докумен.	Підп.	Дата				
Розроб.	Файзов М.				Технологічна схема	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Сігунов О.О.					д п	1	1
Консуль	Сігунов О.О.					УДУНТ ННІ УДХТУ		
Н.контр.	Сігунов О.О.					каф.ХТКС та БМ гр. 4		
Зав. каф	Зайчук О.В.					ТС-47		

[illegible]