

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інженерії
Кафедра Машинознавства та обладнання промислових підприємств
Освітньо-кваліфікаційний рівень спеціаліст
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
Спеціалізація Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МОПШ

_____ д.т.н., проф.
Архипов О.Г.
16 березня 2017 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Борисов Максим Олександрович
виконавець

1. Тема проекту

Виробництво вапна потужністю 240 тис. т/рік з розробкою обертової печі.
Керівник проекту (роботи) *доцент Тараненко Г.В.*

затверджені наказом вищого навчального закладу від 15 березня 2017 року № 79/78

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 30.05.2017 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) *Дані діючого виробництва*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Зміст визначається "Методичними вказівками до виконання дипломного проекту" та методичними вказівками до виконання відповідних обов'язкових розділів проекту

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

5.1. Технологічна схема – 1 лист формату А1

5.2. Креслення загального виду апарата - 1÷2 листа формату А1

5.3. Креслення загального виду основних складових одиниць - 3÷4 листів формату А1

5.4. Креслення складних деталей – до 2 листів формату А1

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 16.03.2017 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проектування	Строк виконання етапів	Примітки
1.	Аналітичний огляд	20.03.2017 р.	
2.	Технологічна частина	25.03.2017 р.	
3.	Конструкція та принцип дії апарата	29.03.2017 р.	
4.	Вибір конструкційних матеріалів	31.03.2017 р.	
5.	Параметричні розрахунки апарата (матеріальний баланс, технологічний розрахунок, гідравлічний розрахунок, тепловий баланс, тепловий розрахунок)	11.04.2017 р.	
6.	Розрахунок елементів апарата на міцність, жорсткість та стійкість)	24.04.2017 р.	
7.	Технологія виготовлення апарата	27.04.2017 р.	
8.	Ремонт та монтаж апарата	03.05.2017 р.	
9.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	04.05.2017 р.	
10.	Промислова екологія	10.05.2017 р.	
11.	Техніко-економічні розрахунки	18.05.2017 р.	
12.	Креслення:		Креслення виконуються поетапно протягом часу проробки розділів поз.5÷12
	Технологічна схема.	16.05.2017 р.	
	Загальний вигляд апарата.	22.05.2017 р.	
	Складальні одиниці. Деталі.	29.05.2017 р.	

Студент _____ Борисов М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)Керівник проекту (роботи) _____ Тараненко Г.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

№ строки	Формат	Позначення	Найменування	Кіл. листів	№ екз.	Примітки		
1								
2			<u>Документація загальна</u>					
3								
4	A1	141.012.00.000 ВЗ	Піч обертова горизонтальна	1		A1		
5	A1	2017.012.00.000 ТЗ	Схема технологічна	1		A1		
6								
7	A4	2017.012.00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	133		A4		
8								
9								
10								
11			<u>Документація</u>					
12			<u>за складальними одиницями</u>					
13								
14	A1	141.012.01.000 ВЗ	Станція опорно-упорна	1		A1		
15	A1	141.012.02. 000 ВЗ	Привід	1		A1		
16	A1	141.012.02.001	Вал проміжний	1		A1		
17	A1	141.012.02.002	Кришка редуктора	1		A1		
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
Взам. Инв. №								
	3	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	2017.012.00.000ПЗ		
Инв. № подл.	Разраб.	Борисов			Виробництво вапна потужністю 240 тис. т/рік з розробкою обертової печі.	Літ	Лист	Лис
	Пров.	Тараненко				Д	1	1
	Н.контр.	Карпюк				СНУ Кафедра МОПІ		
	Затв.	Архипов						
Подп. и дата								
Инв. № дубл.								

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра машинознавства та обладнання промислових підприємств

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту

освітньо-кваліфікаційного рівня *спеціаліст*

спеціальності *133 Галузеве машинобудування*

спеціалізації *Обладнання хімічних виробництв та підприємств
будівельних матеріалів*

на тему «**Виробництво ванна потужністю 240 тис. т/рік з розробкою
обертової печі**»

Виконав: студент групи ОХП-163с

Борисов М.О.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Керівник Тараненко Г.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Завідувач кафедри Архипов О.Г.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент Табунціков В.Г.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Зміст

Вступ	4
1. Аналітичний огляд	6
1.1. Області застосування вапна.....	6
1.2. Аналіз конструктивних і експлуатаційних параметрів машини.....	7
2. Технологічна частина	9
2.1 Обґрунтування обраного методу виробництва	9
2.2 Опис технологічної схеми виробництва	10
3. Конструкція та принцип дії обладнання	13
4. Вибір конструкційних матеріалів	15
5. Параметричні розрахунки обладнання	18
5.1 Матеріальний розрахунок виробництва і вибір основного технологічного устаткування	18
6. Розрахунок елементів апарата на міцність, жорсткість та стійкість	32
6.1. Конструктивний розрахунок.....	32
6.2. Розрахунок частоти обертання і потужності приводу обертової печі.....	33
6.3 Кінематичний розрахунок приводу.....	35
6.4. Розрахунок відкритої зубчастої передачі.....	37
6.5. Розрахунки на міцність.....	43
6.6. Висновки по конструкції і розрахунку барабана печі.....	64
7. Технологія виготовлення обладнання.....	66
7.1 Технологічний процес зборки печі обертової.....	73
8. Ремонт та монтаж обладнання.....	89
9. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	101
9.1 Охорона праці	101
9.2 Безпека у надзвичайних ситуаціях	111

					2017.012.00.000 ПЗ							
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Виробництво вапна потужністю 240 тис. т/рік з розробкою обертової печі			Літера	Аркуш	Аркушів		
Розроб.	Борисов									2	133	
Перев.	Тараненко							ЧНУ Кафедра МОПП				
Н. контр.	Карпюк											
Затв.	Архипов											

10. Промислова екологія	115
10.1 Відходи, що утворюються, на виробництві вапна.....	115
10.2 Вплив на здоров'я людини.....	116
10.3 Вплив вапна на ґрунт.....	117
11. Техніко – економічні розрахунки	120
11.1 Проектовані організаційно–технічні заходи	120
11.2 Загальна характеристика проєктованих заходів	120
11.3 Розрахунок річної виробничої потужності	121
11.4 Аналіз зміни собівартості продукції.	124
11.5 Розрахунок техніко-економічних показників	126
Висновки	131
Використана література	132

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

Розвиток хімічної промисловості є основою хімізації народного господарства. У зв'язку з цим першорядного значення набувають розробка досконалих конструкцій машин і апаратів хімічних виробництв, інтенсифікація виробничих процесів і зниження вартості устаткування, чому сприяє його правильний розрахунок і конструювання.

Хімічна промисловість - це дуже важна і досить складна галузь індустрії. Рівень і темп її розвитку визначають прогрес розвитку держави в цілому, показують вплив на економіку країни.

Інтенсифікація галузей хімічної індустрії направлена на підвищення економічної ефективності хімічного виробництва і під'їм економіки окремих районів України з урахування специфікації природно-економічних умов кожного регіону. Рівномірне розміщення хімічної промисловості по території України понизить втрати хімічної продукції і об'єми її перевезень, виключить зустрічні перевезення. Головна мета стратегії розвитку промислового комплексу полягає в забезпеченні правових, економічних, соціальних умов для створення сучасного, інтегрованого в українське і світове виробництво високо розвинутого промислового комплексу, адаптованого до ринкових умов і відповідає вимогам соціальної спрямованості економіки України.

Найбільшим споживачем вапна є металургійна промисловість, будівельна і хімічна промисловості. Промисловість будівельних матеріалів є однією з основних галузей народного господарства, що забезпечує випереджаючий розвиток капітального будівництва. Найважливішими будівельними матеріалами є: вапно, гіпс, різні цементи, оскільки тільки за наявності цих матеріалів можуть бути створені вироби і конструкції, з яких зводяться споруди.

У великій кількості вапно застосовується у виробництві різних хімічних продуктів: кальцинованої, каустичної і питної соди, у виробництві

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

карбиду, кальцію, хлорного вапна, бертолетової солі, вуглекислоти, синтетичного каучуку. Вапно служить необхідним реагентом в багатьох хімічних процесах. У цукровій промисловості вапно застосовують у вигляді молока при очищенні соку цукрового буряка і цукрового очерету. Також вапно застосовується у виробництві будівельних матеріалів, енергетиці, сільському і рибному господарстві. Суха крейдіяно-вапняна суміш використовується для будівництва і очищення води.

Всезростаюча потреба в цьому продукті вимагає вдосконалення діючих виробництв. Перспектива розвитку виробництва вапна немислима без впровадження комплексної механізації і автоматизації технологічних процесів, вдосконалення технології і апаратурного оформлення і комплексного використання сировини.

Широка сфера застосування вапна і його продуктів, а існуючи дефіцит для промисловості України в таких важливих продуктах робить доцільним проектування і будівництво нового виробництва, а також реконструкцію діючих виробництв.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1. Области застосування вапна

Вапно споживається різними галузями промисловості. Так, велика кількість вапна використовується в якості в'язучого для приготування будівельних розчинів – суміші в'язучої речовини, води і піску. Вапно також застосовується для спорудження конструкцій, що знаходяться у вологих експлуатаційних умовах – фундаментів і цоколів великих будівель, зрошувальних каналів; при виготовленні розчинів для кладки і штукатурки в сухих та вологих умовах; у виробництві будівельних матеріалів для виготовлення силікатних цегли і бетону.

У великій кількості вапно застосовують у виробництві різних хімічних продуктів: кальцинованої, питної і каустичної соди, у виробництві карбиду кальцію, хлорного вапна, бертолетової солі, вуглекислоти, синтетичного каучуку.

Найбільший споживач вапна – металургійна промисловість (виробництво чавуну і сталі).

У цукровій промисловості вапно застосовують у вигляді вапняного молока при очищенні соку цукрового буряка і цукрового очерету.

У вигляді вапняного розчину вапно використовують для обробки шкіри тварин, тканин, сирих «матеріалів у виробництві клею і т.д. Мелене вапно і вапняк застосовують для нейтралізації кислих ґрунтів.

Все більш зростаючі потреби народного господарства у вапні обумовлюють нарощування виробничих потужностей з його виробництва.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Аналіз конструктивних і експлуатаційних параметрів машини

Барабани, що горизонтально обертаються, широко використовуються в промисловості для сушіння та випалу різних матеріалів. Цей тип обертових печей універсальний і надійний в роботі. Їх недолік – громіздкість конструкції, порівняно невисока продуктивність з одиниці об'єму.

Основна частина апарату – барабан, встановлений горизонтально або під невеликим кутом до горизонту. Барабани без сорочок і футерування використовують в барабанних обертових печах, що працюють при невисоких температурах, холодильниках, кристалізаторах і повітряноохолоджувачах.

Барабани, футеровані усередині вогнетривкою цеглою, застосовують в печах, що працюють при високих температурах. На корпусі барабана кріплять спеціальні бандажі, які передають навантаження від ваги барабана з матеріалом на ролики опорних станцій, на одній з яких встановлюють упорні ролики, що не допускають осьового переміщення барабана. На обох кінцях барабана встановлюють камери для завантаження і вивантаження матеріалу (пересипні камери), а також підведення і відведення теплоносія.

Барабан може бути порожнистим або мати усередині насадки різної конструкції, які сприяють кращому розподілу матеріалу по поперечному перерізу барабана і ефективнішій теплопередачі. Вибір насадки залежить від умов процесу і властивостей сипкого матеріалу. Для матеріалів, не схильних до розколювання при падінні, встановлюють смугову насадку, яка забезпечує підйом матеріалу і його падіння вниз з самої верхньої точки підйому. Для зернистих матеріалів застосовують розподільну насадку, для дрібних матеріалів, схильних до пилоутворення, використовують перевалочну насадку. Вона складається з окремих осередків малого перерізу, матеріал в яких пересипається з малої висоти. Печі для випалу сипучих матеріалів насадки не мають.

Потрібне надійне ущільнення проміжку між барабаном, що обертається, і нерухомими камерами завантаження і вивантаження матеріалу, що

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перешкоджає підсосу газу в апарат, точніше сказати – підсосу атмосферного повітря в апарат. Робота вузла ущільнення ускладнюється значними переміщеннями кінців барабана і неточною формою його зовнішньої поверхні.

Для барабанів, що обертаються, застосовують осьове лабіринтове або радіальне ущільнення. Осьове лабіринтове ущільнення складається з двох елементів: один елемент обертається спільно з барабаном, другий елемент знаходиться в нерухомому стані. Вузкий зигзагоподібний проміжок (лабіринт) викликає опір руху газу. Радіальне ущільнення допускає вільне радіальне переміщення конусів барабанів. По конструкції радіальне ущільнення найбільш просте в порівнянні з лабіринтовим. Барабани малого діаметру забезпечуються сальниковими ущільненнями. Живлення горизонтальних барабанів, що обертаються, здійснюється за допомогою тічок, які проходять через нерухомі кінцеві завантажувальні камери. Розвантаження відбувається через розвантажувальний пристрій.

Барабан приводиться в обертання за допомогою зубчастого венця, який знаходиться в зачепленні з привідною шестернею, сполученою через редуктор з електродвигуном. Швидкість обертання барабана залежить від кута його нахилу і тривалості сушки.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування обраного методу виробництва

На сьогоднішній день для виробництва вапна застосовуються шахтні, обертові печі і печі киплячого шару.

Шахтна піч представляє собою встановлену на фундаменті шахту, що має у верхній частині пристрій для завантаження вихідного матеріалу, а в нижній частині – механізм для вивантаження вапна. Матеріал, що рухається в шахті зверху, проходить послідовно три технологічні зони: зону підігріву, зону випалу і зону охолодження.

Обертова піч представляє собою футерований зсередини обертовий сталевий циліндричний барабан, встановлений похило на роликівих опорах. Випалюваний матеріал подається в обертову піч з боку, що розташований вище кінця, і виходить з нижньої частини печі. Випалюваний матеріал рухається по печі протитечею газам, які отримують при випалі палива, що подається в нижній кінець обертової печі.

Обертова піч має ряд переваг у порівнянні з шахтною: більша одинична потужність, рівномірна якість одержуваного вапна при високому ступені випалу (90-96%), можливість випалу дрібних фракцій карбонатної сировини будь-якої механічної міцності і високої вологості (18-30%).

Особливість випалу в печах киплячого шару полягає в тому, що при русі нагрітого газу через шар дрібнозернистої карбонатної сировини відбувається безперервна циркуляція часток. Велика поверхня контакту їх з газовим теплоносієм сприяє швидкому протіканню фізико-хімічних процесів, що дозволяє здійснювати процес випалу в компактних установках при високій інтенсивності. Головним фактором, що стримує більш широке розповсюджене застосування таких печей, є висока вартість дрібного, ретельного класифікованого матеріалу, що подається в піч.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проаналізувавши все вищевикладене, в дипломному проекті для одержання вапна вибирається обертова піч, що працює на газоподібному паливі.

2.2. Опис технологічної схеми виробництва

Виробництво вапна із крейди, шляхом її випалення в горизонтальній обертовій печі. Вона уявляє собою сталевий обертовий барабан, встановлений на спеціальних опорах під кутом 3° до горизонту. Корпус печі виконаний з послідовно зварених металевих кілець з листової сталі.

Крейдяна товща крейди розробляється буропідривним способом в гірському цеху. В кар'єрі крейда комова вантажиться ковшовими екскаваторами в автосамоскиди і потім доставляється на проммайданчик заводу.

Для транспортування сировини використовуються автосамоскиди. Автосамоскиди вивантажують крейду в приймальний склад цеху подрібнення, вивантажена крейда за допомогою грейферних кранів розподіляється по складу і подається в бункери перед дробарками.

Подрібнення крейди проводиться на одній з двох діючих ліній, кожна з яких складається з бункера, ящикового живильника і двохвалкової зубчастої дробарки. Подрібнена крейда стрічковим сортувальним конвеєром подається в двохрукавний лоток, частина якого складається з подовжньо зварених прутів, що грають роль колосникового гуркоту.

Також на стрічковому конвеєрі сортувальники проводять ручний відбір включень кременя.

Надгратний продукт за допомогою системи транспортерів і ящикового живильника прямує на виробництво вапна, підгратний – стрічковим конвеєром подається на виробництво крейди меленої. Крейда фракції 0-10 мм направляється на виробництво крейди меленої, оскільки дрібна фракція, що потрапляє в випалювальну піч і заповнює простір між каменями,

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

утрудняє випал. Для виробництва вапна використовується крейдяна сировина фракції від 1 мм і більше, що залишається над ґратами грохоту.

Цей матеріал через пилову камеру поступає на випал в обертову піч, діаметром 4 м, завдовжки до 150 м. Одночасно з протилежної сторони, в піч від газорозподільної установки, по газопроводу, подається паливо для горіння – природний газ. Разом з газом по розташованому поряд трубопроводу подається повітря для горіння палива.

Матеріал, рухаючись назустріч газовому потоку, проходить послідовно чотири зони:

- ✓ Зона сушки з випаровуванням фізичної вологи при температурах 100 - 120°C;
- ✓ Зона термопідготовки з нагрівом сухої сировини до температури 300 - 350°C; в цій зоні починається дегідратація і підготовка до дисоціації $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$;
- ✓ Зона випалення з декарбонізацією CaCO_3 при температурах 850 - 1000°C, з отриманням вапна CaO ;
- ✓ Зона часткового охолодження вапна до температури 900 - 950°C.

Охолодження отриманого з печі вапна до температури біля 100°C в барабанних холодильниках діаметром 3,6 м і завдовжки 60 м забезпечується повітряним потоком, який рухається назустріч вапну за рахунок тяги в печі. Барабанний холодильник розташований у нижнього торця печі. Вапно, вивантажене з холодильників за допомогою системи транспорту подається в силоси.

Складання крейди, вапна і крейдяно-вапняної суміші проводиться в силосах. Всього на проєктованому виробництві є вісім вертикальних силосних ємностей об'ємом по 1700 м³ кожна. Відвантаження готової продукції в залізничний і автомобільний транспорт здійснюється за допомогою коливального живильника та системи транспорту.

Димові гази, що виходять з печі, подаються на очищення. Очищення димових газів відбувається в системі сепарації, що складається з сухих

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

циклонів, електрофільтрів, проміжних живильників і рукавних фільтрів. Потім за допомогою димососу очищені димові гази через димар викидаються в атмосферу. Крейдяно-вапняний пил, що уловлюється в системі аспірації, за допомогою шнекових транспортерів та двокамерного насоса перекачується в силос готової продукції, звідти за допомогою стислого повітря здійснюється фасова і відвантаження в залізничні вагони і автотранспорт.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП ДІЇ ОБЛАДНАННЯ

Барабан обертової печі має внутрішній діаметр $D=3,54$ м і довжину $L=150$ м. Він опирається на роликові опори, встановлені на бетонні фундаменти. Біля однієї з опор встановлена рама з приводом. Барабан усередині має вогнетривке футерування і не має насадки. Гарячі паливні гази подаються в піч із топки через завантажувальну (пересипну) камеру. Вихід газів і вапна здійснюється через розвантажувальний пристрій. Барабан печі виготовлений з листової вуглецевої сталі.

На барабані, у його холодного кінця, встановлено радіальне ущільнення. Радіальне ущільнення допускає вільне переміщення кінців барабана. Нескладне радіальне ущільнення холодного кінця барабана має декілька гумових секторів, що притискаються до барабана, що обертається, за допомогою троса, який натягаються вантажем. У гарячого кінця барабана встановлено торцеве ущільнення. Цей вид ущільнення слід вважати основним типом ущільнень для барабанів печі, що обертаються, в усіх випадках, починаючи від простих барабанів, що допускають значний підсос повітря, і закінчуючи відповідними апаратами, в яких ущільнення повинне забезпечувати по можливості повну герметичність.

Барабан печі має бандажі. Кожен бандаж опирається на опорні станції, одна з яких опорно-упорна, така, що має два упорні ролики, що сприймають осьові навантаження. Опорні ролики вимагають точного регулювання. При перекосі починається осьове зміщення барабана, яке регулюється за допомогою регулювальних гвинтів.

Навантаження від барабана на ролики передається за допомогою бандажів. Бандаж є кільцем прямокутного перерізу. Бандаж кріпиться на барабані за допомогою 24 чавунних башмаків з голівками, поверненими в різні боки, щоб уникнути осьового зміщення бандажа.

Привідна (підвенцова) зубчаста шестерня передає обертальний момент до барабана від електродвигуна через редуктор на ведене зубчасте колесо,

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

яке встановлене на барабані. Це зубчасте колесо є дуже відповідальною деталлю, що працює при високому навантаженні. Колесо роз'ємне і складається з двох половин і кріпиться до барабана за допомогою 24 пружних смуг, що спираються на підкладки, набрані із сталевих листових пружин.

Привід барабана складається із електродвигуна, редуктора, проміжного валу, з'єднаних муфтами, і відкритої зубчастої передачі. Проміжний вал складається з шестерні, двох підшипників і сполучений зубчастою муфтою з редуктором. Між електродвигуном і редуктором проектом передбачена установка гальма колодочного з приводом від електрогідравлічних штовхальників. Установка гальма дає можливість зупиняти барабан в будь-якому положенні, що особливо важливо при виконанні ремонтних робіт.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Вибір конструкційних матеріалів

Матеріали, призначені для виготовлення вузлів деталей апарата повинні задовольняти комплексу вимог, обумовлених конструкцією, технологією обробки й експлуатацією апарата.

- достатня корозійна стійкість в агресивному середовищі при заданій температурі, визначена швидкістю проникнення корозії, а також жаростійкість і стійкість проти можливих видів корозійного руйнування;

- достатня механічна міцність при заданій температурі з урахуванням специфічних вимог, що пред'являються при випробуванні і експлуатації устаткування;

- здатність матеріалу зварюватися із забезпеченням високих механічних властивостей і корозійної стійкості зварних з'єднань, можливість обробки матеріалу різанням, тиском, а також термічної обробки.

При виборі матеріалів для апаратів, що працюють при високих температурах, необхідно враховувати, що механічні властивості матеріалів істотно змінюються залежно від температури. Як правило, міцнісні властивості металів і сплавів підвищуються при низьких температурах і знижуються при високих. Пониження міцнісних властивостей при високих температурах обумовлене такими, що відбуваються в металі структурними і фазовими перетвореннями.

Барaban печі, кришки, втулки опорних станцій, рама приводу тощо виготовлені з листової вуглецевої сталі ВСтЗсп ГОСТ 380-71.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.14 - 0.22	0.12 - 0.3	0.4 - 0.65	до 0.3	до 0.05	до 0.04	до 0.3	до 0.3	до 0.08

Це вуглецева конструкційна сталь звичайної якості, що має досить гарні механічні властивості $\sigma_B = 380$ МПа, $\sigma_T = 240$ МПа.

Вісі опорних роликів, ролики, вали і зубчасті колеса приводу, шестерня відкритої зубчастої передачі виготовлені зі сталі 45 ГОСТ 1050-88. Це конструкційна сталь з наступним хімічним складом:

					2017.012.00.000 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				15

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.42 - 0.50	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.25	до 0.04	до 0.035	до 0.25	до 0.25	до 0.08

Механічні властивості сталі: $\sigma_B = 550$ МПа, $\sigma_T = 280$ МПа.

Бандаж та зубчасте колесо відкритої зубчастої передачі виготовленні зі сталі 40Л ГОСТ 977-88.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.37 - 0.45	0.20 - 0.52	0.4 - 0.9	до 0.3	до 0.045	до 0.04	до 0.3	до 0.3

Сталь для відливок звичайна. Механічні властивості: $\sigma_B = 520$ МПа і $\sigma_T = 290$ МПа.

Хром (Cr) - робить сталь стійкою проти корозії і окислення, зменшує схильність до ломкого руйнування. Хромиста сталь має підвищену стійкість проти відпуску. Хром підвищує дозакалювання сталі, сприяє отриманню високої і рівномірної твердості, забезпечує підвищену зносостійкість.

Нікель (Ni) - знижує критичну швидкість охолодження сталі і підвищує дозакалювання сталі, в сталях, що відпалюють, трохи підвищує міцність. Сильно зменшує схильність до ломкого руйнування загартованої і відпущеної сталі при кімнатній і знижених температурах. Підвищує опір сталі окисленню при нагріванні і її міцність при підвищених температурах. Нікель забезпечує отримання високої пластичності і в'язкості одночасно з підвищеною міцністю.

Спільна дія хрому і нікелю ефективніше і дає можливість більш повно використовувати переваги обох елементів.

Марганець - найдешевший і доступний легуючий елемент. Він додається в сталь для її розкислення і усуває шкідливий вплив сірки і підвищує її пружність, але при цьому не зменшуючи теплопровідність.

Кремній дешевий і доступний легуючий елемент. При вмісті до 1% кремнію в сталі збільшується її міцність. При більшому вмісті кремнію вона

									Арк.
									16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2017.012.00.000 ПЗ				

стає крихкою. Даний елемент підвищує її жаростійкість і збільшує електричний опір.

Матеріал прокладок фланцевих з'єднань трубопроводів приймаємо якісний паронит марки ПМБ.

Пароніт - це листовий матеріал, виготовлений на паронітових вальцях з суміші волокон хризотилового азбесту, синтетичного каучуку, наповнювачів і вулканізуючий групи. Азбестові прокладочні матеріали типу пароніт застосовують в хімічній і нафтохімічній промисловості, в машинобудуванні, металургії і металообробці, електротехніці та електроенергетиці для забезпечення необхідної герметичності з'єднань різного типу в умовах дії агресивних середовищ, високих температур і тиску. Пароніт буває загального призначення і маслобензостойкий.

Парний ПМБ (маслобензостойкий) застосовується в якості матеріалу прокладки. Матеріал дозволяє виготовляти прокладки різних форм і розмірів. Це універсальний ущільнювач плоских роз'ємів нерухомих з'єднань трубопроводів, компресорів, насосів та судин. У робочому середовищі пароніт ПМБ гарантує відмінну герметичність з'єднань.

Маслобензостойкий пароніт використовується в умовах таких середовищ: легкі і важкі нафтопродукти, розплав воску, масляні фракції, газоподібні і зріджені вуглеці С1-С15, коксовий газ, розсоли, азот і газоподібний кисень. Необхідна температура експлуатації в межах від -40 - +490 градусів при щільності 1,5 - 2,0 г/см³.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ПАРАМЕТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ ОБЛАДНАННЯ

5.1 Матеріальний розрахунок виробництва і вибір основного технологічного устаткування

Вихідні дані.

Випал крейди в перерахунку на 1000,0кг крейди

1000,0 кг крейди містить в кг:

CaCO₃.....920,0;

MgCO₃.....50,0;

SiO₂+нерозчинний залишок в HCl.....30,0;

Приймаємо ступінь випалу крейди.....93%.

При випалу розкладається CaCO₃:

$$m(\text{CaCO}_3) = m'(\text{CaCO}_3) \cdot v, \text{ кг} \quad 5.1$$

де $m'(\text{CaCO}_3) = 920,0\text{кг}$, вміст карбонату кальцію в крейді;

$v = 0,93$ – ступінь випалу крейди.

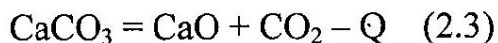
$$m(\text{CaCO}_3) = 920,0 \cdot 0,93 = 855,6\text{кг}$$

Нерозчинний залишок CaCO₃:

$$m(\text{CaCO}_{3 \text{ н.о.}}) = m'(\text{CaCO}_3) - m(\text{CaCO}_3), \text{ кг} \quad 5.2$$

$$m(\text{CaCO}_{3 \text{ н.о.}}) = 920,0 - 855,6 = 64,4\text{кг}$$

Крейда розкладається по реакції



Виходить

$$m(\text{CaO}) = \frac{m'(\text{CaCO}_3) \cdot m(\text{CaO})}{M(\text{CaCO}_3)}, \text{ кг} \quad 5.3$$

де $M(\text{CaO}) = 56 \text{ кг/кмоль}$, молярна маса оксиду кальцію;

$M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ кг/кмоль}$, молярна маса карбонату кальцію.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

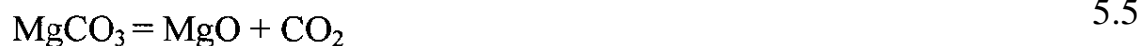
$$m(\text{CaO}) = \frac{855,6 \cdot 56}{100} = 497,1 \text{ кг}$$

$$m(\text{CO}_{2,1}) = \frac{m(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2)}{M(\text{CaCO}_3)}, \text{ кг} \quad 5.4$$

де $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ кг/кмоль}$, молярна маса вуглекислого газу.

$$m(\text{CO}_{2,1}) = \frac{855,6 \cdot 44}{100} = 376,5 \text{ кг}$$

По реакції



Виходить

$$m(\text{MgO}) = \frac{m'(\text{MgO}) \cdot M(\text{MgO}) \cdot 56}{M(\text{CaCO}_3)}, \text{ кг} \quad 5.6$$

де $M(\text{MgO}) = 40 \text{ кг/кмоль}$, молярна маса оксиду магнію;

$M(\text{MgCO}_3) = 84 \text{ кг/кмоль}$, молярна маса вуглекислого магнію.

$$m(\text{MgO}) = \frac{50,0 \cdot 40}{84} = 23,8 \text{ кг}$$

$$(\text{CO}_{2,2}) = \frac{m(\text{MgO}) \cdot M(\text{CO}_2)}{M(\text{MgCO}_3)}, \text{ кг} \quad 5.7$$

$$m(\text{CO}_{2,2}) = \frac{50,0 \cdot 40}{84} = 26,2 \text{ кг}$$

Всього утворюється

$$m(\text{CO}_2) = m(\text{CO}_{2,1}) + m(\text{CO}_{2,2}), \text{ кг}$$

$$m(\text{CO}_2) = 376,5 + 26,2 = 402,7 \text{ кг}$$

На підставі приведенного матеріального розрахунку процесу горіння палива і випалу крейди складаємо попередній тепловий баланс вапняно-випалювальної печі. Позначимо через x кількість палива в кг, необхідного для 1000,0 кг крейди. З теплового балансу визначаємо x , потім складаємо матеріальний і тепловий баланси печі.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

По реакції



Визначаємо кількість утвореного гідроксиду кальцію, вмістом вологи в повітрі:

$$m[\text{Ca}(\text{OH})_2] = \frac{0,079x \cdot 74}{18}, \text{кг} \quad 5.9$$

де 0,079 – кількість пари води у вологому повітрі, що поступає до печі;

$M[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 74$ кг/кмоль, молярна маса гідроксиду кальцію;

$M(\text{H}_2\text{O}) = 18$ кг/кмоль, молярна маса водяної пари.

$$m[\text{Ca}(\text{OH})_2] = \frac{0,079 \cdot 74}{18} = 0,325x \text{ кг}$$

У цій кількості $\text{Ca}(\text{OH})_2$ міститься оксиду кальцію:

$$m(\text{CaO}) = \frac{0,079 \cdot x \cdot M(\text{CaO})}{M(\text{H}_2\text{O})}, \text{кг} \quad 5.10$$

$$m(\text{CaO}) = \frac{0,079x \cdot 56}{18} = 0,246x \text{ кг}$$

Таблиця 5.1 – Склад вапна, що виходить з печі

<i>Найменування</i>	<i>Кількість, кг</i>
CaO	479,1 – 0,246x
Ca(OH) ₂	0,325x
MgO	23,8
CaCO ₃	64,4
SiO ₂ + нерозчинний залишок в HCl	30,0
Всього	597,3 + 0,079 x

Таблиця 5.2 – Склад газів, що виходять з печі

<i>Найменування</i>	<i>Кількість, кг</i>
CO ₂	402,7

Розрахунок горіння палива

На проектованому виробництві для випалу крейди використовується газ Шебелінського родовища.

Таблиця 5.3 – Склад природного сухого газу

<i>Найменування</i>	<i>Вміст,% мас.</i>
CH ₄	93,2
C ₂ H ₆	4,4
C ₃ H ₈	0,8
C ₄ H ₁₀	0,6
C ₅ H ₁₂	0,3
CO ₂	0,1
N ₂	0,8
Всього	100,2

Газ спалюється з коефіцієнтом витрати повітря $\alpha = 1,2$. Повітря, що йде для горіння, нагрівається до температури 400°C.

Приймаємо вміст вологи в газі 1,0% мас.

Перераховуємо склад сухого газу на вологий робочий газ.

$$CH_4^{\text{вол}} = CH_4^c = \frac{100 - H_2O}{100}, \% \quad 5.11$$

$$CH_4^c = \frac{100 - 1,0}{100} = 0,99\%$$

$$CH_4^{\text{вол}} = 93,2 \cdot 0,99 = 92,3\%$$

Інші складові газу залишаються незмінними.

Визначаємо теплоту згорання по формулі

$$Q_H = 358,2C_1H_4 + 637,5C_2H_6 + 912,5C_3H_8 + 1186,5C_4H_{10} + \\ + 460,8C_5H_{12}, \text{кДж/нм}^3 \quad (2.14)$$

Таблиця 5.4 – Склад вологого робочого газу

<i>Найменування</i>	<i>Вміст, % мас.</i>
CH ₄	92,3
C ₂ H ₆	4,4
C ₃ H ₈	0,8
C ₄ H ₁₀	0,6
C ₅ H ₁₂	0,3
CO ₂	0,1
N ₂	0,8
H ₂ O	1,0
Всього	100,3

$$Q_H = 358,2 \cdot 92,3 + 637,5 \cdot 4,4 + 912,5 \cdot 0,8 + 1186,5 \cdot 0,6 + \\ + 460,8 \cdot 0,3 = 37747 \text{ кДж/нм}^3$$

Знаходимо теоретично необхідну кількість сухого повітря

$$L_0 = 0,0476(2C_1H_4 + 3,5C_2H_6 + 5C_3H_8 + 6,5C_4H_{10} \\ + 8C_5H_{12}), \text{нм}^3/\text{нм}^3 \quad 5.12$$

$$L_0 = 0,0476(2 \cdot 92,3 + 3,5 \cdot 4,4 + 5 \cdot 0,8 + 6,5 \cdot 0,6 + 8 \cdot 0,3) = \\ = 10,01 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Приймаємо вологовміст атмосферного повітря $d = 10$ г/кг сухого повітря з урахуванням його вологості по формулі

$$L'_0 = 1,016L_0, \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad 5.13$$

$$L'_0 = 1,016 \cdot 10,01 = 10,17 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Дійсна кількість повітря при коефіцієнті витрати $a = 1,2$

$$L_a = a \cdot L_0, \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad 5.14$$

сухого повітря

$$L_a = 1,2 \cdot 10,01 = 12,01 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

атмосферного повітря

$$L'_a = 1,2 \cdot 10,17 = 12,2 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Визначаємо кількість і склад продуктів горіння при $a = 1,2$

$$V_{CO_2} = 0,01(CO_2 + CH_4 + 2C_2H_6 + 3C_3H_8 + 4C_4H_{10} + 5C_5H_{12}), \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad 5.15$$

$$V_{H_2O} = 0,01(2CH_4 + 3C_2H_6 + 4C_3H_8 + 5C_4H_{10} + 6C_5H_{12} + H_2O + 0,16d \cdot \dots \cdot L_a), \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad 5.16$$

$$V_{N_2} = 0,79L_a + 0,01N_2, \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad 5.17$$

$$V_{O_2} = 0,21(a - 1)L_0, \text{ нм}^3/\text{кг} \quad 5.18$$

$$V_{CO_2} = 0,01(0,1 + 92,3 + 2 \cdot 4,4 + 3 \cdot 0,8 + 4 \cdot 0,6 + 5 \cdot 0,3) = 1,075 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

$$V_{H_2O} = 0,01(2 \cdot 92,3 + 3 \cdot 4,4 + 4 \cdot 0,8 + 5 \cdot 0,6 + 6 \cdot 0,3 + 1,0 + 0,16 \cdot 10 \cdot 12,2) = 2,263 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

$$V_{N_2} = 0,79 \cdot 12,2 + 0,01 \cdot 0,8 = 9,646 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

$$V_{O_2} = 0,21(1,2 - 1)10,01 = 0,42 \text{ нм}^3/\text{кг}$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Загальна кількість продуктів горіння складає

$$V_a = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{O_2}, \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad 5.19$$

$$V_a = 1,075 + 2,263 + 9,646 + 0,42 = 13,40 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Визначаємо процентний склад горіння:

$$CO_2 = \frac{V(CO_2) \cdot 100}{V_a} = \frac{1,075 \cdot 100}{13,40} = 8,0\% \quad 5.20$$

$$N_2 = \frac{V(N_2) \cdot 100}{V_a} = \frac{9,646 \cdot 100}{13,40} = 72,0\% \quad 5.21$$

$$H_2O = \frac{V(H_2O) \cdot 100}{V_a} = \frac{2,263 \cdot 100}{13,40} = 16,9\% \quad 5.22$$

$$O_2 = \frac{V(O_2) \cdot 100}{V_a} = \frac{0,42 \cdot 100}{13,40} = 3,1\% \quad 5.23$$

Всього: 100%.

Складаємо матеріальний баланс процесу горіння палива на 1000 м^3 газу при $a = 1,2$.

Нев'язка балансу складає

$$\frac{100 \cdot 19,04}{1642,17} = 1,16\% \quad 5.24$$

Визначаємо теоретичну температуру горіння. Для цього знаходимо вологовміст продуктів горіння з урахуванням підігріву до $t_{\text{пов}} = 400^\circ\text{C}$ при $a = 1,2$. Знаходимо теплоту нагріву атмосферного повітря:

$$i'_{\text{пов}} = 535,9 \text{ кДж/м}^3$$

Тоді

$$I_{\text{общ}} = \frac{37747}{13,4} + \frac{12,2 \cdot 535,9}{13,4} = 3305 \text{ кДж/нм}^3 \quad 5.25$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.5 – Матеріальний баланс процесу горіння палива на 1000 м³ газу

<i>Прихід</i>	<i>кг</i>	<i>Витрата</i>	<i>кг</i>
Природний газ		Продукти горіння	
$\text{CH}_4 = 92,3 \cdot 0,717$	66,18	$\text{CO}_2 = 1,075 \cdot 100 \cdot 1,977$	212,53
$\text{C}_2\text{H}_6 = 4,4 \cdot 1,356$	5,97	$\text{H}_2\text{O} = 2,263 \cdot 100 \cdot 0,804$	181,95
$\text{C}_3\text{H}_8 = 0,8 \cdot 2,020$	1,61	$\text{N}_2 = 9,646 \cdot 100 \cdot 1,251$	1206,71
$\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,3 \cdot 3,218$	1,70	$\text{O}_2 = 0,42 \cdot 100 \cdot 1,429$	60,02
$\text{C}_5\text{H}_{12} = 0,3 \cdot 3,218$	0,97		
$\text{CO}_2 = 0,1 \cdot 1,977$	0,20	Нев'язка	-
$\text{N}_2 = 0,8 \cdot 1,251$	1,00		
$\text{H}_2\text{O} = 1,0 \cdot 0,804$	0,80		
Повітря			
$\text{O}_2 = 210,3 \cdot 1,2 \cdot 1,429$	360,62		
$\text{N}_2 = 210,3 \cdot 1,2 \cdot 3,762 \cdot 1,251$	1187,67		
$\text{H}_2\text{O} = 0,16 \cdot 10 \cdot 12,01 \cdot 0,804$	15,45		
Всього	1642,17	Всього	1642,17

По I – T – діаграмі знаходимо теоретичну температуру горіння при $\alpha = 1,2$ – $t_{\text{теор}} = 1960^{\circ}$. Колориметрична температура горіння по цій же діаграмі при $\alpha = 1,2$ – $t_k = 2010^{\circ}$.

Для порівняння визначимо калориметричну температуру горіння за допомогою таблиць ентальпій. Задаємося температурами $t_1 = 2000^{\circ}\text{C}$ і $t_2 = 2100^{\circ}\text{C}$. Визначаємо теплоту горіння для температур t_1 і t_2 .

Таблиця 5.6 – Теплопродуктів горіння

Температура	
При $t_1=2000^0\text{C}$	При $t_2=2100^0\text{C}$
$\text{CO}_2 = 0,080 \cdot 4844,4 = 387,6$	$\text{CO}_2 = 0,080 \cdot 5115,7 = 409,3$
$\text{H}_2\text{O} = 0,172 \cdot 3925,7 = 675,2$	$\text{H}_2\text{O} = 0,172 \cdot 4163,5 = 716,1$
$\text{N}_2 = 0,716 \cdot 2965,2 = 2123,1$	$\text{N}_2 = 0,716 \cdot 3127,7 = 2239,4$
$\text{O}_2 = 0,032 \cdot 3138,6 = 100,4$	$\text{O}_2 = 0,032 \cdot 3309,4 = 105,9$
$i_1 = 3286,3 \text{ кДж/нм}^3$	$i_2 = 3470,7 \text{ кДж/нм}^3$

Отже: $3470,7 > I_{\text{заг}} > 3286,3$

Вибір та розрахунок кількості основного технологічного устаткування

Обертюва піч

Продуктивність печі.....30 т/год.;

Електродвигун..... 4А355S6У3;

Потужність.....160 кВт×2;

Число обертів.....985 об/хв;

Число оборотів корпусу від основного приводу.....0,7 – 1,4 об/хв;

Число оборотів корпусу від допоміжного приводу.....3,8 об/хв.

Продуктивність однієї печі на рік складе

$30 \cdot 334 \cdot 24 = 240480 \text{ т}$ 5.26

Необхідно встановити

$\frac{240000}{240480} = 0,998 \text{ шт}$ 5.27

Встановлюємо 1 піч.

Розрахунок пилоосаджувальної системи

Склад і кількість димових газів тих, що виходять з печі

$$\text{CO}_2 = 1,075 \cdot 0,117 = 0,126 \text{ нм}^3/\text{кг}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 2,263 \cdot 0,117 = 0,265 \text{ нм}^3/\text{кг}$$

$$\text{N}_2 = 9,646 \cdot 0,117 = 1,129 \text{ нм}^3/\text{кг}$$

$$\text{O}_2 = 0,42 \cdot 0,117 = 0,049 \text{ нм}^3/\text{кг}$$

$$\Sigma = 1,569 \text{ нм}^3/\text{кг}$$

Склад і кількість димових газів тих, що виходять з печі (з урахуванням H_2O і CO_2)

$$\text{CO}_2 - 0,126 + 0,216 = 0,342 \text{ нм}^3/\text{кг}$$

$$\text{H}_2\text{O} - 0,265 + 0,314 = 0,579 \text{ нм}^3/\text{кг}$$

$$\text{N}_2 - 1,003 = 1,003 \text{ нм}^3/\text{кг}$$

$$\text{O}_2 - 0,049 = 0,049 \text{ нм}^3/\text{кг}$$

$$\Sigma = 1,973 \text{ нм}^3/\text{кг}$$

Кількість димових газів

$$1,973 \cdot 25000 = 49325 \text{ нм}^3/\text{г} \quad 5.28$$

Кількість димових газів за робочих умов

$$49325 \cdot \frac{273 + 300}{273} = 103528,29 \text{ м}^3/\text{г} \quad 5.29$$

Запилені димові гази на виході з печі складають

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$Z = \frac{0,24 \cdot 30000}{103528,29} = 0,0579 \text{ кг/м}^3 \quad 5.30$$

де 0,24 кг/кг – кількість пиловиносу на 1 кг вапна;

30000 – продуктивність печі, кг.

Димові гази, пройшовши через пилову камеру частково очистяться за рахунок осадження найкрупніших частинок.

Кількість матеріалу, що осів в пилоосаджувальній камері

$$4933 \cdot 0,20 = 987 \text{ кг/г} \quad 5.31$$

де 0,20 – ступінь уловлювання пилу в пилової камері.

Кількість матеріалу, що поступає в осаджувальну систему

$$4933 - 987 = 3946 \text{ кг/г} \quad 5.32$$

Проектом передбачається двохстадійне очищення газу.

На першому ступені встановлюємо два батарейні циклони марки БПР-100. На другому ступені встановлюємо електрофільтр марки УГ 2-4-53.

Перший ступінь очищення

Температура газу на вході в циклон рівна 250 °С.

Об'єм газу на вході в циклон з урахуванням підсосу повітря

$$49325 \cdot 1,2 = 59190 \text{ нм}^3/\text{г} \quad 5.33$$

або за робочих умов

$$59190 \cdot \frac{273 + 250}{273} = 113394 \text{ м}^3/\text{г} \quad 5.34$$

Запиленість газу на вході в циклон

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_1 = \frac{3946}{113394} = 0,0348 \text{ кг/м}^3 \quad 5.35$$

Запиленість газу на виході з циклону

$$Z_2 = Z_1 \cdot (1 - \eta_1) \quad 5.36$$

Де η_1 – коефіцієнт очищення циклону.

$$Z_2 = 0,0348 \cdot (1 - 0,6) = 0,01184 \text{ кг/м}^3$$

Кількість пилу уловлювана циклоні

$$3946 \cdot 0,6 = 2367,6 \text{ кг/год.} \quad 5.37$$

Кількість пилу, що відноситься з циклону в електрофільтр

$$3946 - 2367,6 = 1578,4 \text{ кг/год.} \quad 5.38$$

Паспортна продуктивність циклону марки БПР-100 рівна $100000 \text{ м}^3/\text{г}$.

Необхідна кількість циклонів

$$n = \frac{113394}{100000} = 1,13 \text{ шт} \quad 5.39$$

До установки приймаємо 2 циклони марки БПР-100.

Другий ступінь очищення

Температура димових газів, що поступають в електрофільтр рівна 180°C .

Об'єм газів з урахуванням підсосу повітря

$$59190 \cdot 1,15 = 68069 \text{ м}^3/\text{год.} \quad 5.40$$

або за робочих умов

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$68069 \cdot \frac{273 + 180}{273} = 112949,7 \text{ м}^3/\text{год.} \quad 5.41$$

Запиленість газів на вході в електрофільтр

$$Z_3 = \frac{1578,4}{112949,7} = 0,01397 \text{ кг/м}^3 \quad 5.42$$

Коефіцієнт очищення газу на вході в електрофільтр $\eta_2 = 0,98$.

Запиленість газу після електрофільтру

$$0,01397 \cdot (1 - 0,98) = 0,000279 \text{ кг/м}^3 \quad 5.43$$

Кількість пилу уловлюваною в електрофільтрах

$$1578,4 \cdot 0,98 = 1546,8 \text{ кг/год.} \quad 5.44$$

Кількість пилу, що викидається в атмосферу

$$1578,4 - 1546,8 = 31,6 \text{ кг/год.} \quad 5.45$$

Швидкість газів в електрофільтрах рівна 0,89 м/с.

Площа активного перетину електрофільтру

$$\frac{47}{0,89} = 53,0 \text{ м}^2 \quad 5.46$$

Прийнятий до установки електрофільтр марки УГ-2-4-53 з активною поверхнею 53 м².

Дробарка

Для дроблення крейди застосовується дробарка двохвалкова зубчаста «Svedala» типу RCD 48–48.

Продуктивність.....150 т/г;

Частота оборотів двигуна.....750 об/хв.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальний розмір кусків на вході.....600 мм;
 Максимальний розмір кусків на виході.....200 мм;
 Діаметр валків.....1200 мм;
 Довжина валків.....1200 мм;
 Частота обертів валків.....82 об/хв.

При продуктивності по крейді

$$42,8 \cdot 2,01167 = 86,1 \text{ т/год.} \quad 5.47$$

Встановлюємо одну робочу дробарку і одну в резерві.

Барабанний холодильник

У відділенні складування і зберігання вапна основним устаткуванням є барабанний холодильник, продуктивністю 30 т/год.. Барабанним холодильником є сталевий обертовий барабан, з наступною характеристикою:

Внутрішній діаметр барабана.....3,6 м;
 Довжина..... 60 м;
 Кут нахилу..... 3,5°;
 Число оборотів корпусу..... 2,93 об/хв;
 Електродвигун..... 4A280S4У3;
 Потужність.....110 кВт;
 Число обертів..... 1470 об/хв.

Продуктивність одного холодильника на рік складе

$$24 \cdot 334 \cdot 30 = 240480 \text{ т/год.} \quad 5.48$$

Необхідно встановити

$$\frac{240480}{240000} = 1,002 \text{ шт} \quad 5.49$$

Встановлюємо 2 барабанних холодильника.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

6. РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ, ЖОРСТКІСТЬ, І СТІЙКІСТЬ

6.1. Конструктивний розрахунок

Продуктивність печі може бути визначена з умов руху матеріалу в обертовому барабані, який знаходиться під кутом нахилу корпусу печі.

$$P = 60 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \varphi \cdot V \cdot \rho_n, \text{ т/год.} \quad 6.1$$

де R – внутрішній радіус печі, м;

φ – коефіцієнт заповнення матеріалом площі поперечного перетину печі в світлі при куті нахилу 4° , в середньому приймаємо рівним 0,159;

V – швидкість руху матеріалу в печі, м/хв;

ρ_n – насипна вага матеріалу (може бути прийнята у всіх зонах печі рівна в середньому $1,4 \text{ т/м}^3$).

$$P = 60 \cdot 3,14 \cdot 1,77^2 \cdot 0,139 \cdot 0,2 \cdot 1,4 = 30 \text{ т/год.}$$

Діаметр печі в світлі знаходимо з наступного виразу

$$D = 1,1 \cdot \sqrt[3]{P}, \text{ м} \quad 6.2$$

де P – продуктивність печі, т/год..

$$D = 1,1 \cdot \sqrt[3]{30} = 3,42 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр печі в світлі, рівний 3,54 м.

Загальну довжину печі визначаємо по формулі

$$L = 11,5 \cdot \frac{P}{D}, \text{ м} \quad 6.3$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де D – діаметр печі к світлу, м.

$$L = 11,5 \cdot \frac{30}{3,42} = 89,3 \text{ м}$$

Приймаємо $L = 150$ м з умови перебування матеріалу при сухому способі 3 – 3,5 год..

Задана потужність виробництва 240000 тонн на рік в перерахунку на СаО.

Продуктивність в годину складе

$$\frac{240000}{334 \cdot 24} = 30 \text{ т/год.}$$

де 334 – кількість робочих днів з урахуванням зупинки на ремонт.

6.2. Розрахунок частоти обертання і потужності приводу обертової печі

Частоту обертання барабана визначаємо за формулою:

$$n = \frac{L_{\text{бар}}}{a \cdot \tau \cdot D \cdot \text{tg}\alpha}, \text{ об/хв,} \quad 6.4$$

де $a = 1,0$ - коефіцієнт, що залежить від типу насадки і діаметру барабана;
 τ – час находження матеріала в барабані:

$$\tau = 120 \cdot \frac{\beta \cdot \rho}{m_0} \cdot \frac{w_1 - w_2}{200 - (w_1 - w_2)}, \text{ хв,}$$

де $\beta = 0,15$ - коефіцієнт заповнення барабана;

$\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$ – насипна щільність вапна;

$m_0 = 10 \text{ кг/м}^3 \cdot \text{год.}$ - об'ємне напруження барабана по волозі.

Тоді

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau = 120 \cdot \frac{0,15 \cdot 1400}{10} \cdot \frac{18 - 0,5}{200 - (18 - 0,5)} = 203 \text{ хв} = 12180 \text{ с}$$

Отже

$$n = \frac{150}{1,0 \cdot 12180 \cdot 3,54 \cdot 0,052} = 0,064 \text{ об/с} = 3,8 \text{ об/хв}$$

Приймаємо кут нахилу барабана $\alpha=3^\circ$. $tg\alpha = 0,052$

Потужність, необхідна для обертання барабана, визначається за формулою А.П. Ворошилова

$$N = 0,0013 \cdot D_{\text{бар}}^3 \cdot L_{\text{бар}} \cdot n \cdot \eta \cdot \rho_{\text{н}}, \text{ кВт} \quad 6.5$$

де $\eta = 0,053$ - коефіцієнт потужності для барабанів без насадки при коефіцієнті заповнення барабана $\beta=0,15$.

Тоді

$$N = 0,0013 \cdot D_{\text{бар}}^3 \cdot L_{\text{бар}} \cdot n \cdot \eta \cdot \rho_{\text{н}}, \text{ кВт} \quad 6.6$$

$$N = 0,0013 \cdot 3,54^3 \cdot 150,0 \cdot 3,8 \cdot 650 \cdot 0,053 = 139,1 \text{ кВт}$$

Встановлена потужність електродвигуна :

$$N_{\text{дв}} = \frac{N}{\eta_{\text{об}}}, \text{ кВт} \quad 6.7$$

де $\eta_{\text{об}}$ - загальний к.к.д передачі:

$$\eta_{\text{об}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5$$

де $\eta_1=0,99$ – к.к.д пальцевої муфти;

$\eta_2 = 0,97$ – к.к.д редуктора;

$\eta_3 = 0,98$ – к.к.д зубчастої муфти;

$\eta_4 = 0,98$ – к.к.д підшипникових вузлів проміжного вала;

$\eta_5 = 0,98$ – к.к.д відкритої зубчастої передачі.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже

$$N_{дв} = \frac{139,1}{0,9} = 154,6 \text{ кВт}$$

За ГОСТ19523-81 до установки приймаємо електродвигун: 4АН355S8У3 з номінальною потужністю $N = 160 \text{ кВт}$; частотою обертання ротора $n = 735 \text{ об/хв}$; маса електродвигуна $G = 125,8 \text{ кг}$

6.3 Кінематичний розрахунок приводу

Загальне передавальне відношення приводу складе:

$$L_{об} = \frac{n_{дв}}{n_{б}} = \frac{735}{3,8} = 193,42$$

До установки приймаємо редуктор РЦД–850, передавальне число редуктора – 21,5. Режим роботи– важкий.

Потужність, що допускається, на тихохідному валу - 154,5 кВт, момент, що крутить, 3032 кг· м, маса редуктора 1890 кг

Визначаємо передавальне число відкритої зубчастої передачі :

$$i = \frac{i_{об}}{i_{ред}} = \frac{193,42}{21,5} = 9$$

Між електродвигуном і редуктором встановлена пружна втулково-пальцева муфта за ГОСТ 21424-75.

Крутні моменти на валах:

електродвигуна

$$M_1 = \frac{N_{дв}}{\omega_1}, \text{ Нм,}$$

6.8

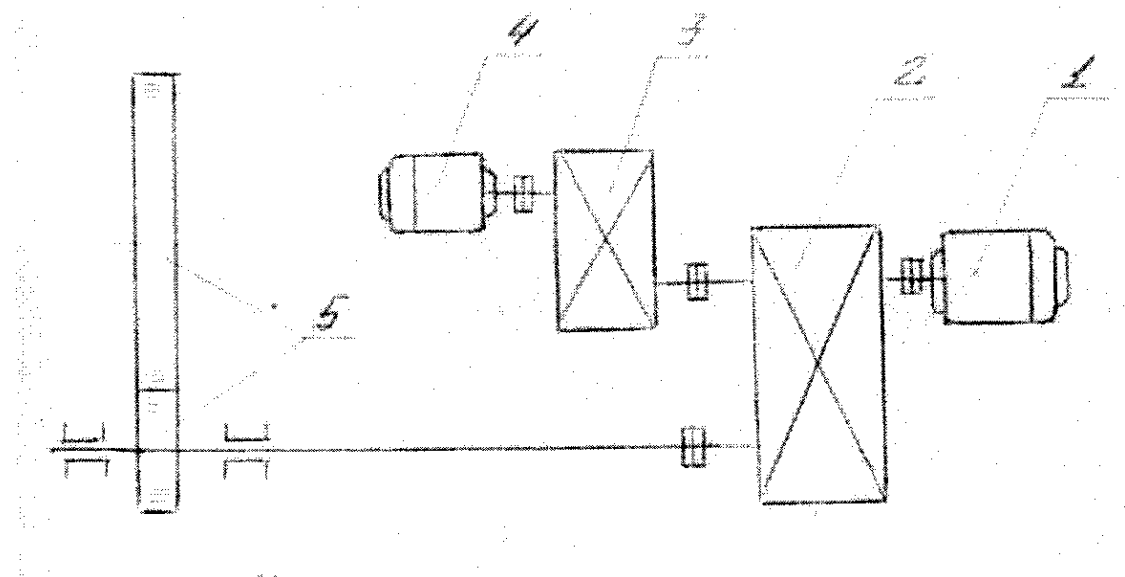
де ω – кутова швидкість валів.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 735}{30} = 76,93 \text{ рад/с}$$

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 34,2}{30} = 3,6 \text{ рад/с}$$

$$\omega_3 = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 3,8}{30} = 0,4 \text{ рад/с}$$



- 1 – електродвигун 4АН3555S8У3, $N = 160$ кВт, $n = 735$ об/хв;
 2 – головний редуктор циліндричний, 2-х ступеневий;
 3 – допоміжний редуктор циліндричний, 2-х ступеневий;
 4 - електродвигун КР 180 2/1, $N = 13$ кВт, $n = 970$ об/хв;
 5 – вузол відкритої зубчастої пари.

Рисунок 6.1 – Кінематична схема приводу обертової печі

$$M_1 = \frac{N_{дв}}{\omega_1} = \frac{154,6 \cdot 10^3}{76,93} = 2010 \text{ Нм},$$

$$M_2 = M_1 \cdot i_{ред} = 2010 \cdot 21,5 = 43207 \text{ Нм},$$

$$M_3 = M_1 \cdot i_{зал} = 2010 \cdot 193,42 = 388861 \text{ Нм}$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Максимальний момент, що крутить, передається втулково-пальцевою муфтою 4000 Н·м; максимальна частота обертання валу 1700 об/хв.; зміщення валу не більше 0°30'.

Для фіксації барабана в певному положенні, на цій муфті встановлюємо гальмо колодкове з приводом від електрогідравлічних штовхальників– ТКГ- 300.

Тормозний момент 800 Н·м; тип штовхача ТГМ-50; діаметр шківів 320 мм; маса гальма 80 кг.

Між редуктором і проміжним валом встановлюємо муфту зубчасту загального призначення за ГОСТ 5006-55.

Максимальний обертовий момент, який передається муфтою $M_m = M_2 = 43207 \text{ Н} \cdot \text{м}$; максимальна швидкість обертання 1700 об/хв.

До установки приймаємо муфту зубчасту №10.

6.4. Розрахунок відкритої зубчастої передачі

Приймаємо матеріал відкритої зубчастої пари [3].

Для шестерні

– сталь 45, термообробка – нормалізація; $\sigma_b = 550 \text{ МПа}$; $\sigma_m = 280 \text{ МПа}$

Для колеса

– сталь 40Л; $\sigma_b = 520 \text{ МПа}$; $\sigma_m = 290 \text{ МПа}$

Границя витривалості при симетричному циклі згину [3]:

для шестерні:

$$\sigma_{-1} = 0,43 \cdot \sigma_b \quad (3.5)$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{-1} = 0,43 \cdot 550 = 236,5 \text{ МПа}$$

для колеса:

$$\sigma_{-1} = 0,43 \cdot 520 = 223,6 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження згину [3]

$$[\sigma]_{зг} = \frac{(1,5 \div 1,6) \cdot \sigma_{-1}}{[n] \cdot k_{\sigma}} \cdot K_{p.з}, \text{ МПа}$$

де n - необхідний, допускаємий коефіцієнт заносу міцності [3]:

для шестерні $[n] = 1,5$; для колеса $[n] = 1,7$;

k_{σ} - коефіцієнт концентрації напружень біля кореня зуба [3]:

для шестерні $k_{\sigma} = 1,5$; для колеса $k_{\sigma} = 1,4$;

$K_{p.з}$ - коефіцієнт режиму при розрахунку на згин, $K_{p.з} = 1$.

При цьому допустимі напруження на згин:

для шестерні:

$$[\sigma]_{ш} = \frac{1,6 \cdot 236,5}{1,5 \cdot 1,5} \cdot 1 = 168,18 \text{ МПа}$$

для колеса

$$[\sigma]_{к} = \frac{1,6 \cdot 223,6}{1,7 \cdot 1,4} \cdot 1 = 150,32 \text{ МПа}$$

Визначаємо число зубців шестерні та колеса.

Приймаємо число зубців шестерні $z_{ш} = 24$, тоді число зубців вінця складає:

$$z_{к} = 24 \cdot i = 24 \cdot 9 = 216$$

При цьому для некорегованого 20^0 зачеплення при $z_{ш} = 24$, коефіцієнт форми зуба: [3]

для шестерні: $y = 0,395$;

для колеса: $y = 0,490$.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевіряємо міцність зубців шестерні та колеса на згин.

Для шестерні:

$$[\sigma]_{\text{ш}} \cdot y = 0,395 \cdot 168,18 = 66,4 \text{ МПа}$$

Для колеса:

$$[\sigma]_{\text{к}} \cdot y = 0,49 \cdot 150,32 = 73,6 \text{ МПа}$$

Розрахунок ведемо для зубців шестерні, як найменш міцних.

Визначаємо модуль зачеплення із умови міцності зубців на згин

$$m = \sqrt[3]{\frac{Q \cdot M_{\text{р.ш.}} \cdot \gamma \cdot \cos\beta}{y \cdot [\sigma]_{\text{ш}} \cdot \varphi_{\text{т}} \cdot z_{\text{ш}} \cdot K_{\text{н.и.}}}}, \text{ мм} \quad 6.9$$

де $M_{\text{р.ш.}}$ - розрахунковий момент на шестерні;

$$M_{\text{р.ш.}} = k \cdot M = 1,5 \cdot 43207 = 64810 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де k - коефіцієнт навантаження, $k = 1,6$ [3];

γ - коефіцієнт зменшення товщини зубця в результаті зносу;

Враховуючи підвищений знос зубців приймаємо відповідно [3], $\gamma = 1,5$;

$\varphi_{\text{т}}$ - коефіцієнт довжини зубця, відповідно [3] приймаємо $\varphi_{\text{т}} = 15$;

$K_{\text{н.и.}} = 1$, для прямозубих колес. [3]

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 64810 \cdot 1,5 \cdot 0,94}{0,395 \cdot 168,18 \cdot 15 \cdot 24 \cdot 1}} = 20,7 \text{ мм}$$

За ГОСТ 9563-60 приймаємо $m = 22$ мм

Визначаємо розміри зубчастої пари:

$$d_{\text{ш}} = m \cdot z_{\text{ш}}, \text{ мм} \quad 6.10$$

$$d_{\text{ш}} = 22 \cdot 24 = 528 \text{ мм}$$

$$d_{\text{вінця}} = m \cdot z_{\text{к}}, \text{ мм} \quad 6.11$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$d_{\text{вінця}} = 22 \cdot 214 = 4708 \text{ мм}$$

Ширина колеса:

$$B_{\text{к}} = \varphi_{\text{т}} \cdot m, \text{мм} \quad 6.12$$

$$B_{\text{к}} = 25 \cdot 22 = 550 \text{ мм}$$

Ширина шестерні:

$$B_{\text{ш}} = B_{\text{к}} + 40, \text{мм} \quad 6.13$$

$$B_{\text{ш}} = 550 + 40 = 590 \text{ мм}$$

Діаметр виступів:

$$D_{\text{сш}} = d_{\text{ш}} + 2 \cdot m, \text{мм} \quad 6.14$$

$$D_{\text{сш}} = 528 + 2 \cdot 22 = 572 \text{ мм}$$

$$D_{\text{ск}} = d_{\text{к}} + 2 \cdot m, \text{мм} \quad 6.15$$

$$D_{\text{ск}} = 3234 + 2 \cdot 22 = 3278 \text{ мм}$$

Діаметри западин:

$$D_{\text{іш}} = d_{\text{ш}} - 2 \cdot m - c, \text{мм} \quad 6.16$$

де $c = 0,25 \cdot m = 0,25 \cdot 22 = 5,5, \text{мм}$

$$D_{\text{іш}} = 528 - 2 \cdot 22 - 5,5 = 478,5 \text{ мм}$$

$$D_{\text{ік}} = d_{\text{к}} - 2 \cdot m - c, \text{мм} \quad 6.17$$

$$D_{\text{ік}} = 4708 - 2 \cdot 22 - 5,5 = 4658,5 \text{ мм}$$

Визначаємо швидкість обертання зубчастих колес та ступеню точності передач:

$$V = \omega \cdot \frac{d_{\text{ш}}}{2}, \text{м/с} \quad 6.18$$

$$V = 2,56 \cdot \frac{528 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,676 \text{ м/с}$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

По заданій швидкості, відповідно [3], призначаємо 9-у ступінь точності виготовлення зубчастих колес.

Уточнюємо коефіцієнт навантаження:

$$K = K_{\text{ку}} \cdot K_{\text{дин}} \quad 6.19$$

де $K_{\text{ку}}$ - коефіцієнт концентрації навантаження, при відношенні $\frac{b_k}{d_{\text{ш}}} = 0,625$ та симетричному розташуванні коліс відносно опор приймаємо $K_{\text{ку}} = 1,2$;

$K_{\text{дин}}$ - коефіцієнт динамічного навантаження, при $v = 0,676$ м/с та 9-го ступеня точності передачі приймаємо $K_{\text{дин}} = 1,3$ [3], тоді

$$K = 1,2 \cdot 1,3 = 1,56$$

Коефіцієнт навантаження менше попередньо прийнятого $K = 1,5$, тому перевірка робочих напружень згину не потрібна.

Визначаємо сили, які діють в зачепленні.

Окружне зусилля:

$$P = \frac{2 \cdot M}{d_{\text{ш}}}, \text{ Н} \quad 6.20$$

$$P = \frac{2 \cdot 43207}{0,528} = 178447 \text{ Н}$$

Радіальне зусилля:

$$T = P \cdot \text{tg} \alpha, \text{ Н} \quad 6.21$$

$$T = 178447 \cdot \text{tg} 20^\circ = 64950 \text{ Н.}$$

Розрахунок привідного вала

Складаємо розрахункову схему.

Розглядаємо вал, як балку на двох опорах, які розташовані симетрично центру зубчастого колеса. Приймаємо відстань між центрами опор $\ell = 0,425$ м.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Реакції опор в горизонтальній площині будуть рівні:

$$R_A^r = R_B^r = \frac{P}{2} = \frac{178447}{2} = 89223,5 \text{ Н}$$

де $P = 194822 \text{ Н}$ - колове зусилля на валу;

Згинальний момент в горизонтальній площині

$$M_u^r = R_A^r \cdot \ell, \text{ Нм} \quad 6.22$$

де $\ell = 0,425 \text{ м}$ – відстань між опорами;

$$M_u^r = 89223,5 \cdot 0,425 = 37920 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Будуємо епюру згинаючих моментів в горизонтальній площині

Визначаємо реакції епор в вертикальній площині:

$$R_A^b = R_B^b = \frac{T}{2} \quad 6.23$$

де $T = 64950 \text{ Н}$ - радіальне зусилля, яке приходить на вал, яке визначається із розрахунку відкритої зубчастої пари.

$$R_A^b = R_B^b = \frac{64950}{2} = 32475 \text{ Н}$$

Згинаючий момент в вертикальній площині дорівнює:

$$M_u^b = R_A^b \cdot \ell = 32475 \cdot 0,425 = 13802 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Будуємо епюру згинальних моментів в вертикальній площині .

Визначаємо сумарний згинальний момент:

$$M_c = \sqrt{M_u^r{}^2 + M_u^b{}^2} = \sqrt{37920^2 + 13802^2} = 40354 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Будуємо епюру сумарних згинальних моментів

Крутний момент визначаємо із розрахунку відкритої зубчастої пари

$$M_{кр} = 47110 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приведений момент

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{M_c^2 + 0,75 \cdot M_{\text{кр}}^2} \quad 6.24$$

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{40354^2 + 0,75 \cdot 47110^2} = 57384 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо діаметр вала під шестернею за формулою [3]:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{пр}}}{0,2 \cdot \sigma_d}} \quad 6.25$$

де $\sigma_d = 120 \text{ МН/м}^2$ – допустиме напруження, яке прийняте для матеріалу сталь 45, із якого виготовлений вал. [7]

$$d = \sqrt[3]{\frac{57384}{0,2 \cdot 100 \cdot 10^6}} = 0,162 \text{ м}$$

Отримане значення діаметра вала округляємо до найближчого стандартного по ГОСТ 6636-69 [7].

Приймаємо діаметр вала під шестернею $d_{\text{ш}} = 170 \text{ мм}$, під підшипником–160 мм, під полумуфтою–150 мм.

6.5. Розрахунки на міцність Розрахунок барабана на міцність

Визначаємо товщину стінки обичайки барабана.

Орієнтовно товщина стінки барабана приймається по співвідношенню:

$$S = (0,007 \div 0,011) \cdot D \quad 6.26$$

де $D = 3,54 \text{ м}$ – внутрішній діаметр барабана;

Тоді

$$S = (0,007 \div 0,011) \cdot 3,54 = 0,025 \div 0,039 \text{ м}$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Приймаємо товщину стінки обичайки барабана : $S=0,035$ м.

Розрахунок корпусу обертової печі на міцність

Питоме навантаження від сили тяжіння корпусу, футерування і матеріалу визначається по формулі

$$g_1 = \frac{G_k + G_\phi + G_m}{L} \quad 6.27$$

$$g_1 = \frac{8246,12 + 1831,25 + 5702,8}{150} = 105,2 \text{ кН/м} = 105,2 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$$

Питоме навантаження від сили тяжіння ланцюгової зони і теплообмінників рівне

$$g_2 = g_\psi + g_\tau = \frac{G_\psi}{L_\psi} + \frac{G_\tau}{L_\tau} \quad 6.28$$

$$g_2 = \frac{773}{33} + \frac{120}{12} = 23,43 + 10 = 33,43 \text{ кН/м} = 33,43 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$$

Загальне питоме навантаження рівне

$$g = g_1 + g_2 \quad 6.29$$

$$g = 105,2 + 33,43 = 138,63 \text{ кН/м} = 138,63 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$$

Визначення опорних моментів

Відкинемо опори і замінимо їх опорними реакціями і опорними моментами.

$$M_7 = \frac{g \cdot l_{01}^2}{2} + G_{p,x} \cdot l_{01} \quad 6.30$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_7 = \frac{138,6 \cdot 8,86^2}{2} + 1100 \cdot 2,4 = 8081,2 \text{ кН} \cdot \text{м} = 8081,2 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_1 = \frac{g_1 \cdot l_1^2}{2}$$

6.31

$$M_1 = \frac{105,2 \cdot 8,7^2}{2} = 3973,7 \text{ кН} \cdot \text{м} = 3973,1 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

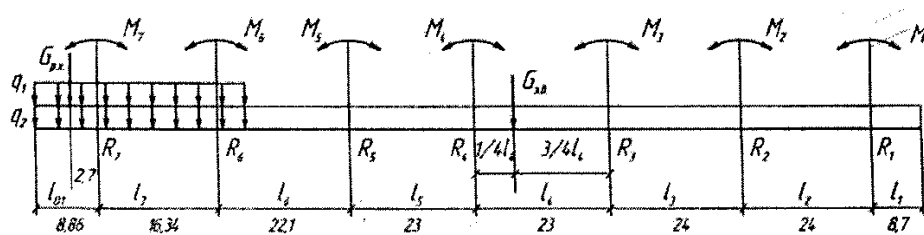


Рисунок 6.2 – Схема опорних моментів

За допомогою рівняння трьох моментів визначають опорні моменти і реакції. З багатопрольотної балки умовно вирізують два складні прольоти, замінюючи їх зв'язок з балкою моментами M_{n-1} і M_{n+1} , прикладеними до кінців виділеної двопрольотної балки. Момент на середній опорі приймають рівним M_n .

Між моментами M_{n-1} , M_n і M_{n+1} існує наступне співвідношення, що іменується теоремою трьох моментів.

$$\begin{aligned} M_{n-1} \cdot \frac{l_{n-1}}{I_{n-1}} + 2M_n \cdot \left(\frac{l_{n-1}}{I_{n-1}} + \frac{l_n}{I_n} \right) + M_{n+1} \cdot \frac{l_n}{I_n} = \\ = -6 \cdot \left(\frac{W_{n-1}}{I_{n-1}} \cdot \frac{a_{n-1}}{l_{n-1}} + \frac{W_n}{I_n} \cdot \frac{b_n}{l_n} \right), \end{aligned} \quad 6.32$$

де n – порядковий номер прольоту;

I_n – момент інерції перетину балки в прольоті l_n , м^4 ;

W_n – площа епюри вигинаючих моментів, від зовнішніх навантажень в прольоті l_n , m^2 ;

a_n – відстань центру тяжіння площі епюри до лівої опори, м;

b_n – відстань центру тяжіння площі епюри до правої опори, м;

l_n – довжина прольоту, м.

Перша ділянка

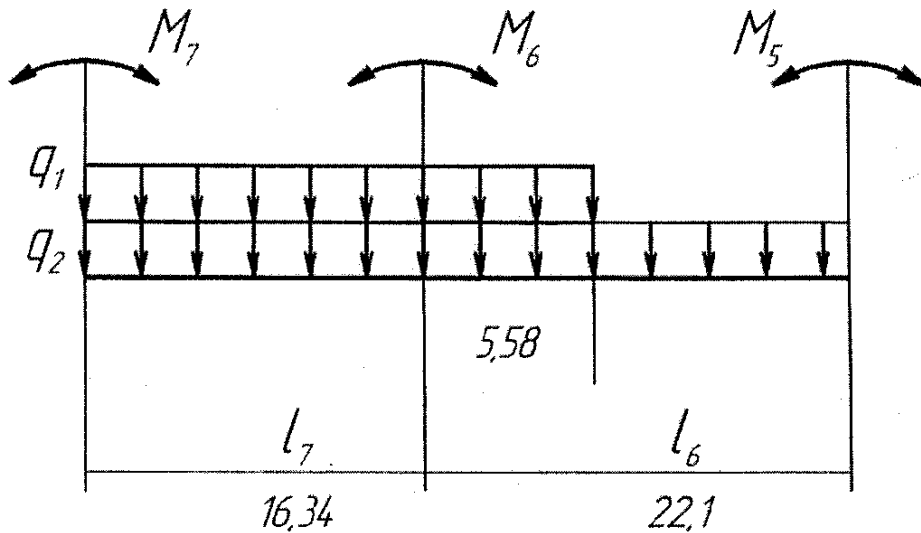


Рисунок 6.3 – Схема опорних моментів прольоту

$$M_7 \cdot \frac{l_7}{I_7} + 2 M_6 \cdot \left(\frac{l_7}{I_7} + \frac{l_6}{I_6} \right) + M_5 \cdot \frac{l_6}{I_6} = -6 \cdot \left(\frac{W_7 \cdot a_7}{I_7 \cdot l_7} + \frac{W_6 \cdot b_6}{l_6 \cdot I_6} \right) \quad 6.33$$

$$M_7 = \frac{g \cdot l_7^3}{12} \quad 6.34$$

$$M_7 = \frac{138,6 \cdot 16,34^3}{12} = 50389,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_6 = \frac{g \cdot 5,58^3}{12} + \frac{g_1 \cdot (l_6 - 5,58)^3}{12}$$

$$M_6 = \frac{138,6 \cdot 5,58^3}{12} + \frac{105,2 \cdot (22,1 - 5,58)^3}{12} = 41531,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$I_7 = I_6 = I_5 = I_4 = I_3 = I_2 = I_1$$

$$= 3\pi \cdot \delta \cdot R_{\text{cp}}^3 \quad 6.35$$

$$I_1 = 3 \cdot 3,14 \cdot 0,036 \cdot 1,8^3 = 1,9 \text{ м}^4$$

$$M_7 \cdot \frac{16,34}{1,9} + 2 M_6 \cdot \left(\frac{16,34}{1,9} + \frac{22,1}{1,9} \right) + M_5 \cdot \frac{22,1}{1,9} = -6 \cdot \left(\frac{50389,3 \cdot \frac{16,34}{2}}{16,34 \cdot 1,9} + \frac{41531,5 \cdot \frac{22,1}{2}}{22,1 \cdot 1,9} \right) \quad 6.36$$

$$8,6 \cdot M_7 + 40,5 \cdot M_6 + 11,6 \cdot M_5 = -145138 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Друга ділянка

$$M_6 \cdot \frac{l_6}{I_6} + 2 M_5 \cdot \left(\frac{l_6}{I_6} + \frac{l_5}{I_5} \right) + M_4 \cdot \frac{l_5}{I_5} = -6 \cdot \left(\frac{W_6 \cdot a_6}{I_6 \cdot l_6} + \frac{W_5 \cdot b_5}{I_5 \cdot l_5} \right) \quad 6.37$$

$$M_6 = \frac{105,2 \cdot 23^3}{12} = 106664 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_6 \cdot \frac{22,1}{1,9} + 2 M_5 \cdot \left(\frac{22,1}{1,9} + \frac{23}{1,9} \right) + M_4 \cdot \frac{23}{1,9} = -6 \cdot \left(\frac{41531,5 \cdot \frac{22,1}{2}}{22,1 \cdot 1,9} + \frac{106664 \cdot \frac{23}{2}}{23 \cdot 1,9} \right) \times$$

$$\times 11,6 \cdot M_6 + 47,5 \cdot M_5 + 12,1 \cdot M_4 = -233992 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

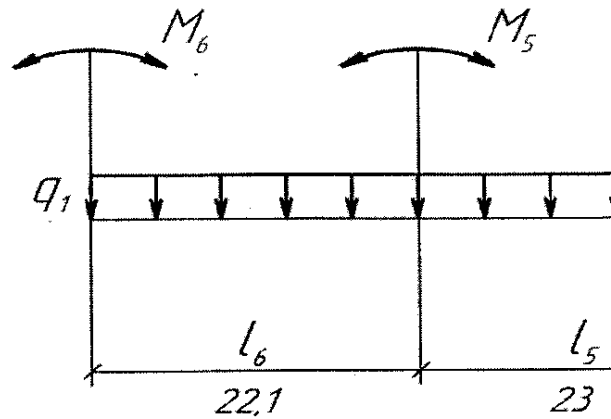


Рисунок 6.4 – Схема опорних моментів прольоту

Третя ділянка

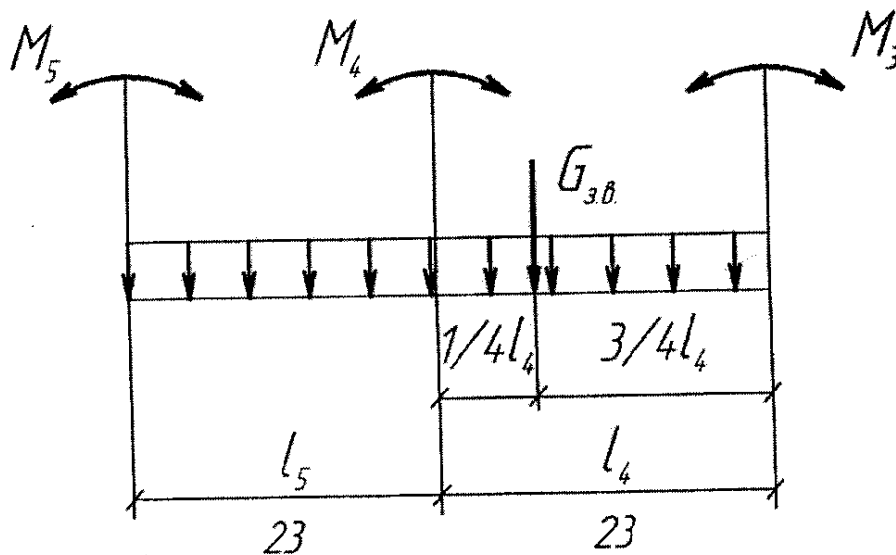


Рисунок 6.5 – Схема опорних моментів прольоту

$$\begin{aligned}
 M_5 \cdot \frac{l_5}{I_5} + 2 M_4 \cdot \left(\frac{l_5}{I_5} + \frac{l_4}{I_4} \right) + M_3 \cdot \frac{l_4}{I_4} = \\
 = -6 \cdot \left(\frac{W_5 \cdot a_5}{I_5 \cdot l_5} + \frac{W_4 \cdot b_4}{l_4 \cdot I_4} + \frac{1}{2} \cdot G_{3.0} \cdot \frac{3}{4} \cdot l_4 \cdot \frac{1}{4} \cdot l_4 \cdot \frac{7}{12} \cdot l_4 \right)
 \end{aligned} \tag{6.38}$$

$$M_4 = \frac{105,2 \cdot 23^3}{12} = 106664 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_5 \cdot \frac{23}{1,9} + 2 M_4 \cdot \left(\frac{23}{1,9} + \frac{23}{1,9} \right) + M_3 \cdot \frac{23}{1,9} =$$

$$= -6 \cdot \left(\frac{106664 \cdot \frac{23}{2}}{23 \cdot 1,9} + \frac{106664 \cdot \frac{23}{2}}{23 \cdot 1,9} + \frac{1}{2} \cdot 383 \cdot \frac{3}{4} \cdot 23 \cdot \frac{1}{4} \cdot 23 \cdot \frac{7}{12} \cdot 23 \right) \times$$

$$\times 12,1 \cdot M_5 + 48,4 \cdot M_4 + 12,1 \cdot M_3 = -1865883 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Четверта ділянка

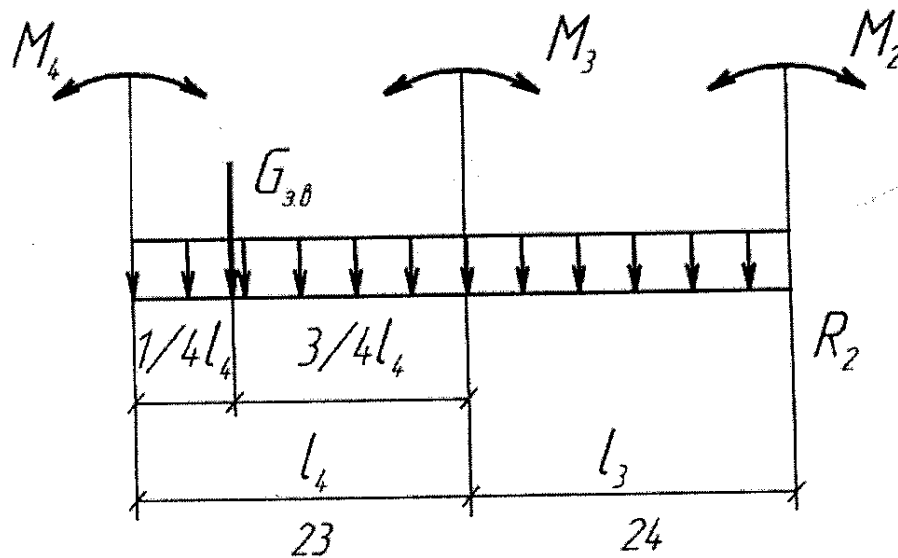


Рисунок 6.6 – Схема опорних моментів прольоту

$$M_4 \cdot \frac{l_4}{I_4} + 2 M_3 \cdot \left(\frac{l_4}{I_4} + \frac{l_3}{I_3} \right) + M_2 \cdot \frac{l_3}{I_3} =$$

$$= -6 \cdot \left(\frac{W_4 \cdot a_4}{I_4 \cdot l_4} + \frac{W_3 \cdot b_3}{I_3 \cdot l_3} + \frac{1}{2} \cdot G_{3B} \cdot \frac{3}{4} \cdot l_4 \cdot \frac{1}{4} \cdot l_4 \cdot \frac{5}{12} \cdot l_4 \right) \quad 6.39$$

$$M_3 = \frac{105,2 \cdot 24^3}{12} = 121190 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_4 \cdot \frac{23}{1,9} + 2 M_3 \cdot \left(\frac{23}{1,9} + \frac{24}{1,9} \right) + M_2 \cdot \frac{24}{1,9} =$$

$$= -6 \cdot \left(\frac{106664 \cdot \frac{23}{2}}{23 \cdot 1,9} + \frac{106664 \cdot \frac{24}{2}}{23 \cdot 1,9} + \frac{1}{2} \cdot 383 \cdot \frac{3}{4} \cdot 23 \cdot \frac{1}{4} \cdot 23 \cdot \frac{5}{12} \cdot 23 \right) \times$$

$$\times 12,1 \cdot M_4 + 49,5 \cdot M_3 + 12,6 \cdot M_2 = -1451948 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

П'ята ділянка

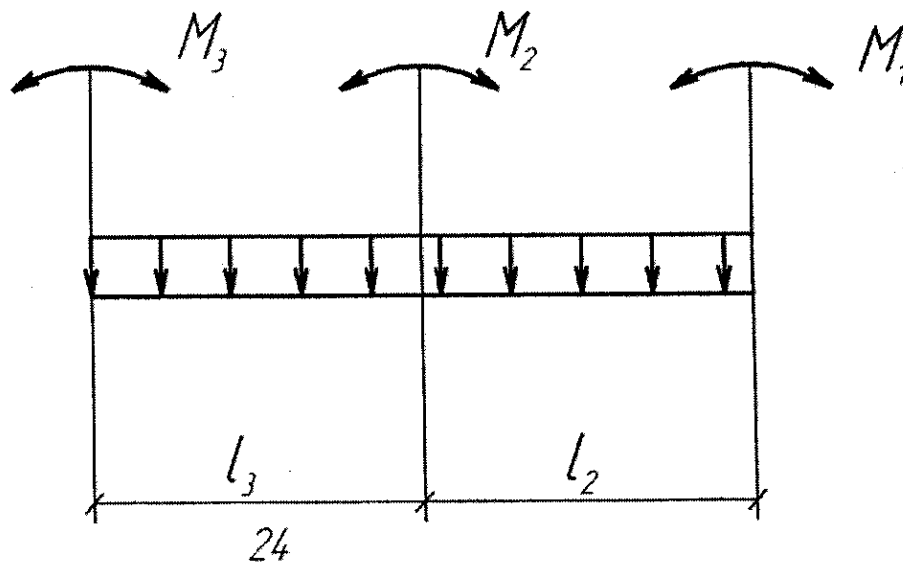


Рисунок 6.7 – Схема опорних моментів прольоту

$$M_3 + 4 \cdot M_2 + M_1 = -\frac{6}{2} \cdot l_3 \cdot (W_3 \cdot a_3 + W_2 \cdot a_2) \quad 6.40$$

$$M_3 + 4 \cdot M_2 + M_1 = -30297 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Вирішуємо отриману систему методом виключення змінних

$$\begin{cases} 40,5 \cdot M_6 + 11,6 \cdot M_5 = -214636; \\ 11,6 \cdot M_6 + 47,5 \cdot M_5 + 12,1 \cdot M_4 = -233992,9; \\ 12,1 \cdot M_5 + 48,4 \cdot M_4 + 12,1 \cdot M_3 = -1865883; \\ 12,1 \cdot M_4 + 49,5 \cdot M_3 + 12,6 \cdot M_2 = -1451948; \\ M_3 + 4 \cdot M_2 = -34271. \end{cases}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для цього ділимо систему рівнянь на 4, а потім перше рівняння помножимо на $\frac{1}{3,5}$ і віднімемо з другого, друге помножимо на $\frac{3,5}{13}$ і віднімемо з третього, третє помножимо на $\frac{13}{48,5}$ і віднімемо з четвертого, четверте помножимо на $\frac{48,5}{181}$ і віднімемо з п'ятого.

$$\begin{cases} 3,5 \cdot M_6 + M_5 = -18455; \\ M_6 + 4 \cdot M_5 + M_4 = -20119; \\ M_5 + 4 \cdot M_4 + M_3 = -153950; \\ M_4 + 4 \cdot M_3 + M_2 = -119896; \\ M_3 + 4 \cdot M_2 = -34271. \end{cases}$$

Отримуємо систему рівнянь з якої знаходимо моменти

$$3,5 \cdot M_6 + M_5 = -18455,4;$$

$$\frac{13}{3,5} \cdot M_5 + M_4 = -14846,9;$$

$$\frac{48,5}{13} \cdot M_4 + M_3 = -149953,6;$$

$$\frac{181}{48,5} \cdot M_3 + M_2 = -79702,9;$$

$$\frac{675,5}{181} \cdot M_2 = -12914,3.$$

$$M_1 = 3973,7 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_2 = -3460,4 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = -20429,6 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_4 = -34717,5 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_5 = 5349,9 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$M_6 = -6801,5 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_7 = 8081,2 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначення опорних реакцій

Визначаємо момент щодо опори 7

$$\sum M_{77} = 0$$

$$M_7 + R_{67} \cdot l_7 - M_7 - \frac{g \cdot l_7^2}{2} = 0 \quad 6.41$$

$$R_{67} = \frac{-M_7 + M_6 + \frac{g \cdot l_7^2}{2}}{l_7} \quad 6.42$$

$$R_{67} = \frac{-8081,2 + 6801,5 + \frac{138,6 \cdot 16,34^2}{2}}{16,34} = 221,8 \text{ кН}$$

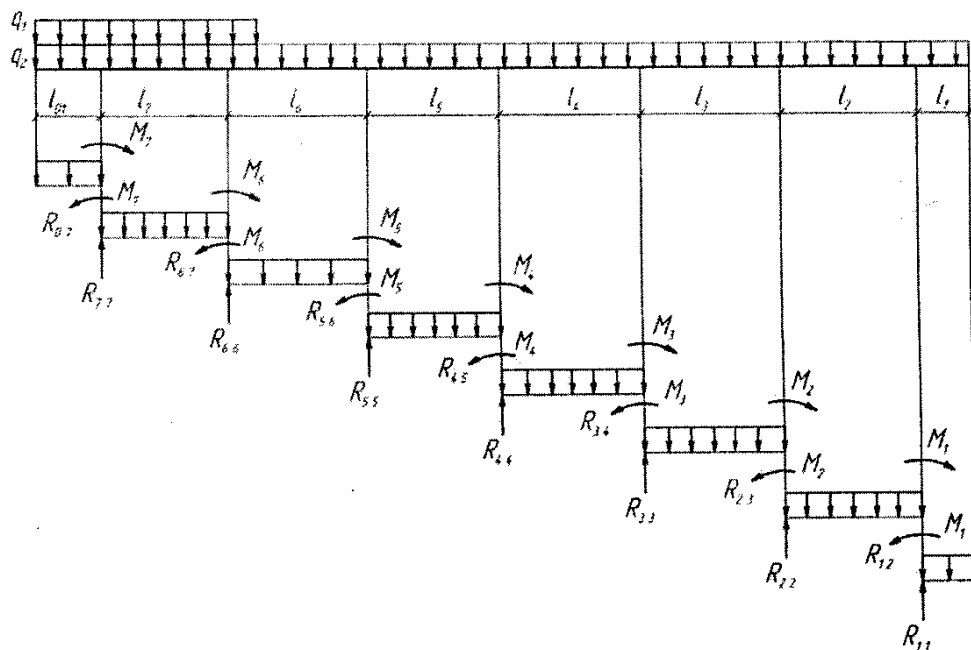


Рисунок 6.8 – Схема опорних реакцій

Визначаємо момент щодо опори

$$\sum M_{67} = 0$$

$$R_{77} \cdot l_7 + M_6 - M_7 - \frac{g \cdot l_7^2}{2} = 0 \quad 6.43$$

$$R_{77} = \frac{M_7 - M_6 + \frac{g \cdot l_7^2}{2}}{l_7} \quad 6.44$$

$$R_{77} = \frac{8081,2 + 6801,5 + \frac{138,6 \cdot 16,34^2}{2}}{16,34} = 2043,4 \text{ кН}$$

$$\sum M_{66} = 0$$

$$-M_5 + R_{56} \cdot l_6 - \frac{g \cdot l_6^2}{2} + M_6 - \frac{g_1 \cdot l_6^2}{2} = 0 \quad 6.45$$

$$R_{56} = \frac{M_6 - M_7 + \frac{g \cdot l_6^2}{2} + \frac{g_1 \cdot l_6^2}{2}}{l_6} \quad 6.46$$

$$R_{56} = \frac{-6801,5 - 8081,2 + \frac{138,6 \cdot 22,1^2}{2} + \frac{105,2 \cdot 22,1^2}{2}}{22,1} = 2020,9 \text{ кН}$$

Визначаємо момент щодо опори 5

$$\sum M_{56} = 0$$

$$R_{66} \cdot l_6 - M_6 + M_5 - \frac{g \cdot l_6^2}{2} - \frac{g_1 \cdot l_6^2}{2} = 0 \quad 6.47$$

$$R_{66} = \frac{M_6 - M_5 + \frac{g \cdot l_6^2}{2} + \frac{g_1 \cdot l_6^2}{2}}{l_6} \quad 6.48$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$R_{66} = -6801,5 - 5349,9 + \frac{138,6 \cdot 22,1^2}{2} + \frac{105,2 \cdot 22,1^2}{2} = 2144,5 \text{ кН}$$

$$\sum M_{66} = 0$$

$$R_{45} \cdot l_5 - M_4 + M_5 - \frac{g_1 \cdot l_5^2}{2} = 0 \quad 6.49$$

$$R_{45} = \frac{M_4 - M_5 + \frac{g_1 \cdot l_5^2}{2}}{l_5} \quad 6.50$$

$$R_{45} = \frac{-34717,2 - 5349,9 + \frac{105,2 \cdot 23^2}{2}}{23} = -532,3 \text{ кН}$$

Визначаємо момент щодо опори 4

$$\sum M_{45} = 0$$

$$R_{55} \cdot l_5 - M_5 + M_4 - \frac{g_1 \cdot l_5^2}{2} = 0 \quad 6.51$$

$$R_{55} = \frac{M_5 - M_4 + \frac{g_1 \cdot l_5^2}{2}}{l_5} \quad 6.52$$

$$R_{55} = \frac{5349,9 + 34717,5 + \frac{105,2 \cdot 23^2}{2}}{23} = 2951,9 \text{ кН}$$

$$\sum M_{44} = 0$$

$$R_{34} \cdot l_4 + M_4 - M_3 - \frac{g_1 \cdot l_4^2}{2} - G_{3.B} \cdot \frac{1}{4} \cdot l_4 = 0 \quad 6.53$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$R_{34} = M_3 - M_4 + \frac{g_1 \cdot l_4^2}{2} + G_{3.B} \cdot \frac{1}{4} \quad 6.54$$

$$R_{34} = \frac{-20429,6 - 34717,5 + \frac{105,2 \cdot 23^2}{2} + \frac{383 \cdot 23}{4}}{23} = 1926,8 \text{ кН}$$

Визначаємо момент щодо опори 3

$$\sum M_{34} = 0$$

$$R_{44} \cdot l_4 - M_4 + M_3 + \frac{g_1 \cdot l_4^2}{2} + G_{3.B} \cdot \frac{3}{4} \cdot l_4 = 0 \quad 6.55$$

$$R_{44} = \frac{M_4 - M_3 - \frac{g_1 \cdot l_4^2}{2} + G_{3.B} \cdot \frac{3}{4} \cdot l_4}{l_4} \quad 6.56$$

$$R_{44} = \frac{-34717,5 + 20429,6 + \frac{105,2 \cdot 23^2}{2} + 383 \cdot \frac{3 \cdot 23}{4}}{23} = -1543,8 \text{ кН}$$

$$\sum M_{33} = 0$$

$$R_{23} \cdot l_3 - M_2 + M_3 - \frac{g_1 \cdot l_3^2}{2} = 0 \quad 6.57$$

$$R_{23} = \frac{M_2 - M_3 + \frac{g_1 \cdot l_3^2}{2}}{l_3} \quad 6.58$$

$$R_{23} = \frac{-3460,4 + 20429,6 + \frac{105,2 \cdot 24^2}{2}}{24} = 1969,5 \text{ кН}$$

Визначаємо момент щодо опори 2

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum M_{23} = 0 \quad 6.59$$

$$R_{33} \cdot l_3 - M_2 + M_3 - \frac{g_1 \cdot l_3^2}{2} = 0 \quad 6.60$$

$$R_{33} = \frac{M_3 - M_2 + \frac{g_1 \cdot l_3^2}{2}}{l_3} \quad 6.61$$

$$R_{33} = \frac{-20429,6 - 3460,4 + \frac{105,2 \cdot 24^2}{2}}{24} = 555,4 \text{ кН}$$

$$\sum M_{22} = 0$$

$$R_{12} \cdot l_2 - M_1 + M_2 - \frac{g_1 \cdot l_2^2}{2} = 0 \quad 6.62$$

$$R_{12} = \frac{M_1 - M_2 + \frac{g_1 \cdot l_2^2}{2}}{l_2} \quad 6.63$$

$$R_{12} = \frac{3973,7 + 3460,4 + \frac{105,2 \cdot 24^2}{2}}{24} = 1572,2 \text{ кН}$$

Визначаємо момент щодо опори 1

$$\sum M_{12} = 0$$

$$R_{22} \cdot l_2 - M_2 + M_1 - \frac{g_1 \cdot l_2^2}{2} = 0 \quad 6.64$$

$$R_{22} = \frac{M_2 - M_1 + \frac{g_1 \cdot l_2^2}{2}}{l_2} \quad 6.65$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{22} = \frac{-3460,4 - 3473,7 + \frac{105,2 \cdot 24^2}{2}}{24} = 952,7 \text{ кН}$$

$$R_{01} = g \cdot l_{01} + G_{p,x} = 138,6 \cdot 8,86 + 1100 = 2327,9 \text{ кН} = \\ = 2327,9 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$R_{11} = g_1 \cdot l_0 = 105,2 \cdot 8,7 = 915,2 \text{ кН} = 915,2 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$R_7 = R_{01} + R_{77} + G_6 = 2327,9 + 2043,4 + 360 = 4731,4 \text{ кН} = \\ = 4731,4 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$R_6 = R_{67} + R_{66} + G_6 = 221,8 + 2144,5 + 360 = 2726,3 \text{ кН} = \\ = 2726,3 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$R_5 = R_{55} + R_{56} + G_6 = 2951,9 + 2020,9 + 360 = 5332,8 \text{ кН} = \\ = 5332,8 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$R_4 = R_{45} + R_{44} + G_6 = -532,3 - 1343,8 + 360 = -1516 \text{ кН} = \\ = 1516 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$R_3 = R_{34} + R_{33} + G_6 = 1926,8 + 555,4 + 360 = 2842,1 \text{ кН} = \\ = 2842,1 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$R_2 = R_{23} + R_{22} + G_6 = 1969,5 + 952,7 + 360 = 3282,1 \text{ кН} = \\ = 3282,1 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$R_1 = R_{12} + R_{11} + G_6 = 1572,1 + 915,2 + 360 = 2847,3 \text{ кН} = \\ = 2847,3 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Перевірка

$$R_8 + R_7 + R_6 + R_5 + R_4 + R_3 + R_2 + R_1 = G_{\text{общ}} \quad 6.66$$

$$4731,3 + 2726,3 + 5332,8 - 1516,0 + 2842,1 + 3282,1 + 2847,4 =$$

$$= 23278,0 \text{ Н} \quad 0 = 0 \quad 6.1$$

Помилка складає $\frac{19686-23278,0}{23278,0} \cdot 100 = 3,55 \% < 5\%$ (3.65)

Визначення вигинаючих моментів

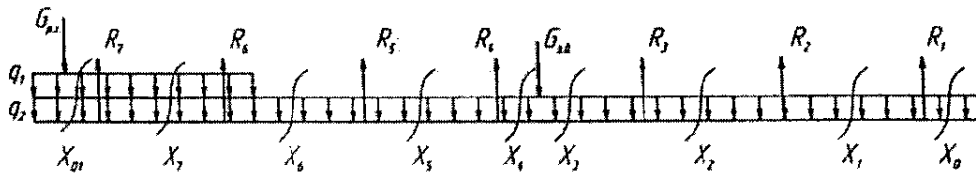


Рисунок 6.9 – Схема вигинаючих моментів

$$M_{x.0} = \frac{-g+x_{01}^2}{2} - G_{p.x} \cdot x_{01} \quad 6.68$$

$$M_{x.0} = \frac{-138,6 + 8,86^2}{2} - 1100 \cdot 2,4 = 8081,2 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{x7} = -M_7 + R_{77} \cdot x_7 - \frac{g \cdot x_7^2}{2} \quad 6.69$$

$$x_7 = \frac{R_{77}}{q} = \frac{2043,4}{138,6} = 14,72 \text{ м}$$

$$M_{x7} = -8081,2 + 2043,4 \cdot 16,34 - \frac{138,6 \cdot 16,34^2}{2} = 22963,9 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$M_{x7} = -8081,2 + 2043,4 \cdot 14,74 - \frac{138,6 \cdot 14,74^2}{2} = 6978,9 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{x7max} = -M_7 + \frac{R_{77}^2}{2g} \quad 6.70$$

$$M_{x7max} = 8081,2 + \frac{2043,4^2}{2 \cdot 138,6} = 6978,9 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{x7} = 0; \text{ при } x_7 = \frac{R_{77}}{g} + \sqrt{\frac{R_{77}^2}{g^2} - \frac{2 \cdot M_7}{g}} \quad 6.71$$

$$x_7 = \frac{2043,4}{138,6} + \sqrt{\frac{2043,4^2}{138,6^2} - \frac{2 \cdot 8081,2}{138,6}} = 14,74 \pm 10,03 \text{ м}$$

$$M_{x6} = -M_6 + R_{66} \cdot x_6 - \frac{g \cdot x_6^2}{2} \quad 6.72$$

$$x_6 = \frac{R_{66}}{g_1} = \frac{2144,5}{105,2} = 20,39 \text{ м}$$

$$M_{x6} = -6801,5 + 2144,5 \cdot 20,39 - \frac{105,2 \cdot 20,39^2}{2} = 28659,1 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{x6} = -6801,5 + 2144,5 \cdot 22,1 - \frac{138,6 \cdot 22,1^2}{2} = 28504,4 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{x6max} = -M_6 + \frac{R_{66}^2}{2g_1} \quad 6.73$$

$$M_{x6} = 6801,5 + \frac{2144,5^2}{2 \cdot 105,2} = 28659,1 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{x6max} = 0; \text{ при } x_6 = \frac{R_{66}}{g_1} \pm \sqrt{\frac{R_{66}^2}{g_1^2} - \frac{2M_6}{g_1}} \quad 6.74$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$x_6 = 20,39 \pm \sqrt{\frac{2144,5^2}{105,2^2} - \frac{2 \cdot 6801,5}{105,2}} = 20,39 \pm 23,34 \text{ м}$$

$$M_{x5} = -M_5 + R_{55} \cdot x_5 - \frac{g_1 \cdot x_5^2}{2} \quad 6.75$$

$$x_5 = \frac{R_{55}}{g} = \frac{2951,9}{105,2} = 28,06 \text{ м}$$

$$M_{x5} = -5349,9 + 2951,9 \cdot 28,06 - \frac{105,2 \cdot 28,06^2}{2} = 36063,9 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{x5} = -5349,9 + 2951,9 \cdot 23,0 - \frac{138,6 \cdot 23,0^2}{2} = 34717,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{x5 \text{ max}} = -M_5 + \frac{R_{55}^2}{2g} \quad 6.76$$

$$M_{x5 \text{ max}} = -5349,9 + \frac{2951,9^2}{2 \cdot 105,2} = 36063,9 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{x5} = 0; \text{ при } x_5 = \frac{R_{55}}{g} \pm \sqrt{\frac{R_{55}^2}{g_1^2} - \frac{2M_5}{g_1}} \quad 6.77$$

$$x_5 = \frac{2951,9}{105,2} \pm \sqrt{\frac{2951,9^2}{105,2^2} - \frac{2 \cdot 5349,9}{105,2}} = 28,06 \pm 26,18 \text{ м}$$

$$M_{x4} = -M_4 + R_{44} \cdot x_4 - G_{3,6} \cdot \left(x_4 - \frac{1}{4} \cdot l_4\right) - \frac{g_1 \cdot x_4^2}{2} \quad 6.78$$

$$x_4 = \frac{G_{3,6}}{g_1} = \frac{383}{105,2} = 3,64 \text{ м} \quad 6.79$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{x_4} = 34717,5 = 1543,8 \cdot 3,64 - 383 \cdot \left(3,64 - \frac{23}{4}\right) - \frac{105,2 \cdot 3,64^2}{2}$$

$$= 46044,4 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{x_4} = 34717,5 = 1543,8 \cdot 23 - 383 \cdot \left(23 - \frac{23}{4}\right) - \frac{105,2 \cdot 23^2}{2} =$$

$$= 35792,8 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{x_4 \max} = M_4 + \frac{R_{44}^2}{2g} \quad 6.80$$

$$M_{x_4 \max} = 34717,5 + \frac{1543,8^2}{2 \cdot 105,2} = 46044,4 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{x_4 \max} = -\left(M_4 - G_{3,8} \cdot \frac{1}{4} \cdot L\right) + \frac{(R_{44} - G_{3,8})^2}{2g} \quad 6.81$$

$$M_{x_4 \max} = -\left(-34717,5 - 383 \cdot \frac{1}{4} \cdot 23\right) + \frac{(1543,8 - 383)^2}{2 \cdot 105,2} = 43324 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{x_4} = 0; \text{ при } x_4 = \frac{R_{44} - G_{3,8}}{g_1} \pm \sqrt{\frac{(R_{44} - G_{3,8})^2}{g_1^2} - \frac{2(M_4 - G_{3,8} \cdot \frac{1}{4} \cdot L)}{g_1}} \quad 6.82$$

$$x_4 = \frac{1543,8 - 383}{105,2} \pm \sqrt{\frac{(1543,8 - 383)^2}{105,2^2} - \frac{2(-34717,5 - 383 \cdot \frac{23}{4})}{105,2}}$$

$$= 11,04 \pm 24,09 \text{ м}$$

$$M_{x_3} = -M_3 + R_{33} \cdot x_3 - \frac{g_1 \cdot x_3^2}{2} \quad 6.83$$

$$x_3 = \frac{R_{33}}{g_1} = \frac{555,4}{105,2} = 5,28 \text{ м} \quad 6.84$$

$$M_{x_3} = 20429,6 + 555,4 \cdot 5,28 - \frac{105,2 \cdot 5,28^2}{2} = 21895,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$M_{x3} = 20429,6 + 555,4 \cdot 24,0 - \frac{105,2 \cdot 24,0^2}{2} = 3460,4 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{x3 \max} = -M_3 + \frac{R_{33}^2}{2g_1} \quad 6.85$$

$$M_{x3 \max} = 20429,6 + \frac{555,4^2}{2 \cdot 105,2} = 21895,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{x3} = 0; \text{ при } x_3 = \frac{R_{22}}{g} \pm \sqrt{\frac{R_{33}^2}{g_1^2} - \frac{2M_3}{g_1}} \quad 6.86$$

$$x_3 = \frac{555,4}{105,2} \pm \sqrt{\frac{555,4^2}{105,2^2} - \frac{2(-20429,6)}{105,2}} = 5,28 \pm 20,4 \text{ м}$$

$$M_{x2} = M_2 + R_{22} \cdot x_2 - \frac{g_1 \cdot x_2^2}{2} \quad 6.87$$

$$x_2 = \frac{R_{22}}{g} = \frac{952,7}{105,2} = 9,06 \text{ м} \quad 6.88$$

$$M_{x2} = 3460,4 + 952,7 \cdot 9,06 - \frac{105,2 \cdot 9,06^2}{2} = 7773,8 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{x2} = 3460,4 + 952,7 \cdot 24,0 - \frac{105,2 \cdot 24,0^2}{2} = -3973,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{x2 \max} = -M_2 + \frac{R_{22}^2}{2g} \quad 6.89$$

$$M_{x2} = 3460,4 + \frac{952,7^2}{2 \cdot 105,2} = 7773,8 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

$$M_{x2} = 0; \text{ при } x_2 = \frac{R_{22}}{g} \pm \sqrt{\frac{R_{33}^2}{g_1^2} - \frac{2M_2}{g_1}} \quad 6.90$$

$$x_2 = 9,06 \pm \sqrt{\frac{952,7^2}{105,2^2} - \frac{2 \cdot (-3460,4)}{105,2}} = 9,06 \pm 12,16 \text{ м}$$

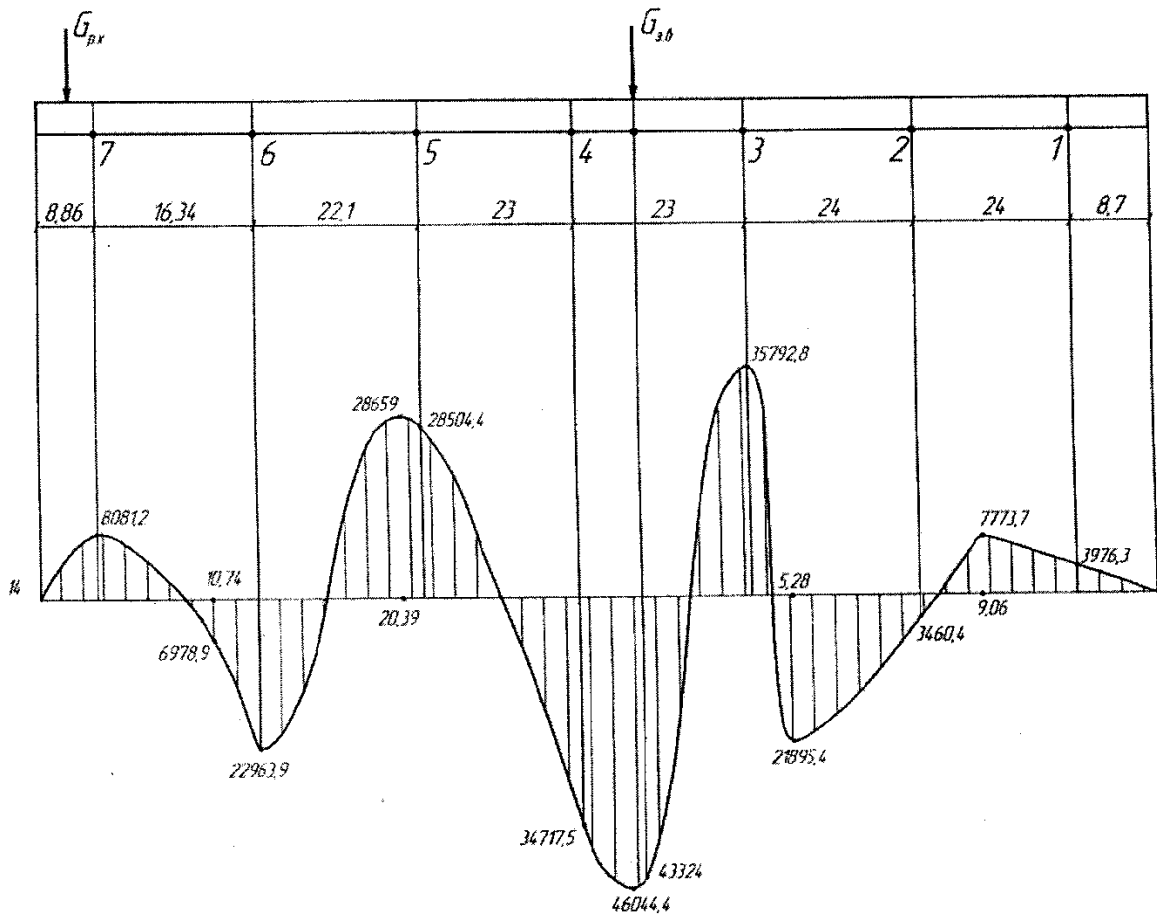


Рисунок 6.10 – Епюри вигинаючі моментів корпусу печі

Визначення небезпечного перетину корпусу печі

Небезпечний перетин визначаємо по формулі

$$G = \frac{M_{\max}}{W_{\max}}, \frac{\kappa\text{Н}}{\text{м}^2} \quad 6.91$$

де M_{\max} – максимальний момент на печі, Нм;

W_{max} – момент опору перетину, m^3 ;

G – найбільше навантаження, МПа;

$$W_{max} = \pi \cdot R^2 \cdot \delta_1 + \pi \cdot R^2 \cdot \delta_2, m^3$$

6.92

де δ_1 – товщина корпусу печі, м;

δ_2 – довжина корпусу печі під бандажем, м.

$$W_{max} = 3,14 \cdot 2^2 \cdot 0,036 + 3,14 \cdot 2^2 \cdot 0,06 = 1,2 m^3$$

$$G = \frac{46044,4}{1,2} = 38370,3 \text{ Па} = 38,37 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

6.6. Висновки по конструкції і розрахунку барабана печі

Даним дипломним проектом запропонована конструкція обертової печі, що істотно відрізняється від існуючих. Так футерування внутрішньої поверхні печі зроблене фасонним, що дає можливість ефективно використовувати тепло топкових газів і інтенсивно випаровувати вологу з поверхні шматків крейди і запобігає налипанню дрібняка на внутрішню поверхню.

Крім того, в конструкцію приводу барабана між електродвигуном і редуктором встановлено колодкове гальмо з електрогідравлічним штовхачем, що дає можливість зупиняти барабан в будь-якому необхідному положенні. Зупинка барабана у фіксованому положенні дає можливість виконувати його ремонт в сприятливому його розташуванні по відношенню до ремонтника.

При відключенні електроживлення електродвигуна включається в роботу гальмо і фіксує положення барабана на момент виключення електродвигуна. В цьому випадку відсутнє мимовільне обертання барабана в протилежну сторону, що неминуче має місце у разі відсутності гальма.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В процесі проектування виконані матеріальний розрахунок виробництва, визначена потужність приводу, кінематичний розрахунок, виконані міцнісні розрахунки барабана, відкритої зубчастої передачі, проміжного валу.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ

Обичайки обертової печі виготовляють зварними зі сталевих аркушів товщиною 20 мм. Вальцювання, штампування обичайок допускається робити тільки на відповідних машинах або пресах. Виготовлення ручним способом, а також місцеве нагрівання й виправлення молотком не допускається.

Обичайки можуть бути виготовлені вальцюванням карт, зварних у плоскому стані з декількох аркушів. Зварні шви в обичайках, зварних з карт, повинні бути розташовані паралельно утворюючої.

Ширина аркушів між швами не менш 800 мм, а ширина замикаючої вставки не менш 400 мм.

Вальцювання обичайок з аркуша роблять у холодному стані. З метою обмеження залишкових напруг у металі після холодної гнучкі обичайку варто піддати термічній обробці, або виготовляти обичайку гарячим способом (нагрівання аркуша до ~ 1000 °С; закінчення гнучкі не нижче 700 °С).

Гибку обичайок з аркушів роблять на тривалкових або чотиривалкових листозгинальних вальцях, а також на гибочних пресах. У цих машинах гнучка аркуша здійснюється обертовими валками. У тривалкових машинах гибочним є середній валок, а в чотиривалкових – бічні валки. Аркуш, що підлягає вальцюванню, уводять у валки й згинають його переміщенням вниз середнього валка (тривальна машина) або підніманням нагору бічних валків (чотиривальна машина). Гибку роблять за кілька пропусків. Після кожного пропуску кривизну аркуша збільшують до одержання замкнутої циліндричної обичайки. Вальцювання напівобичайок (корит) роблять до одержання розчину їхніх крайок, що відповідає заданому радіусу, і до заданої кривизни.

Тривальна машина не дозволяє зігнути крайки аркуша при вальцюванні. На довжині трохи менше половини відстані між бічними валками, крайки залишаються плоскими. Тому для одержання правильної

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			2017.012.00.000 ПЗ		66

циліндричної форми обичайок крайки попередньо підгинають. Операцію подгибки крайок звичайно виконують на гідравлічному пресі. Можлива підгибка крайок на тривалковій листозгинальній машині вдавненням кінця аркуша в загибочну матрицю.

При вальцюванні обичайок на чотиривалковій машині додаткового встаткування для подгибки крайок не потрібно.

Технологія виготовлення бандажів складається з наступних операцій:

1. різання злитків на заготівки;
2. нагрів заготівки;
3. попереднє кування або пресування;
4. кування на роговому молоті або пресування для отримання необхідної розводки;
5. нагрів розводок;
6. прокатка бандажа;
7. розтягнення на пресі;
8. таврування на спеціальному пресі;
9. термічна обробка.

Вихідним матеріалом для виготовлення бандажів є злитки. Після видалення поверхневих дефектів злитки розрізають на заготівки, які нагрівають в печі. Гарячі заготівки осаджують на пресі і прошивають отвір в центрі.

При подальшій обробці розганяють отвір і надають точні розміри ободу по висоті. Це виконують в чорновій кліті, а потім прокочують в чистовій кліті, де отримують необхідний профіль поверхні і заданий діаметр бандажа.

Після прокатки, бандажі розтягують на пресі, щоб надати їм точні розміри по діаметру, і усувають овальність. Заключною операцією при виготовленні бандажів є термічна обробка – гартування з відпуском. Перед надходженням на склад бандажі оглядають, випробовують на твердість і сортують.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологія виробництва зубчастого вінця відкритої зубчастої передачі починається з виготовлення ливарного модельного оснащення. Далі модельний комплект передається в ливарне виробництво, де з його допомогою формується ливарна форма. Далі модель вінця витягується з піщаної форми і в утворений простір заливається метал. Виливок зубчастого вінця після обрізки прибутків і літнікової системи далі подається на термообробку, де відбувається поліпшення структури металу і зняття внутрішніх напружень. Дробеструйне очищення виливки – завершальна стадія отримання заготовки зубчастого вінця.

Заготівля-виливок складається з 2-х частин. Далі на кожній з частин механічно обробляються сполучні торці і розточуються кріпильні отвори. Після цього вінець збирається і виконується механобробка діаметрів і торців зубчастого вінця. Остаточна обробка – зубонарізка виконується на зубофрезерному верстаті черв'ячними або модульними фрезами в залежності від модуля зуба і наявного обладнання. Зубчастий вінець рекомендується фарбувати для захисту від корозії і позначення робочих поверхонь.

Вісі опорних роликів та вали приводу виготовляють методом точіння на токарних верстатах. Із круглого прокату точать задані діаметри від найбільшого, проточують канавки, знімають фаски, відрізають. На фрезерному верстаті виготовляють шпонкові пази. Перед обробкою циліндричної поверхні підрізають торці. Операція проводиться підрізним різцем з подачею в двох напрямках. Жолобники (заокруглення між ступенями) виконують прохідним різцем з одночасною поперечною і поздовжньою подачею. Радіус галтелі залежить від діаметра ступені. Канавки проходяться поперечною подачею фасонного різця з ріжучою частиною рівній ширині канавки. Широкі канавки виконують у два прийоми: поперечною і поздовжньою подачі. Для відрізки готової деталі встановлюють відрізний різець і застосовують поперечну подачу. При цьому, для отримання чистого зрізу краще використовувати різець з похилою ріжучою крайкою. Пряма крайка руйнує зріз і потрібно подальша підрізування торця.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шпонкові зовнішні пази на валу призначені під призматичні шпонки. Шпонковий паз виконуються на горизонтально-фрезерних або на вертикально-фрезерних верстатах загального призначення. Шпонковий паз обробляють кінцевою фрезою з поздовжньою подачею за один прохід або кілька проходів. Фрезерування кінцевою фрезою за один прохід проводиться таким чином, що спочатку фреза при вертикальній подачі проходить на повну глибину канавки, а потім включається поздовжня подача, з якої шпонкова канавка фрезерується на повну довжину. При цьому способі потрібно потужний верстат, міцне кріплення фрези і рясне охолодження. Внаслідок того, що фреза працює в основному своєю периферійною частиною, діаметр якої після заточки кілька зменшується, в залежності від числа переточувань фреза дає неточний розмір канавки по ширині.

Для отримання по ширині точних канавок застосовуються спеціальні шпонково-фрезерні верстати з маятниковою подачею, що працюють кінцевими двухспіральною фрезами з лобовими ріжучими крайками. При цьому способі фреза врізається на ту ж глибину, як і в попередньому випадку, і фрезерує канавку знову на всю довжину, але в іншому напрямку. Звідси і відбувається визначення методу – маятникова подача. Цей метод є найбільш раціональним для виготовлення шпонкових канавок в серійному і масовому виробництві, так як дає точний розмір паза, що забезпечує взаємозамінність в шпонкових з'єднань.

Крім того, оскільки фреза працює лобовою частиною, вона буде довговічніше, так як зношується не периферійна її частина, а лобова. Недоліком цього способу є значно більша витрата часу на виготовлення паза в порівнянні з фрезеруванням за один прохід. Звідси впливає наступне: 1) метод маяткової подачі треба застосовувати при виготовленні пазів, які потребують взаємозамінності; 2) фрезерувати пази в один прохід потрібно в тих випадках, коли допускається пригонка шпонок по пазах.

Технологія виготовлення зубчатих коліс та шестерен полягає у наступному. Для заготовок з прокату – різання прокату, для штампованих

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заготовок – штампування. Штамповані заготовки доцільно виконувати з прошитими отворами, якщо їх діаметр більше 30 мм і довжина не більше 3-х діаметрів.

Точити торець обода і торець маточини з одного боку начорно, точити зовнішню поверхню обода до кулачків патрона начорно, розточити начорно на прохід отвір (або свердлиити і розточити при відсутності отвору в заготівлі), точити зовнішню поверхню маточини начорно, точити фаски. Технологічна база – зовнішня поверхня обода і торець, протилежний ступиці (закріплення в кулачках токарного патрона). Устаткування: одиничне виробництво – токарно-гвинторізний верстат; дрібно- та середнє серійне – токарно-револьверний, токарний з ЧПУ; багатосерійне і масове – одношпindelний або багатшпindelний токарний напівавтомат (для заготовки з прутка – прутковий автомат).

Точити базовий торець обода (протилежні ступиці) начорно, точити зовнішню поверхню обода на частини начорно, розточити отвір під шліфування, точити фаски. Технологічна база – оброблені поверхні обода і більшого торця (з боку маточини). Устаткування – те саме.

Протягнути (довбати в одиничному виробництві) шпонковий паз або шлицьовий отвір. Технологічна база – отвір і базовий торець колеса. Устаткування – горизонтально-протяжної або довбальний верстати. Застосовуються варіанти чистового протягування отворів на даній операції замість чистового розточування на попередній операції.

Точити базовий і протилежні торці, зовнішню поверхню вінця начисто. Технологічна база – поверхня отвору (реалізується на пресування на оправлення, осьове положення на оправці фіксується шляхом застосування підкладних кілець при запресуванні заготовки). Необхідність даної операції викликається вимогою забезпечення співвісності поверхонь обертання колеса. Устаткування – токарно-гвинторізний (одиничне виробництво), токарний з ЧПУ (серійне) або токарний багаторізцевий напівавтомат.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Фрезерувати зуби начорно (забезпечується 8-а ступінь точності). Технологічна база – отвір і базовий торець (реалізується оправкою і упором в торець). Устаткування – зубофрезерний напівавтомат.

Фрезерувати зуби начисто (забезпечується 7-а ступінь точності).

Шевінговальна операція підвищує на одиницю ступінь точності зубчастого колеса. Операцію застосовують для термообробних коліс з метою зменшення викривлення зубів, так як знімається поверхневий наклепаний шар після фрезерування. Технологічна база – отвір і базовий торець (реалізується оправкою). Устаткування – зубошевінговальні верстат.

Розжарювати заготовку або зуби (ТВЧ) або цементувати, розжарювати і відпустити – згідно з технічними вимогами. Наявність зміцнювальної термообробки, як правило, призводить до зниження точності колеса на одну одиницю.

Шліфувати отвір і базовий торець за одну установку. Обробка отвору і торця за одну установку забезпечує їх найбільшу перпендикулярність. Технологічна база – робочі евольвентні поверхні зубів (початкова окружність колеса) і торець, протилежний базовому. Реалізація базування здійснюється спеціальним патроном, у якого в якості настановних елементів використовують калібрувальні ролики або зубчасті сектори. Необхідність такого базування викликана вимогою забезпечення рівномірного знімання металу і зубів при їх подальшій обробці з базуванням по отвору на оправці. Устаткування – внутрішньошліфувальний верстат.

При базуванні колеса на даній операції за зовнішню поверхню вінця для забезпечення співвісності поверхонь обертання необхідно ввести перед або після термообробки круглошліфувальну операцію для шліфування зовнішньої поверхні вінця і торця, протилежного базовому (бажано за одну установку на оправці). Технологічна база – отвір і базовий торець. Устаткування – круглошліфувальний або торцекруглошліфувальний верстат.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідність обробки зовнішньої поверхні вінця колеса часто викликається також і тим, що контроль основних точностних параметрів зубів проводиться з використанням цієї поверхні в якості вимірювальної бази.

Шліфувати торець, протилежний базовому (якщо необхідно за кресленням). Технологічна база – базовий торець. Устаткування – плоскошліфувальний верстат з прямокутним або круглим столом.

Шліфувати зуби. Технологічна база – отвір і базовий торець. Устаткування – зубошліфувальний верстат (обробка обкаткою двома тарілчастими або черв'ячним колами або копіюванням фасонним кругом). При малому викривленні зубів при термообробці (наприклад, при азотуванні замість цементації) операція зубошліфування може бути замінена зубохонінгуванням або взагалі бути відсутньою.

Наявність зубошліфувальної або зубохонінгувальної операції визначається наявністю і величиною викривлення зубів при термообробці. Дворазове зубофрезерування і шевінгування зубів до термообробки може забезпечити 6-у ступінь точності. При втраті точності під час термообробки на одну ступінь кінцева 7-а ступінь точності буде досягнута. Введення обробної операції зубошліфування або зубохонінгування необхідно тільки при зменшенні точності колеса при термообробці більше, ніж на одну ступінь.

Застосовуються варіанти техпроцесу з одноразовим зубофрезеруванням, але з дворазовим зубошліфуванням. Наявність зміцнюючої термообробки призводить, як правило, до зниження ступеня точності коліс на одну одиницю, що вимагає введення додаткової оздоблювальної операції. Для незагортованих зубчастих коліс шевінгування є останньою операцією; перед термообробкою шевінгують зуби з метою зменшення деформації колеса в процесі термообробки і підвищення ступеня на одну одиницю.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.1 Технологічний процес зборки печі обертової

Прийом фундаменту

Готові фундаменти приймають під монтаж обертальної печі тільки при відповідності фактичних основних і прив'язочних розмірів, висотних відміток, а також розташування осей колодязів під фундаментні болти проектним. При цьому відхилення в розмірах не повинні перевищувати величин, наведених в СНиП Ш-Г.10-66. Поздовжні і поперечні осі фундаментів, прийнятих під монтаж, перевіряють за допомогою сталевих струн і отвісів. Отвіси повинні збігатися з позначками на планках, забитих в тіло фундаментів. Результати перевірки фундаментів заносять у формуляр, який прикладають до акту приймання фундаментів.

Послідовність монтажу обертової печі

- а) Установка і вивірка плит під опорні і упорні ролики;
- б) установка і вивірка опорних роликів;
- в) установка обичайок з натягнутими бандажами від холодного кінця до гарячого;
- г) установка упорних роликів;
- д) установка зубчастого вінця;
- е) установка редуктора і приводної шестерні;
- з) встановлення обладнання гарячого і холодного кінців.

Опорні й упорні ролики поставляють в монтаж в зібраному вигляді. Ревізію і складання роликів проводять в приоб'єктних майстернях. Подачу обичайок корпусу печі проводять в залежності від обраного метода монтажу по одній (в разі послідовного нарощування обичайок або парами (в разі виробництва попередньо укрупненого)).

Редуктор подають в монтажну зону в розконсервованому і отревізованому вигляді.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основним монтажним механізмом при монтажі обертальної барабанної печі є козловий кран вантажопідйомністю 60 т (чотири поліспасти вантажопідйомністю по 15 т кожний). По верхньому поясу крана переміщається допоміжний півповоротний кран грузопідйомністю 5 т, використовуваний для монтажу дрібних деталей печі. Крім того, при монтажі використовуються також автомобільні й гусеничні крани. Застосовуючи автоматичне зварювання і укрупнювальне збирання, монтаж обертальної барабанної печі довжиною 75 м і діаметром до 2.5 м проводиться за 45-50 днів.

Основні моменти монтажу

Обертові печі використовують в хімічній промисловості, кольоровій металургії та промисловості будівельних матеріалів. Призначені вони для виробництва цементу, глинозему, керамзиту, вапна і т.д. Температура випалу досягає 1400 ° С.

Конструктивно обертова піч представляє собою циліндричний корпус, футерований всередині вогнетривкою цеглою. Маса корпусу печі передається на парні роликоопори через бандажі, насаджені на корпус печі. Обертання печі здійснюється від електродвигуна через редуктор і венцову шестерню на корпусі. Обертання зазвичай відбувається з частотою 4 ... 5 обертів за хвилину.

Ось корпусу печі нахилена під деяким кутом, до горизонту. Для запобігання зсуву корпусу в осьовому напрямку на середній опорі з обох сторін бандажі встановлюють упорні ролики.

Корпус печі виготовляється з маловуглецевої або низьколегованої сталі товщиною 20 ... 80 мм. Зазвичай розміри печі по діаметру і довжині 3,6x70; 4x150 і 5x185 м. Найбільш велика з споруджених печей має діаметр 7 м і довжину 210 м. Печі таких розмірів – крупногабаритні конструкції і поставляються частинами.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Товстостінні бандажні кільця печі, призначені для обпирання на роликоопори при обертанні, постачають блоками довжиною в одну третину або половину окружності.

Печі діаметром до 4 м перевозять цільними блоками, що включають кілька обичайок загальною довжиною близько 12 м. Печі діаметром більше 4,5 м перевозять пакетним способом по габариту залізничних перевезень – кільцями висотою 2 м з незамкнутим поздовжнім монтажним стиком, телескопічно насадженими один на одного. При цьому зміщення кромки незамкнутого стику передбачається в межах можливостей методу тимчасового деформування. Корпуси більш крупних діаметрів перевозять сегментами в третину або чверть кола.

Укрупнювальне складання монтажних блоків входить в обов'язки заводу-постачальника обертової печі, а установка блоків в проектне положення з виконанням складально-зварювальних робіт по їх стикуванню – в обов'язки монтажної організації.

Конструкції обертових печей поставляють на об'єкт монтажу з урахуванням вимог монтажних організацій до проектування, конструкції, виготовлення і постачання обладнання. Укрупнення обичайок здійснює завод-виробник відповідно до ГОСТ 21556-76.

Приводний пристрій печі надходить повністю зібраним і пройшовшим обкатку на заводі-виробнику. Редуктор допоміжного приводу повинен бути зібраний на рамі разом з електродвигуном.

У комплект поставки, як правило, включають додатковий пристрій для обертання корпусу печі зі швидкістю, що дозволяє здійснювати автоматичне зварювання під час монтажу.

Обсяг укрупненої збірки і її технологія визначаються ступенем блочності поставки і монтажу конструкцій.

Найбільш ефективно розміщувати майданчик укрупненої збірки в зоні дії крана, призначеного для установки блоків печі в проектне положення. Такий варіант практикується при монтажі двох печей на одному об'єкті. При

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

більшій кількості печей складальний майданчик розміщують осторонь, роботи обслуговує козловий кран, який по закінченню укрупненої збірки розташовують по осі монтуємих печей.

Типи укрупнювальних блоків поділяються на прогонові (міжопорні), консольні і бандажні.

При виконанні робіт козовим краном вантажопідйомністю 200 т масу укрупнювальних блоків представляється можливим довести до цієї величини. Тоді монтаж печі діаметром 5 м і довжиною 185 м здійснюють з 10 блоків. Роботи щодо укрупнення блоків виконує завод-постачальник обладнання із застосуванням роликівих стендів і козлового крана. Краном виконують операції підйому, переміщення і укладання блоків в положення, з якого їх доставляють до місця установки в проектне положення. Монтажу корпусу печі передують установка і вивірка роликкоопор на фундаментах. Можуть бути різні схеми монтажу печі. Найбільш раціонально вести монтаж печі, починаючи від приводної роликкоопори одночасно в дві сторони.

Венцову шестерню приводу встановлюють половинками, центруючи її на обечайці за допомогою заздалегідь прикріплених до неї пристосувань. Кінцеві ділянки прогонових блоків укладають на фундаментах печі, спираючи на ложементи, регульовані по висоті домкратами. Стикування двох частин прогонового блоку виконують на тимчасових опорах між фундаментами, якщо монтажний стик виявляється між фундаментами.

Стикування блоків між собою виробляють стяжними (гвинтовими) пристосуваннями, виготовленими заводом-постачальником.

Після закінчення складальних робіт проводять вивірку печі і готують її до автоматичного зварювання. Застосовувана послідовність зварювання печі наступна:

- підварювання кореня шва з внутрішньої сторони печі;
- автоматичне зварювання корпусу печі зовні;

									Арк.
									76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				2017.012.00.000 ПЗ	

- видалення пристроїв і пристосувань, що використовувалися для збирання блоків;
- зачистка кореня шва повітряно-дуговим струганням;
- автоматичне зварювання стиків з внутрішньої сторони;
- контроль зварних з'єднань.

Монтажні з'єднання бандажів виконують електрошлаковим зварюванням. Зазор при складанні під зварювання передбачають змінним – меншим внизу і більшим у верхній частині бандажу для компенсації зварювальних деформацій. Обичайки з сегментів в третину або чверть кола збирають на стендах в вертикальному положенні, користуючись складальними кліньями, планками і гвинтовими стяжками.

Багатопрхідне автоматичне зварювання проводять під флюсом при горизонтальному положенні осі укрупнювальної обичайки на роликівих стендах. Ефективне застосування способу зварювання з використанням порошкоподібного присадочного матеріалу.

Рівномірність кільцевого зазору між зварювальними крайками при складанні обичайок між собою досягають установкою зазорних шайб, прихоплюють до корпусу ручним дуговим зварюванням. Товщина зазорних шайб відповідає величині зазору в стику.

Складальні пристосування встановлюють рівномірно по периметру кільцевого стику, в основному з внутрішньої сторони приблизно через кожні 500 мм.

Для автоматичного зварювання під флюсом з порошкоподібним матеріалом використовують автомати АДФ-1000-3, ТС-35 з дозаторами, що автоматично регулюють подачу порошкоподібного матеріалу на виліт електрода. При цій технології зварювання здійснюють спочатку з зовнішнього боку кільцевого стику, виконуючи перший прохід на щільному підсипанні з порошкоподібного матеріалу, яке готували до початку зварювання або по ходу його виконання.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При складанні обертових печей в ряді випадків замість ручної підварки кореня шва застосовують підваривно підкладний прут діаметром 8 ... 10 мм, що укладається в фаску крайок Х-образного оброблення. Пруток щільно притискають і прихоплюють по всій довжині кільцевого монтажного стику. Після зварювання стику з зовнішньої сторони пруток вирізують повітряно-дугового різкою, після чого проводять автоматичне зварювання з внутрішньої сторони печі.

Підкладання прутка замість ручної подварки спрощує і прискорює роботи з підготовки крайок, не вимагає праці висококваліфікованих зварювальників.

Збірку і монтаж печі здійснюють на основі проектів проведення робіт, технологічних карт і рекомендацій заводу-виготовлювача.

Довжину укрупнювальних блоків проводять з таким розрахунком, щоб кінцеві ділянки їх можна було оперти при установці на постаменти, не вдаючись до використання тимчасових опор для проміжних монтажних стиків. Дільницю збірки печей часто обладнують і козловими кранами. Для монтажу блоків печі діаметром 3,65 м потрібно застосування трьох спільно працюючих кранів типу СКХ-63.

При установці блоку в проектне положення виконують операції його вертикального підйому вантажними поліспастами і горизонтальне переміщення за допомогою кранів. Для взаємодії кранів, звернених один до одного стрілами і розташованих з різних сторін печі, користуються балансировальною траверсою.

Роботи повинні виконуватися відповідно до «Указівок по монтажу технологічного устаткування стріловидними самохідними кранами» ВСН 337-74 і «Рекомендаціями по застосуванню самохідних кранів СКТ-63 і СКТ-100 зі збільшеною вантажопідйомністю».

Поєднання кільцевих монтажних стиків між блоками в процесі установки в проектне положення здійснюють поворотом платформ кранів з урахуванням можливості встановлення бандажів на роликоопори.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Установка і вивірка опорних роликів

Установку опорних роликів починають після того, як бетонний фундамент під них досяг не менше 50% проектної міцності. Зі сталевого дроту діаметром 0,5-1 мм натягують осьову струну, що є базою, щодо якої проводиться вивірка опорних роликів.

В якості вимірювального інструмента при вивірці застосовують штихмас. Необхідна точність установки роликів щодо осі лежить в межах ± 2 мм. Положення роликів вивіряється також по висотним позначкам за допомогою нівеліра. Так як ролики мають ухил по осі печі близько 3° , то для уникнення помилки рейку при нівелюванні треба встановлювати у всіх роликів на одне і те ж місце. Правильність ухилу ролика перевіряється за рівнем.

Вивірка установки роликів повинна бути проведена дуже ретельно, так як від точності їх установки залежать зусилля і напруги, що виникають в корпусі печі в процесі її експлуатації.

В разі неправильного встановлення роликів в корпусі печі при її обертанні виникають знакозмінні напруги, які можуть призвести до руйнування зварних швів і корпусу печі.

Ролики не повинні мати перекосів, так як останні можуть спричинити зсув печі уздовж осі до холодного чи гарячого кінця в залежності від напрямку перекоосу.

Збірка корпусу печі

Збірку корпусу можна вести або шляхом послідовного нарощування обичайок, або, що більш раціонально, шляхом попереднього укрупнення 2-3 обичайок в блок з подальшою установкою блоків на місце за допомогою козлового крана. Кількість обичайок в укрупненому блоці визначається вантажопідемністю козлового крана.

Збірку обичайок в блок проводять на роликовому стенді з механічним приводом для обертання обичайок в процесі складання і зварювання.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зварювання обичайок рекомендується проводити зварювальними автоматами типу ПТ-6 або ТС-17М.

Для прискорення зварювання і зменшення деформацій обичайок зварювання краще проводити двома зварювальними автоматами одночасно. Для уникнення прожигів обичайок зварювання їх слід вести на підкладних кільцях або проводити попереднє обварювання швів ізнутри вручну.

При автоматичному зварюванні бажано мати кут розкриття фасок, рівний 45-50 °, і притуплення крайок – 4-5 мм.

Стиковка обичайок або блоків повинна бути перевірена перед зварюванням на співвісність і відсутність ексцентріцитета. Вивірка проводиться за допомогою натягнутої всередині обичайок осьової струни і мікрометричного щупа. Виміри проводяться в стиках обичайок в двох взаємно-перпендикулярних перетинах. Допустимі відхилення – не більше 5 мм.

Вивірений і відрегульований блок при зварюванні неминуче деформується, і при порушенні розробленої технології зварювання деформації можуть вийти за допустимі межі.

Для уникнення виникнення значних деформацій необхідно дотримуватися таких правил: застосовувати електроди великого діаметра і великі величини струму; вести зварювання одночасно двома зварниками; застосовувати зворотноступеневий спосіб зварювання.

Зварені і вивірені блоки корпусу печі подаються в монтаж. Оскільки укрупнені блоки мають довжину, що перевищує відстань між опорами, то при цьому способі відпадає необхідність в пристрої проміжної опори, без якої не можна обійтися при монтажі корпусу печі з окремих обичайок.

Стикування блоків проводиться так само, як і обичайок, за допомогою стяжних болтів і домкратів. Зварювання стиків обичайок і в цьому випадку доцільно проводити за допомогою автоматів. Обертання обичайок при цьому можна здійснювати або від допоміжного приводу, або за допомогою лебідок козлового крана. Для зварювання обичайок застосовуються самохідні

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зварювальні автомати, швидкістю переміщення яких і визначається швидкість зварювання.

Установка бандажів може проводитися як на окремі обичайки, так і на укрупнені блоки. Перед установкою бандажів всі посадочні місця очищаються від бруду, іржі і консервуючого мастила. Обичайка встановлюється на стелажі і підклинюється, а на вільний кінець її за допомогою автокрана надягають бандаж. Під вільний кінець обичайки встановлюється опора з клинами, після чого проміжна опора видаляється і бандаж встановлюється на місце.

Після установці бандаж фіксується тимчасовими куточками, що приварюється до необроблених частин підбандажного кільця. Остаточна установка, вивірка і закріплення бандажів проводиться після складання і вивірки корпусу печі.

Вивірка бандажів проводиться від упорного ролика у обидві сторони – до холодного та гарячого кінців. Вивірка установки бандажів проводиться шляхом замірів відстаней від бандажа до контрольних рисок, нанесених на підбандажних кільцях в чотирьох діаметрально протилежних точках.

Посадка бандажа на місце проводиться за допомогою домкратів. Допустиме відхилення відстаней від бандажа до контрольних рисок ± 1 мм по всьому периметру печі.

Між бандажем і обробленими підкладками повинен залишатись зазор 2-4 мм для компенсації розширення корпусу печі при його нагріванні. Величина зазору залежить від діаметра корпусу печі в місці насадки бандажа і від температури стінок корпусу печі.

Після установки підкладок і вивірки бандажа проводиться встановлення упорних сегментів, які фіксують бандаж від переміщення уздовж осі печі.

Упорні сегменти приварюються. При цьому необхідно оберегти поверхню бандажа і роликів від бризок розплавленого металу

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(найпростіше шляхом нанесення шару густого змазування). Сварка проводиться в нижньому положенні.

Правильна установка бандажів, як і опорних роликів, має вирішальне значення для нормальної роботи печі.

Ексцентрична посадка бандажів викликає виникнення значних напружень в корпусі печі і може привести до аварії. З огляду на поздовжнє розширення печі при нагріванні, бандажі встановлюються при монтажі зміщеними від осі опорних роликів в сторону упорного ролика, причому зсув цей тим більше, чим далі від упорного ролика розташований бандаж.

Перевірка прямолінійності корпусу печі проводиться двічі – до зварювання і після зварювання за допомогою теодоліта і рейки. Биття корпусу лещи в прольотах між опорами допускається не більше 10 мм, зміщення осі – 5 мм, биття підбандажної обичайок – 2 мм, биття кінців печі – 3 мм.

Перевірка прямолінійності осі печі проводиться в чотирьох положеннях, зміщених на 90°, 180°, 270°. При перевірці бандажі повинні прилягати до роликів на всіх опорах.

Збірка і вивірка венцової шестерні

Венцові шестерні кріпляться до корпусу печі на пружинах. Пружини кріпляться до венцової шестерні на болтах, а до корпусу печі – на заклепках.

Послідовність складання, вивіряння і клепки венцової шестерні наступна:

1) половинки шестерні надягають за допомогою крана на корпус печі і сболчівають;

2) проводиться вивірка шестерні на осьове радіальне біття за схемою. Біття як в осьовому, так і в радіальному напрямку не повинно перевищувати 2 мм;

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) після закінчення вивірки шестерні проводиться установка пружин. Пружини, будучи пріболченими до венцової шестірні, повинні прилягати до корпусу печі без зазору, але і без значного напруження. Використовуючи отвори у встановлені, пружинах як кондуктор, в корпусі печі свердлять отвори під заклепки.

Після того як пружини підготовлені, проводиться клепка. Клепка проводиться зсередини печі, а підтримка заклепок зовні. Після закінчення клепки проводиться контрольна перевірка шестерні на радіальне і осьове биття.

Установка підвенцової шестерні і редуктора

Підвенцова шестерня повинна бути встановлена під тим же кутом нахилу, що і корпус печі. Спочатку проводиться груба установка підвенцової шестерні, після чого проводиться заливка анкерних болтів без підливу підшипників підвенцової шестерні.

Після того як підлитий бетон досяг необхідної міцності, приступають до точної установки підвенцової шестерні.

При регулюванні повинні бути забезпечені наступні зазори: радіальний – $0,2m + (5-7)$ мм, бічний – 1-1,5 мм (де m - модуль шестерні). Перекіс шестерень для радіального зазору не повинен перевищувати 0,25 мм на довжині зуба, а для бокового зазору - 0,18 мм.

Перевірка проводиться за допомогою щупів і свинцевих прутків, які закладаються між зубами шестерень і дають відбитки зазорів після їх прокатування.

Після того як зазори відрегульовані, перевіряється зачеплення зубів на фарбу. При цьому на кожному зубі має бути кілька плям торкання, загальна довжина яких повинна бути не менше 50% ширини зуба.

Всі підкладки, встановлені під підшипники шестерні при вивірці, перед підливкою підшипників бетоном повинні бути між собою схоплені зварюванням.

									2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
										83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Установка редуктора

Редуктори прибувають з заводу-виготовлювача в зібраному вигляді і перед подачею їх в монтаж повинні пройти ревізію в приоб'єктних майстернях.

В тому випадку, якщо через велику вагу редуктора зробити його ревізію в майстерні не представляється можливим, ревізія проводиться в монтажній зоні. При цьому повинні бути вжиті заходи, що виключають можливість засмічення картера редуктора і його підшипників піском, пилом, цементом і іншим сміттям.

Ревізія полягає в огляді внутрішньої порожнини редуктора, видаленні консервуючого мастила і огляді шестерень редуктора. Редуктори, що надходять в розробленому вигляді, проходять збірку в майстернях з шабровою підшипників і регулюванням зубчастих зачеплень.

Монтаж редуктора ускладнюється тим, що він повинен бути поставлений під тим же кутом нахилу, що і корпус печі на підвенцевій шестірні.

Установка і вивірка редуктора проводиться на клинах. Кількість металевих підкладок під корпус редуктора повинна бути мінімальною і не перевищувати чотирьох штук.

Під час вивірення редуктора домагаються, щоб осі останнього ступеня редуктора і підвенцевої шестерні були соосні. При цьому можливі наступні випадки:

- а) осі останнього ступеня редуктора і підвенцевої шестерні паралельні, але зміщені один щодо одного;
- б) осі останнього ступеня редуктора і підвенцевої шестерні перетинаються або схрещуються.

Перший етап вивірення полягає в тому, що осі підвенцевої шестерні і останнього ступеня редуктора призводять в одну загальну вертикальну площину. Перевірка стану осей підвенцевої шестерні і редуктора

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проводиться за допомогою натягнутої осьової струни і навішаних на ній схилів.

Центри валів підвенцової шестерні і останнього ступеня редуктора повинні знаходитися на одній лінії зі схилами. Коли це досягнуто, приступають до вивірки валів у вертикальній площині.

Вивірка в вертикальній площині проводиться за допомогою рівня з ціною поділки 0,1 мм на 1 м. Допустимі відхилення при вивірці лежать в межах ± 5 поділок рівня. Цей етап вивірення гарантує паралельність осей підвенцової шестерні і останнього ступеня редуктора, але не гарантує їх співпадіння.

Співвісність валів перевіряють за допомогою скоб шляхом заміру зазорів через 90° повороту валів. При цьому домагаються, щоб різниця зазорів в усіх положеннях не перевищувала 0,1-0,2 мм.

Установка і вивірка редуктора допоміжного приводу проводиться аналогічним чином.

Вивірений і закріплений анкерними болтами редуктор здається під підливку бетоном. Перед підливкою необхідно зварити між собою всі підкладки.

Таким же способом проводиться установка і вивірка електродвигуна. Внаслідок значної кількості оборотів, що розвиваються електродвигуном, вібрації і напруги при неточній його установці можуть досягати досить великих величин, а отже, центрування електродвигуна необхідно проводити досить ретельно.

Електродвигуни піддаються заміні в процесі експлуатації печі, тому їх встановлюють не безпосередньо на фундамент з наступною підливою бетоном, а на металеві рами, які встановлюються і заливаються в бетон з таким розрахунком, щоб до регулювання мотор стояв трохи нижче проектного положення.

Установку електродвигуна на потрібну висоту досягають за допомогою підкладок між рамою і лапами мотору. Для полегшення регулювання

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електродвигуна бажано мати набір П-подібних підкладок товщиною від 0,3 до 5 мм. Кількість підкладок в пакеті не повинна перевищувати чотирьох.

Монтаж допоміжного устаткування печі

Залежно від конструкції і призначення печі вона може мати комплекс тих чи інших допоміжних пристроїв (рекуператори, шламоподаючі пристрої або пристрої для подачі шихти, шнеки, форсунки, пальники та ін.).

Рекуператори служать для збору і охолодження гарячого продукту і встановлюються на гарячий кінець печі по його периметру. Монтаж рекуператорів проводиться за допомогою автокрана або гусеничного крана. Якщо дозволяє вантажопідйомність наявного у розпорядженні крана, то рекуператори встановлюються з підвішеними броньовими плитами. Навішені рекуператори утворюють крутний момент, який може викликати мимовільний поворот печі в процесі проведення робіт, що спричинить за собою нещасний випадок. Це необхідно враховувати при монтажі рекуператорів і вживати заходів проти самовільного повороту печі.

Якщо піч до моменту навішування рекуператорів офутерована і установлені головний і допоміжний редуктори, то момент, утворений рекуператорами, недостатній для повороту печі і спеціальних заходів проти мимовільного повороту можна не застосовувати.

Для установки рекуператора його піднімають автомобільним або гусеничним краном і заводять в гніздо зірочки. За допомогою монтажних ломиків і оправок болтові отвори наводять на відповідні їм отвори в зірочці і фланці приймача. Обережно опускаючи рекуператор, садять його на місце, і за допомогою оправок поєднують ще кілька отворів (близько 30%).

Розстропування рекуператора виробляють тільки після того, як встановлено не менше 50% болтів. Якщо при роботі печі з неї виділяються шкідливі гази, то при монтажі слід звернути особливу увагу на забезпечення герметичності завантажувальних і розвантажувальних пристроїв.

									2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
										86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Герметичність розвантажувальних пристроїв з кожухом печі досягається за рахунок лабіринтових з'єднань різної конструкції.

Завантажувальні камери зазвичай підвішуються вільно, чим забезпечується компенсація осьових переміщень барабана при нагріванні. Приєднання газоходів до завантажувальної камери здійснюється за допомогою пісочного затвору, а підвіска її проводиться на гвинтових стяжках або на тросах з противагами.

Установка решти допоміжного обладнання печі не представляє труднощі.

Якщо піч має централізовану систему змащення, то перед монтажем всі деталі масляної системи повинні бути ретельно промиті гасом, так як попадання бруду і піску в підшипники призведе до його руйнування. Після складання масляної системи вона промивається ще раз, і перші порції масла видаляються з системи і замінюються свіжим маслом.

Барабанні габаритні печі надходять в монтаж з повністю зібраним корпусом і з надітими бандажами, а іноді і венцевою шестернею. Печі ці спираються зазвичай на дві пари роликів. Операції по установці і вивірці роликів і приводу таких печей аналогічні описаним раніше.

Установка корпусу барабанної печі на опорні ролики, що важить не більше 50–60 т, може бути проведена одним з наступних способів:

- 1) мостовим, козловим або іншим краном достатньої вантажопідйомності;
- 2) накочуванням по похилій естакаді за допомогою лебідок;
- 3) домкратами шляхом підйому на шпальні клітини.

Накочення барабанних печей ускладнене лише тим, що вимагає більшої точності, так необхідно, щоб бандажі потрапили точно на опорні ролики. Для контролю точності накочування і регулювання положення печі в процесі накочування в площині, паралельній площині установки однієї з пар опорних роликів, натягується струна від анкерного болта ролика до вбитого в

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

землю кілочка. Накатування проводиться двома лебідками, троси від яких намотуються на корпус печі на відстані 1,5–2 м від кінців. В процесі накочування стежать, щоб відстань від струни до центру найближчого бандажу дорівнювало відстані від струни до центру відповідної пари роликів.

Якщо замір показав, що барабан змістився, наприклад вправо, то під лівий кінець барабана підкладають клин і, діючи однією правою лебідкою, виводять барабан в потрібне положення. Після цього клин підкладають під правий кінець барабана і лівою лебідкою вирівнюють барабан, поки його вісь не опиниться паралельно проектній осі печі. Діючи таким чином, домагаються точного попадання бандажів на ролики.

Естакаду роблять такої висоти, щоб бандажі пройшли трохи вище опорних роликів (на 20-30 мм). Для того, щоб барабан не скотитися з горизонтальної ділянки естакади, на протилежну сторону цієї ділянки заздалегідь встановлюються стопорні клини.

Після закінчення накочування барабан опускається бандажимами на опорні ролики за допомогою домкратів.

У тісних місцях, де неможливо провести установку барабана методом накочування, його піднімають за допомогою домкратів на шпальні клітини так, щоб бандажі розташувалися трохи вище опорних роликів, потім за допомогою талів або домкратів перекочують барабан в положення над опорними роликами і опускають на них.

Після закінчення монтажу і вивіряння печі проводять її випробування і обкатку.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. РЕМОНТ І МОНТАЖ

При довгочасній експлуатації обладнання зношується, що приводить до поломок або пошкоджень, зниженню його продуктивності, що напряду зв'язано з випуском готової продукції.

Для забезпечення безперебійної та високопродуктивної роботи обладнання цеху, необхідно постійно вести нагляд і догляд за ним, періодично проводити технічне обслуговування і нормовані ремонти.

Для виконання усіх цих функцій є ремонтна служба підприємства, яку очолює головний механік (керівник відділу головного механіка - ОГМ).

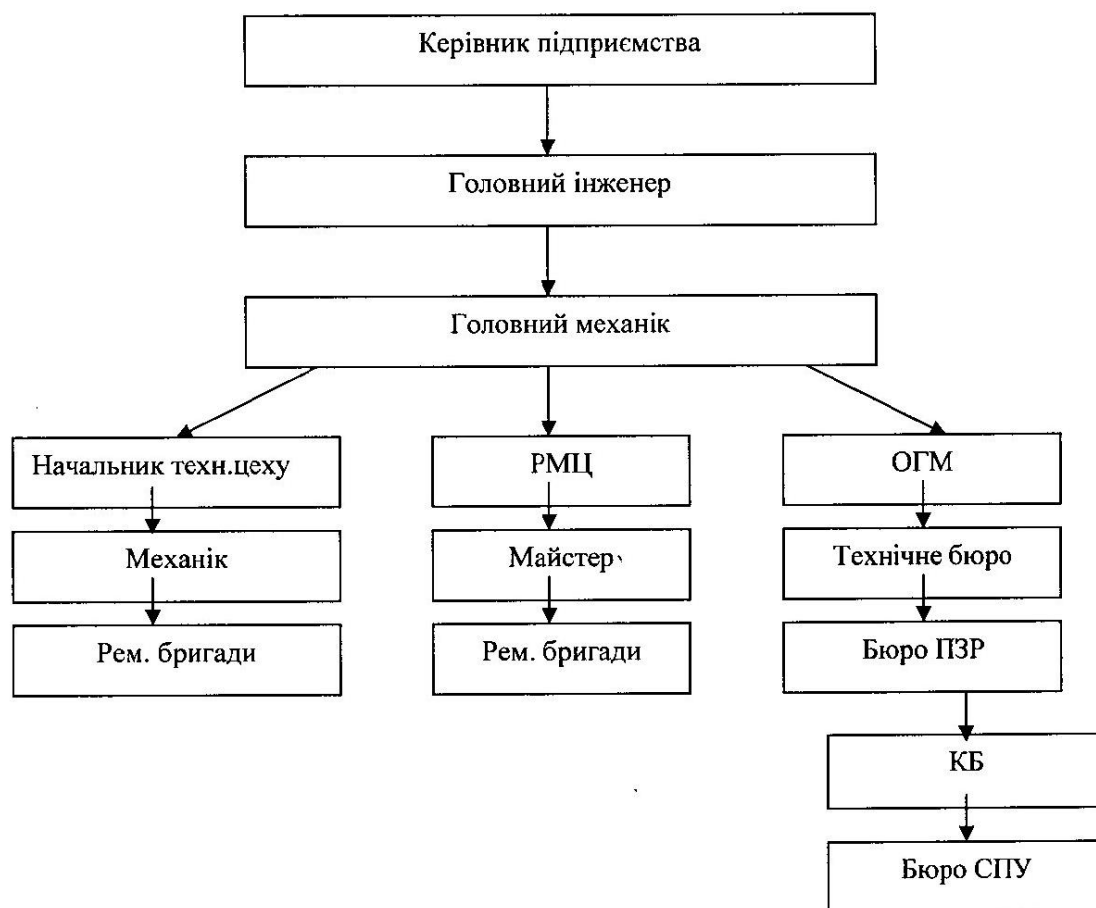


Рисунок 8.1 - Структура ремонтної служби ВАТ «СКВЗ»

В обов'язки головного механіка входить координація усіх дій між адміністрацією підприємства; начальниками технологічних цехів,

начальником РМЦ і ОГМ по питанням технічного обслуговування і ремонтам обладнання.

Відділ головного механіка складається :

- технічне бюро займається складанням і розробкою технічної документації, необхідної для виконання ремонтних робіт;
- бюро 1 Н ІР займається організацією планово-попереджувальних ремонтів обладнання, включаючи його підготовлення і проведення, здійснення контролю за станом і експлуатацією вантажопідйомних механізмів;
- КБ займається виготовленням ремонтних креслень деталей, креслень для модернізації обладнання і креслень для механізації ремонтних робіт;
- бюро СПц займається сітковим плануванням і керівництвом капітального ремонту обладнання.

В РМЦ створені спеціалізовані бригади по ремонту основного, допоміжного і вантажопідйомного обладнання.

У технологічних цехах ремонтні роботи виконуються цеховою комплексною ремонтною бригадою, з складу якої виділяються слюсарі для чергового обслуговування обладнання по змінам. Цехова ремонтна служба керується цеховим механіком.

Інколи капітальний ремонт складного обладнання проводиться силами РМЦ сумісно з цеховою ремонтною службою.

Система технічного обслуговування і ремонту (СТОР) розподіляє роботи по технічному обслуговуванню і властиво ремонту.

Під технічним обслуговуванням (ТО) розуміється комплекс повсякденних заходів, які забезпечують утримання обладнання у справному стані та його високу експлуатаційну надійність. ТО включає в себе щозмінне, періодичне обслуговування і періодичну перевірку на точність.

Щозмінне ТО передбачає системний нагляд за станом деталей і вузлів обладнання, його очищення; огляд, змащення, перевірку кріплень деталей і

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

усування дрібних несправностей. Це ТО здійснюється виробничим персоналом.

Періодичне ТО здійснюється по графіку ППР через визначену кількість часу роботи обладнання. При цьому ТО, крім робіт, які виконуються при щозмінному ТО, здійснюються роботи по регулюванню основних вузлів обладнання, заміні ущільнень, підшипників і других дрібних деталей. Під час періодичного ТО уточнюються несправності, збираються дані і матеріали про строках служби деталей, характеру їх знищення, а також об'єм робіт та строки проведення і тривалість чергового планового ремонту. Періодичне ТО здійснюється спеціальним обслуговуючим персоналом цеху - черговими слюсарями, електриками, змащувальниками і т.д.

Періодична перевірка на точність здійснюється тільки для обладнання, яке має клас точності.

Щоб поточне обслуговування виправдало себе, необхідно: організувати систему прийому і здавання зміни експлуатаційним персоналом; закріпити кожну машину або апарат за особами, що працюють на йому, організувати контроль-нагляд за систематичним його існуванням.

Прийому і здавання зміни приділяється серйозна увага, так як при цьому виявляються ряд неполадок, що підлягають негайному усуненню або усуненню протягом зміни. Окрім цього, це підвищує відповідальність персоналу за станом машин і апаратів.

Робітник, що приймає зміну, зобов'язаний, до початку роботи, оглянути агрегат, болтові з'єднання окремих вузлів, змащення поверхонь, що труться, зняти свідчення контрольно - вимірювальних приладів, перевірити чистоту агрегату, дізнатися у того, що працював, про неполадки протягом зміни і заповнити журнал прийому і здавання зміни.

Важлива роль в поточному обслуговування відводиться черговому персоналу. Крім того, що спільно з експлуатаційним персоналом, вони усувають дрібні неполадки, вони ще зобов'язані у вільний час обходити

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевіряти закріплені за ним ділянки устаткування і здійснювати контроль правильною їх експлуатацією.

Черговий слюсар і електрик по закінченню зміни заповнюють журнал рапортів, в яких відмічають стан устаткування, перелік зроблених ними робіт, виявлені недоліки, що вимагають втручання денного ремонтного персоналу і перелік запасних частин, що вимагають поповнення, і інших допоміжних матеріалів. Контроль поточного обслуговування здійснює керівник зміни, який зобов'язаний щомісячно проводити записи в журналах прийому і завдання зміни і розписуватися в них.

Усім цим ремонтам передують періоди міжремонтного обслуговування, яке виконується змінним експлуатаційним персоналом в строгій відповідності із робочими інструкціями.

Для догляду за устаткуванням обслуговуючий персонал повинен мати комплект необхідного інструменту і пристосування, а також швидко замінювані матеріали і деталі.

У міжремонтне обслуговування устаткування входять: змащення, обробка, чищення, регулярний зовнішній огляд, виявлення дефектів в роботі, перевірка справності запобіжних пристроїв, стан систем для змащення і охолодження, справність контрольно - вимірювальних приладів, приводних механізмів і інших пристроїв, що забезпечують безперервну експлуатацію устаткування.

У цеху прийнята система планово-попереджувального ремонту (ППР), що передбачає організаційно-технічні заходи, які повинні здійснюватися в плановому порядку по уходу, нагляду, обслуговуванні і ремонту устаткування.

Система планово - попереджувального ремонту (1 ц 1У) ставить своєю метою забезпечити попередження передчасного зношення деталей устаткування і можливих поломок і аварій шляхом виконання профілактичних робіт в заплановані терміни.

									Арк.
									92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2017.012.00.000 ПЗ				

Своєчасне виконання ремонтів повинне забезпечувати високу надійність і працездатність устаткування упродовж усього експлуатаційного періоду.

Система ППР передбачає проведення ремонту незалежно від стану і міри зношення устаткування, ще виключає випадкові ремонти і вимушені простої, підвищує виробничу дисципліну в дотриманні правил експлуатації технологічного устаткування.

Система планово-попереджувальних ремонтів передбачає такі планові ремонти: поточний і капітальний.

Поточний ремонт – це ремонт, який здійснюється у процесі експлуатації обладнання для гарантованого утримання роботоздатності обладнання, який складається з заміни, відновленні окремих частин обладнання та їх регулювання.

Капітальний ремонт – це ремонт, який здійснюється з метою відновлення справності та повного або близького до нього відновлення ресурсу обладнання з заміною або відновленням будь яких його частин, включаючи базові(рами, станини, корпуси) та їх регулюванням.

При капітальному ремонті обладнання повністю розбирається.

До виконання капітальних ремонтів допускаються спеціалізовані будівельно-монтажні організації, які працюють за заздалегідь підписаному договором.

На проведення капітального ремонту устаткування складають дефектну відомість і смету витрат з прикладенням додатка необхідних матеріалів і запасник частин.

Розробляється план і графік ремонтних робіт з розрахунком потрібної робочої сили і завантаженням верстатного парку. Витрати на проведення капітального ремонту устаткування відносяться за рахунок організаційних відрахувань. Зупинка устаткування на капітальний ремонт допускається

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лише при повному забезпеченні ремонту необхідними матеріалами, запасними частинами і робочою силою.

У залежності від розмірів, маси і конструктивних особливостей (складності) обладнання розрізняють такі способи проведення робіт капітального ремонту: по агрегатний, великовузловий та індивідуальний.

Поагрегатний спосіб проведення ремонтних робіт полягає у тому, що ремонтване обладнання знімається з фундаменту і відправляється на ремонт у РМЦ.

Для ремонту великогабаритного обладнання застосовується великовузловий спосіб ремонту, при якому зношені вузли і частини обладнання замінюють новими, заздалегідь зібраними.

При відсутності умов для перших двох способів капітального ремонту застосовується індивідуальний спосіб ремонту, при якому усі ремонтні операції здійснюються на місці установки машини, а деталі відновлюються по технології, найбільш прийнятної у кожному конкретному випадку.

Так як на підприємстві доволі слаба ремонтна база, для капітальних ремонтів усіх видів обладнання застосовується індивідуальний спосіб ремонту.

Поточний ремонт печі проводять через 720 годин протягом 6-16 год. з трудовитратами 10-40 люд.-год. Середній ремонт проводять через 8640 год. протягом 48-120 год. при затратах 94-600 люд.-год. Капітальний ремонт проводять один раз в 3 роки (через 25920 год.) протягом 96-360 год. при затратах 230-1200 люд.-год.

Під час поточного ремонту проводять ревізію маслосистеми; перевіряють герметичність вузлів живлення печі і вивантаження готового продукту; оглядають газову топку; підтягують кріплення вузлів і деталей; оглядають привід печі.

При середньому ремонті печі частково розбирають, при цьому виконують роботи по ремонту або частковій заміні насадки, зміні роликів, заміні підшипників, ущільнювальних кілець. Проводять середній ремонт приводу: повертають або замінюють підвенцову шестерню, міняють масло в

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

редукторі і, якщо потрібно, – окремі зношені деталі. Ремонтують футеровку барабана, регулюють обертання барабана.

Під час капітального ремонту повністю розбирають піч, замінюють ділянки обичайки, змінюють насадку, ремонтують або замінюють бандажі, повертають або змінюють венцове колесо з підвенцевою шестернею, ремонтують камеру спалювання, футеровку. Барабан печі перевіряють на герметичність, центрують. Проводять капітальний ремонт приводу.

В процесі експлуатації зношуються підшипники і цапфи валів (осей) опорних роликів, поверхні опорних роликів і опорних бандажів, внутрішні перегородки, обичайки корпусу, кінцеві кільця ущільнювачів і ін. Швидкого зносу піддаються вкладиші підшипників роликів опор, ущільнювальні кільця, ролики, бандажі, пвдвенцева шестерня. У місці подачі гарячих газів можливий прогар дільниці корпусу або деформація його внаслідок високих температур.

Ролики виготовляють зі сталі дещо меншої твердості, ніж сталь, з якої виконані бандажі. Це обумовлено тим, що змінити або відновити ролик легше, ніж бандаж. Поверхні роликів повинні бути добре оброблені. Для збільшення зносостійкості поверхні наплавляють твердими сплавами.

Неправильна установка роликів і їх нерівномірний знос можуть служити причиною прогину барабану. Можливі й інші несправності барабана: порушення зварних швів, утворення випучин, прогар стінки. Тому при ремонтах барабан ретельно перевіряють. Обичайки відновлюють за звичайною для циліндричних апаратів технологією.

Бандажі в процесі тривалої роботи зношуються, і форма їх спотворюється. Поверхні бандажів обточують на місці. Якщо ступінь зносу така, що обточувати бандаж можна, його знімають. Ця операція дуже трудомістка: знімають суміжну обичайку барабана з бандажем, зрізають або розклепують старий бандаж, ставлять новий; потім обичайку разом з бандажем встановлюють на колишнє місце і заварюють.

Бандажі. Термін їх служби досягає 15-20 років. Під час капітального ремонту деформовані бандажі проточують за допомогою переносного супорта. Якщо необхідна заміна бандажа, барабан піднімають, розрізають

									2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
										95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

бандаж і видаляють по частинах. Потім встановлюють новий в нагрітому стані або збирають його з двох-трьох частин з наступним зварюванням.

Опорні ролики посаджені на осі гарячою або пресовою посадкою. Вкладиші підшипників роликів ремонтують при середньому ремонті, ролики періодично проточують по зовнішній поверхні, або, якщо їх діаметр зменшується до 80% від номінального, замінюють новими (в комплекті з валом).

Підвенцові шестерні. Число зубів шестерень становить від 18 до 25 при модулі 24-30 мм. Шестерні змінюють при капітальному ремонті, а в окремих випадках і при середньому. Відновлення їх недоцільно, однак продовжити термін їх служби можна поворотом на 180 °.

Венцове колесо. Вінець готують цільним або що складається з двох половин, маса його досягає 4-6 т, термін служби 15-20 років. У міру зношування венцове колесо повертають на кут 180 °. В окремих випадках роблять наплавку зубів за шаблоном на зібраному колесі. Зуб повинен бути встановлений в горизонтальне положення, що досягається поворотом самого барабана. Фрезерування зубів після наплавлення можна проводити за допомогою переносного пристосування.

Після ремонту вузлів перевіряють прямолінійність і ухил осі барабана, рівномірність обпирання всіх бандажів на свої роликоопори, співвісність з ущільнювачами та т. д.

До проведення технічного обслуговування або капітального ремонту служба механіка цеху готується завчасно і готує необхідні запасні частини, комплектуючі матеріали, стандартні вироби, ремонтні пристосування і оснащення.

Одним з ефективних методів збільшення потужності виробничої дільниці або цеху є скорочення часу простою обладнання в ремонті. Для цього механік цеху готує наступні матеріали для проведення капітального ремонту: дефектну відомість; кошторис на проведення ремонтних робіт; креслення вузла або машини, що реконструюються, в разі виконання їх модернізації; сітьовий графік для складних машин, що вимагають тривалого простою в ремонті.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У табл. 8.1 наведена дефектна відомість на виконання капітального ремонту барабану печі. Відомість обов'язково повинна бути затверджена головним механіком заводу.

Найбільш трудомісткою операцією при виконанні капітального ремонту барабану печі є демонтаж опорних роликів і бандажів для подальшої їх проточки на токарних верстатах. Установка для підйому барабана мостового крана в цеху економічно не доцільно. Це пояснюється тим, що проточка бандажів, роликів і заміна підшипників опорних станцій виконується тільки при проведенні капітального ремонту, тобто один раз на протязі трьох років.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						97
	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.1 – Дефектна відомість на виконання капітального ремонту барабану печі

№ з/п	Найменування вузла або деталі, виявлені дефекти	Кількість	Спосіб виконання ремонтних робіт
1	2	3	4
1	Барабан печі	1	
1.1	Обичайка барабану Виконати вимірювання товщини обичайки ультразвуковим товщиноміром. У разі зносу до товщини менше 16 мм встановити захисну сорочку.	1	Заготівля захисної сорочки. Три сектора обичайки довжиною 2000 мм. Діаметр заготовки 2750 мм. Товщина 10 мм. Варити по периметру і плюс до цього клепка з кроком 400×400 мм.
1.2	Насадка Заміна зношених ділянок при товщині ерозійної корозії більше 1/3 від проектної величини.	1	Демонтаж зношених ділянок із заміною їх на нові. Обсяг робіт визначається механіком цеху.
2	Привід барабана	1	
2.1	Редуктор Зняти кришку редуктора. Перевірити технічний стан зубчастих пар і підшипників.	1	У разі виявлення зносу шестерень і зубчастих коліс замінити новими. Перевірити стан підшипників, у разі поломки їх - замінити.
2.2	Пальцева муфта Демонтувати пальці з втулками.	1	Замінити втулки.
2.3	Електрогідравлічне гальмо.	1	Злити масло, промити систему трансформаторним маслом, залити нове масло.
2.4	Проміжний вал Знос зубців шестерні на 1-1,8 мм. Поломка одного зубця на 1/3 довжини. Радіальне биття кільця підшипника більше 0,7 мм.	1	Заміна шестерні і підшипників проміжного вала № 332 .
3	Опорно-упорна станція Знос бігових доріжок роликів (опорних), викришування торцевих поверхонь. Знос 1 - 4 мм. Радіальне биття $\Delta_{\max} = 3$ мм. Заміна підшипників. Корозійний знос регулювальних болтів.	1	Установка пристосування підйому барабана. Демонтаж опорних роликів. Проточка на верстаті до прямолінійності поверхні роликів. Заміна підшипників № 3630. Встановлення нових регулювальних болтів. Ревізія упорних роликів.

									Арк.
									98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2017.012.00.000 ПЗ				

Продовження табл. 8.1

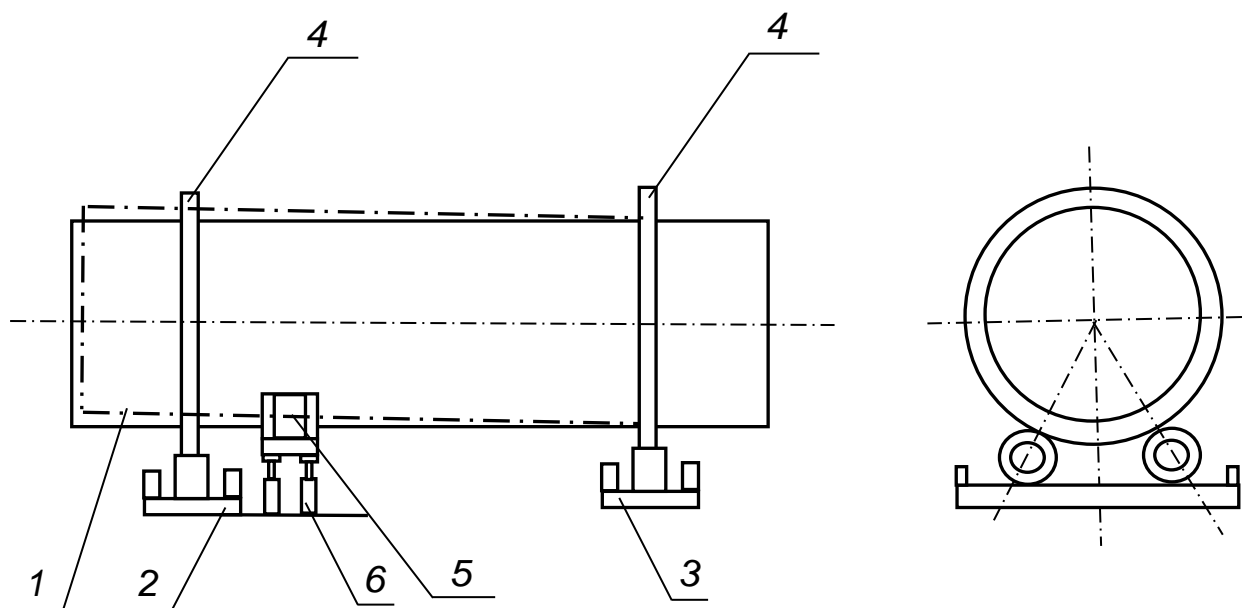
1	2	3	4
4	Опорний бандаж Знос бігової доріжки бандажа. Відхилення від прямолінійності.	1	Установка пристосування підйому барабана. Демонтаж башмаків. Демонтаж бандажа, проточка до прямолінійності бігової доріжки.
5	Опорна станція Знос бігових доріжок роликів, кришіння торцевих поверхонь. Знос 1 - 5 мм. Радіальне биття $\Delta_{\text{max}} = 3$ мм. Заміна підшипників. Корозійний знос регулювальних болтів.	1	Робота виконується після закінчення робіт п. 3, 4. Установка пристосування підйому барабана. Демонтаж опорних роликів. Проточка на верстаті до прямолінійності поверхні роликів. Заміна підшипників № 36. Встановлення нових регулювальних болтів
6	Опорний бандаж Знос бігової доріжки бандажа. Відхилення від прямолінійності.	1	Робота виконується з встановленим пристосуваннями підйому барабана. Демонтаж башмаків. Демонтаж бандажа і його проточка до прямолінійності бігової доріжки. Збірка.
7	Торцеве ущільнення барабана з боку топки Порушення герметичності ущільнення.	1	Демонтаж чавунного кільця, пальців, секторів і сталевго кільця барабана. Проточка кільця і секторів. Заміна сталевго кільця барабана. Установка 4-х нових пальців і пружин. Збірка.
8	Прогорання елементів топки Деформація окремих ділянок корпусу топки. Площа цегляної кладки, що підлягає заміні, не більше 1,2 м ² .	1	Розбирання старої кладки. Ремонт каркаса. Цегляна кладка топки.
9	Радіальне ущільнення Ерозійне руйнування елементів ущільнення	1	Демонтаж ущільнення. Встановлення нових ущільнюючих елементів. Збірка.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

Для проведення цих видів робіт доцільніше застосовувати наступне пристосування, що складається з опори поз.5 (рис. 8.1), верхня частина якої повторює форму зовнішнього діаметра барабана, а нижня має площину з чотирма поглибленнями, розташованими по вершинах чотирьох куточків. Опора розташовується безпосередньо за опорною або упорною станціями барабана. У поглиблення опори вставляються домкрати, якими і проводиться підйом барабана на висоту 10-12 мм від опорної поверхні ролика.

Для запобігання самовільного опускання барабана вниз, у верхньому положенні під опору підкладають обрізки шпал. Після цього можна приступати до демонтажу опорної станції і бандажа. Відремонтовані опорна станція і бандаж встановлюють на своє робоче місце. А пристосування переставляють на нове місце для зняття і ремонту опорно-упорної станції і бандажа.

Схема підйому барабану печі за допомогою підйомного пристосування представлена на рис. 8.1.



- 1 – барабан печі; 2 – опорна станція; 3 – опорно-упорна станція;
4 – бандаж; 5 – опора; 6 – гідравлічний домкрат

Рисунок 8.1 – Схема підйому барабану печі

										2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
											100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

9. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

9.1. Охорона праці

9.1.1 Небезпечні й шкідливі виробничі фактори на проектованому виробництві

У цьому дипломного проекті розглядаються питання охорони праці для умов виробництва вапна і крейди природної меленої.

Технологічний процес складається із наступних основних стадій:

- подріблення і помел крейди;
- випал крейди;
- охолодження вапна;
- класифікація;
- упаковка готового продукту.

До основного устаткування у виробництві вапна і меленої крейди відносяться:

- горизонтальна обертова піч;
- транспортна система;
- зубчаста дробарка.

Все основне і допоміжне устаткування для проведення технологічного процесу передбачається встановити в будівлі цеху, окрім обертової печі.

Для виробництва, що реконструюється, характерні наступні небезпеки:

- рухомі частини машин і механізмів, що обертаються;
- застосування природного газу, як палива;
- застосування електричної енергії;
- застосування підйомно-транспортного устаткування.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

9.1.2. Класифікація й категорійність виробництва і його проєктованих приміщень

Таблиця 9.1 - Характеристика речовин, вживаних у виробництві сухої меленої крейди і тонкодисперсного наповнювача

Речовина	Загальна характеристика	Щільність, кг/м ³	Межа ності, %		Токсичні вла- стивості і харак- тер дії на людину	Клас небезпеки	ГДК в повітрі робо- чої зони, мг/м ³
			Нижня	Верхня			
Природ- ний газ	безбарвний газ	0,6	4,5	13,5	Викликає задуху.	IV	5
Оксид вуглецю	безбарвний газ	0,9	12,5	74	Викликає отруєння, при підвищеній концентрації-задуху.	IV	5
Діоксид вуглецю	безбарвний газ	1,5			Викликає задуху і слабку наркотичну дію.	II	0,125
Оксид азоту	безбарвний газ	1,3			Ушкодження органів дихання і центральної нервної системи.	III	0,4

9.1.3. Заходи запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів

Вентиляція приміщень

Оскільки основну шкідливість у виробничих приміщеннях представляють: надмірне тепловиділення, а також виділення шкідливої для довкілля і організму людини крейдяного пилу. По цих чинниках в

реконструйованому виробництві приймаємо комбіновану і штучну вентиляцію.

У літній період припливне повітря поступає через відкриті фрамуги вікон і видаляється осьовим вентилятором через вентиляційну систему.

Метеорологічні умови

Оскільки проектом прийнята комплексна механізація і автоматизація всіх виробничих процесів, робота персоналу по тяжкості відноситься до категорії ІІа фізичних робіт середньої тяжкості. Вказані роботи пов'язані з постійною ходьбою і вимагають певної фізичної напруги, .

Згідно ГОСТ 121005-88 передбачаються наступні метеорологічні умови для робочої зони виробничих приміщень.

Холодний період року:

- температура повітря -17-23°C;
- відносна вологість не більше 75%;
- швидкість руху повітря не більше 0,3 м/с.

Теплий період:

- температура повітря 18-27°C;
- відносна вологість не більше 75%;
- швидкість руху повітря не більше 0,2-0,4 м/с.

Вказані мікрокліматичні умови підтримуються за допомогою загальнообмінної вентиляції в холодний період року. Опалюванню підлягає диспетчерський пункт; адміністративно - побутові приміщення. У теплий період року мікрокліматичні умови підтримуються штучною вентиляцією.

Освітлення

Місто Слов'янськ знаходиться в ІV поясі світлового клімату в зоні з нестійким сніговим покривом. Проектом передбачається природне

									Арк.
									103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2017.012.00.000 ПЗ				

освітлення будівель цеху у світлий час доби і штучне - в темний час доби за допомогою установки світильників з лампами розжарювання типу ППД - 200.

При огляді і ремонті технологічного устаткування використовуються переносні світильники напругою не більше 12В, захищені металевою сіткою.

У зв'язку з комплексною механізацією і автоматизацією технологічного процесу робота обслуговуючого персоналу полягає в загальному постійному спостереженні за ходом технологічного процесу і за зоровою характеристикою відноситься до VIII розряду, підрозділу "а".

Визначаємо нормоване значення коефіцієнта природної освітленості.

Природне освітлення бічне, стрічкове

$$e^{IV} = e^{III} \cdot m \cdot c,$$

де $e^{III} = 0,3$ -величина КЕО для III світлового поясу;

$m = 0,9$ -коефіцієнт світлового клімату;

$c = 0,8$ -коефіцієнт сонячності клімату.

Тоді:

$$e^{IV} = 0,3 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 0,21$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При бічному освітленні площу світлових отворів цеху визначаємо по формулі:

$$S_0 = \frac{S_n \cdot e_n \cdot h_0 \cdot K_3}{\tau_0 \cdot r_1 \cdot 100}, \text{ м}^2,$$

де S_n - площа підлоги переміщення, 1728м²;

$K_3=1,0$ -коэффициент, що враховує затемнення вікон супротивними будівлями;

$h_0=9,6$ -світлова характеристика вікна;

$r_1=1,3$ -коэффициент що враховує підвищення коефіцієнта природної освітленості відбитим світлом;

τ_0 -загальний коефіцієнт світлопроникності:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5$$

де $\tau_1 = 0,9$ -коэффициент світлопроникності скла;

$\tau_2 = 0,75$ -коэффициент, що враховує втрати світла в палітурках світлопроема;

$\tau_3 = 1,0$ -коэффициент, що враховує втрати світла в конструкціях, що несуть;

$\tau_4 = 0,8$ -коэффициент, що враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях;

$\tau_5 = 0,9$ - коефіцієнт, що враховує втрати світла в захисній сітці.

Тоді

$$\tau_0 = 0,9 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 0,49$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже:

$$S_0 = \frac{1728 \cdot 0,21 \cdot 9,6 \cdot 1,0}{0,49 \cdot 1,3 \cdot 100} = 54,7 \text{ м}^2$$

Приймаємо площу світлових отворів цеху 100 м²

Передбачається аварійне освітлення від незалежного джерела живлення, норма освітленості, не менше 5% від загального рівня.

Шум, вібрація і заходи захисту від них обслуговуючого персоналу.

Потенційними джерелами шуму і вібрації в проектуваному цеху є:

- приводи конвеєрів, сушарок і пічей;
- зубчасті дробарки;
- вентилятори і димососи.

Передбачаються наступні основні заходи захисту від шуму і вібрації :

- шумопоглинаючі кожухи на приводах устаткування;
- установка устаткування на масивні фундаменти з віброгасячими пристроями;
- виніс шумного устаткування у віддалене місце в цеху;
- дистанційне управління устаткуванням.

6.2.6 Спецодяг, спецвзуття. Індивідуальні засоби захисту. Передбачається забезпечення працюючих на даному виробництві наступним спецодягом, взуттям, захисними засобами

- костюм бавовняний;
- взуття;
- рукавиці;
- куртка утеплена (у зимову пору року);

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

- каска з навушниками типу ВЛНННІОТ- 2;
- респиратори протипилові типу "Пелюстка";
- захисні мазі і пасти;
- очки захисні.

6.2.7 Санітарно-побутові і медичне обслуговування трудящих. Питне водопостачання.

Згідно СН і П 2.09.04-87 виробництво сухої меленої крейди відноситися до групи 2а виробничих процесів.

Санітарно-побутові приміщення передбачається розмістити в окремому приміщенні виробничої будівлі, відокремивши їх від виробничих капітальною стіною.

Передбачається наступний склад санітарно-побутових приміщень :

- гардеробні робочого і домашнього одягу;
- душеві і переддушові;
- умивальні;
- туалетні;
- кімната особистої гігієни жінок;
- кімната їди і відпочинку.

У виробничих і санітарно-побутових приміщеннях передбачаються аптечки першої допомоги та носі для перенесення хворих та постраждалих.

В усіх виробничих приміщеннях передбачаються фонтанчики з питною водою, у відділення сушки і випалу додатково автомати газованої води.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пожежобезпека технологічного процесу

Потенційними джерелами пожежі у відділенні, що реконструюється, можуть бути:

- природний газ, що використовується в технологічному процесі;
- електрообладнання;
- горюче мастильні матеріали.

Потенційними причинами пожеж можуть бути:

- несправність електроустаткування;
- високі температури ведення технологічного процесу;
- удари блискавки.

Оскільки у виробництві обертаються матеріали, що не горять, і застосовується природний газ, який спалюється у вигляді палива тоді це виробництво, згідно СН і П 2.09.02-85, відноситься до категорії Г.

Згідно ПУЕ робочі приміщення виробництва, що реконструюється, не класифікуються.

Засоби гасіння і виявлення пожеж.

Передбачаються такі засоби пожежегасіння :

- зовнішній пожежний водопровід з пожежними гідрантами розташованими по периметру будівлі на відстані 5 м від стін;
- внутрішній пожежний водопровід з пожежними кранами, встановленими на відстані 40м один від одного, на висоті 1,35м від рівня підлоги. Довжина пожежних рукавів - 20м, діаметр- 50мм.
- пожежні щити з протипожежним інвентарем (відра, багри, лопати і так далі);
- вогнегасники типу ВХП- 10 і ВУ- 5.

Як пожежний зв'язок і сигналізація передбачається телефонний і селекторний зв'язок, а також пожежна сигналізація з ручним включенням.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		108

Блискавкозахист

Інтенсивність грозової діяльності в районі м. Слов'янська складає 60-80 годин в рік. Оскільки будівля має II міру вогнестійкості, а виробничі приміщення відносяться до пожежонебезпечних, передбачається III категорія по пристрою блискавкозахисту.

Згідно РД 34.21. 122-87 очікуване число ударів блискавкою в рік в будівлі і спорудження N визначається по формулі:

$$N = [(L + 6h)(S + 6h) - 7,7h^2]n \cdot 10^{-6}$$

де $S=36$ м-ширина будівлі;

$L_1 = 48$ м-длина будівлі;

$H = 14,4$ м-висота будівлі;

n - середньогодове число ударів блискавки в 1 км^2 поверхні. Для м. Слов'янська $n=5,5$.

Тоді:

$$N(48+6 \cdot 14,4) - 7,7 \cdot 14,4^2] \cdot 5,5 \cdot 10^{-6} = 0,8$$

Оскільки $N < 1$ необхідний тип зони захисту здання- зона Б.

Захист від прямих ударів

Для захисту будівлі від прямих ударів блискавки передбачається установка на даху будівлі чотирьох стрижньових громовідводів.

Електробезпека

Справжнім проектом передбачено застосування мережі трифазного струму з ізолюваною нейтраллю, робочою напругою 3 80/220 В.

Для захисту обслуговуючого персоналу від поразки електричним струмом передбачаються наступні заходи захисту :

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- усі токоведучі частини електрообладнання захищені, кабелі прикладені в металевих трубах і металоруковах;
- струмовий і тепловий захист;
- захисне заземлення металевих корпусів електроустановок;
- інструмент з ізольованим руків'ям, діелектричні килимки, рукавички і покажчики напруги.

9.1.4. Заходи запобігання шкідливих і небезпечних факторів при ремонті технологічного обладнання

При виборі конструкційних матеріалів основного устаткування враховувалося, що устаткування працює в умовах високих температур і підвищеної запиленої атмосферного повітря.

Барaban обертової печі виготовлений з вуглецевої сталі Ст. 3. Обичайка барабана є зварною конструкцією. Зварювання стикове, здійснюється автоматично, під шаром флюсу. Зварні шви мають бути випробувані за допомогою рентгенівської установки на відсутність в шві раковин. Система аспірації виготовлена із сталі Ст. 2. Деталі валкових зубчастих дробарок виготовлені з вуглецевої сталі, робочі поверхні зубчастих валків наплавлені твердим сплавом - сталінітом.

Для запобігання впливу шкідливих виробничих чинників на організм людини передбачені такі засоби запобіжної техніки ;

- рухомі частини машин і апаратів, що обертаються, захищені захисними кожухами;
- блокування приладу стрічкового конвеєра;
- звукова сигналізація про роботу устаткування.

Для забезпечення герметичності устаткування застосовують сальникові і лабіринти ущільнення різної конструкції, апарати з температурою стінки вище 40°С забезпечуються теплоізоляцією.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

9.2.1. Організаційна структура цивільної оборони виробництва вапна

Кабінет Міністрів України постійно приділяє увагу розвитку цивільної оборони, підвищенню її ролі у захисті населення, підвищенню її значення, визначає основні принципи її побудови, характер і обсяг завдань, що вирішуються. Цивільна оборона організується за територіально-виробничим принципом.

Завдання штабів цивільної оборони

- своєчасне планування дій сил цивільної оборони;
- підтримання в постійній готовності формувань до виконання завдань в зонах масового ураження людей, зонах стихійного лиха, аварій і катастроф;
- організація розвідки;
- підтримання надійного зв'язку з підпорядкованими штабами і формуваннями;
- розгортання пунктів управління, їх переміщення і охорона;
- забезпечення діяльності сил ЦО, які знаходяться в вихідних районах.

Для забезпечення виконання заходів цивільної оборони, підготовки формувань і управління ними з метою проведення робіт в осередках ураження формуються служби міста (району) на базі відповідних міських (районних) організації

До служб цивільної оборони відносяться служба зв'язку і оповіщення - для сповіщення населення про загрозу стихійного лиха, аварій, катастроф і інших надзвичайних ситуацій, а також для підтримання зв'язку з керівництвом і формуваннями цивільної оборони;

— служба охорони громадського порядку (ОГП) для підтримання порядку, охорони громадської власності і особистого майна громадян В мирний і воєнний час;

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- протипожежна служба — для профілактики, локалізуваннн і гасіння пожеж;
- медична служба — для надання медичної допомоги ураженим і проведення санітарно-гігієнічних, профілактичних заходів;
- інженерна служба — для забезпечення побудови захисних споруд;
- комунально-технічна служба — для ліквідації аварій на спорудах комунального господарства;
- технічна служба — для організації і здійснення технічно правильного обслуговування, експлуатації і ремонту техніки і приладів;
- транспортна служба — для забезпечення всіх видів перевезень в інтересах цивільної оборони;
- служба енергопостачання і світломаскування — для забезпечення постачання електроенергією об'єктів і транспорту, ліквідації аварій на електромагістралях, забезпечення режимів затемнення;
- служба санітарної обробки — для проведення санітарної обробки населення, знезаражування територій, споруд, техніки, транспорту;
- служба продовольчого постачання — для забезпечення населення продуктами харчування, предметами першої необхідності і захисту запасів продовольства, харчової сировини і промислових товарів;
- служба матеріально-технічного постачання — для забезпечення об'єктів народного господарства і невоєнізованих формувань всіма видами матеріальних засобів;
- служба сховищ та укрить для забезпечення сховищ і підтримання їх в постійній готовності.

9.2.2. Основні техногенні небезпеки на об'єкті

Виробництво сухої крейди молотої і тонкодисперсного наповнювача є шкідливими.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потенційну шкідливість на даному виробництві представляють: - природний газ, як паливо;

- пил крейди і вапна;
- шум і вібрація.

У цьому виробництві відсутня проблема. очищення промислової води. Димові гази очищаються від пилу крейди в блоці циклонів, електрофільтрі і рукавних фільтрах. Технологічний процес протікає в закритих апаратах і безпосередній контакт робочого персоналу з матеріалом виключається.

Санітарна характеристика виробничого процесу згідно СНіП II- 2-76 - II-в, пов'язано з дією крейдяного пилу, який визиває забруднення спеціального одягу і взуття.

9.2.3. Індивідуальні й колективні засоби захисту

Проведення ремонтів і оглядів передбачається згідно графіку ППР і ППО на підставі системи СТОР. Оглядається щомісячно обслуговуючим персоналом. Перед проведенням ремонтних робіт повинні дотримуватися загальні заходи безпеки :

- роботи проводяться бригадою в складі не менше 2 чоловік з кваліфікацією не менше 4-6 розрядів;
- робітники мають бути забезпечені захисними засобами захисту;
- роботи повинні проводитися при повному відключенні устаткування від електричної мережі, комунікацій і охолодженому до 30°C устаткуванні.

Для зупинки на ремонт барабана печі оформляються наряд - допуск з вказівкою осіб, відповідальних за проведення ремонту, а також об'єму і терміну виконання робіт.

Зупинка устаткування на ремонт проводиться в певній послідовності: - припинення подачі природного газу в топку обертової печі;

- припинення подачі крейди на випал в обертову печ;

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		113

- звільнення барабана обертової печі від матеріалу;
- установка заглушок на газовій і повітряній лінійках;
- відключення електроприводу обертової печі з вивіщенням таблички "Не включати! Працюють люди".

Для механізації ремонтних робіт передбачаються використання вантажопідіймальних механізмів, електрофіцтованого інструменту і ремонтних пристосувань.

Організаційні заходи по попередженню виробничого травматизму

Для роботи на виробництві, що реконструюється, допускаються чоловіки і жінки, у віці не молодше 18 років, придатні за станом здоров'я, такі, що пройшли навчання, інструктаж і допущені до самостійної роботи.

Періодичність профілактичних медичних оглядів - не рідше 1 раз в рік.

У зв'язку з шкідливими умовами праці передбачаються видача молока, а при виконанні робіт в тяжких умовах - спецхарчування.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10 ПРОМИСЛОВА ЕКОЛОГІЯ

10.1 Відходи, що утворюються, на виробництві вапна

Згідно СН 245-71 найбільш небезпечним у виробничому процесі отримання крейди є пил крейди. Гранично-допустима концентрація пилу крейди в повітрі робочої зони 6 мг/м^3 , клас безпеки IV і крейда є помірно - небезпечною речовиною. Гранично допустима концентрація пилу крейди в атмосферному повітрі населених пунктів $0,5 \text{ мг/м}^3$.

Шкідливими і небезпечними є окис вуглецю, а так само окис і двоокис азоту. Гранично - допустима концентрація в атмосферному повітрі 5 мг/м^3 .

З оксиду азоту найбільшу небезпеку представляє окис і двоокис азоту. Гранично - допустима концентрація в атмосферному повітрі: окисел азоту $0,4 \text{ мг/м}^3$, двоокис азоту $0,085 \text{ мг/м}^3$.

Основним джерелом випромінювання тепла при виробництві крейди, є обертові печі, з топок яких поступають топкові газу в барабан з температурою більше 1000°C . Постійність теплового режиму в печі підтримується автоматично. Спалення палива регулюється по виду факела в пальниках і по аналізу топкових газів. При дотриманні постійного температурного режиму в печі і справності її ізоляції, тепла дія на обслуговуючий персонал не чинить негативно впливу.

Устаткування, передбачене до експлуатації виключає будь-яку випадковість електромагнітного впливу на обслуговуючий персонал і довкілля.

Встановлене в цеху устаткування за своїми шумовими характеристиками забезпечує рівень звукового тиску нижче допустимих норм. Дробарки встановлені на гумові амортизатори, що не вимагає постійної присутності персоналу при їх обслуговуванні.

Від діючого виробництва відводяться тільки господарчо-побутові стічні води, які направляють на заводські очисні споруди.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		115

10.2 Вплив на здоров'я людини

У працюючого персоналу, задіяного при виробництві крейди, спостерігаються атрофічні катари верхніх дихальних шляхів, бронхіти, іноді астматичного характеру, у поєднанні з емфіземою легенів.

Шкідливими і небезпечними є окис вуглецю, а так само окис і двоокис азоту. Ці гази є присутніми в топкових газах. Шкідливість і небезпека окису вуглецю давно і добре відомі. Цей газ, потрапляючи в кров людини через легені, знижує її здатність до перенесення кисню, послаблює функції центральної нервової системи. Піддавшись дії чадного газу, людина відчуває головний біль, запаморочення і швидко стомлюваність. При підвищених дозах СО в організмі людини з'являється перебіг в роботі серця, нудота, блювота, ускладнене дихання. Окис вуглецю найбільш небезпечний для тих людей, що страждають серцево - судинними і легеневиими хворобами, анемією, астмою. У людей, що постійно піддаються дії окису вуглецю, а крові зменшується кількість гемоглобіну - основного компонента у складі крові, який відповідає за перенесення кисню усім тканинам тіла. Гранично - допустима концентрація в атмосферному повітрі 5 мг/м³.

З оксиду азоту найбільшу небезпеку представляє окис і двоокис азоту. Вони діють на слизові оболонки очей і носоглотки, навіть при незначній концентрації в повітрі-0,0013%. При підвищенні змісту оксидів азоту в атмосфері вражається легенева тканина і помітно знижується опірність організму до інфекційних захворювань. Гранично - допустима концентрація в атмосферному повітрі: окисел азоту 0,4 мг/м³, двоокис азоту 0,085 мг/м³.

Розмір санітарно-захисної зони - 100 м. Для зменшення шкідливої дії від газових викидів, що утворюються при спалюванні природного газу в топці обертової печі, передбачено спалювання природного газу в топці з коефіцієнтом надлишку повітря $\alpha = 1,2$, і підтримка цього оптимального співвідношення засобами КВП і А. Крім того, в обертовій печії

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						116
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підтримується розрідження 3-5мм водяного стовпа, що перешкоджає проникненню цих газів у виробничі приміщення.

Після виходу із печі топкові гази проходять очищення в батарейному циклоні, електрофільтрі і рукавному фільтрі. Застосування цієї схеми дозволяє виконати трьохступінчасте очищення, що дозволяє підвищити ефективність очищення.

Основним джерелом випромінювання тепла при виробництві крейди, є обертові печі, з топок яких поступають топкові гази в барабан з температурою більше 1000°C. Постійність теплового режиму в печі підтримується автоматично. Спалення палива регулюється по виду факела в пальниках і по аналізу топкових газів. При дотриманні постійного температурного режиму в печі і справності її ізоляції, тепла дія на обслуговуючий персонал не чинить негативно впливу.

Устаткування, передбачене до експлуатації виключає будь-яку випадковість електромагнітного впливу на ' обслуговуючий персонал і довкілля.

Встановлене в цеху устаткування за своїми шумовими характеристиками забезпечує рівень звукового тиску нижче допустимих норм. Дробарки встановлені на гумові амортизатори, що не вимагає постійної присутності персоналу при їх обслуговуванні.

Від діючого виробництва відводяться тільки господарчо-побутові стічні води, які направляють на заводські очисні споруди.

10.3 Вплив вапна на ґрунт

При внесенні вапна нейтралізуються вільні органічні і мінеральні кислоти в ґрунтовому розчині, а також іони водню в ґрунтовому поглинає комплексі, тобто усувається актуальна і обмінна-кислотність, значно знижується гідролітична кислотність, підвищується насиченість ґрунту

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						117
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підставами. Усуваючи кислотність, вапнування робить багатобічний позитивний дію на властивості ґрунту, її родючість.

Заміна поглиненого водню кальцієм супроводжується коагуляцією ґрунтових колоїдів, в результаті чого зменшуються їх руйнування і вимивання, поліпшуються фізичні властивості ґрунту - структурність, водопроникність, аерація.

При внесенні вапна знижується вміст у ґрунті рухомих сполук алюмінію-та марганцю, вони переходять у неактивний стан, тому усувається шкідливу дію їх на рослини.

У результаті зниження кислотності і поліпшення фізичних властивостей ґрунту під впливом вапнування посилюється життєдіяльність мікроорганізмів і мобілізація ними азоту, фосфору та інших поживних речовин з ґрунтового органічної речовини. У вапнованих ґрунтах інтенсивніше протікають процеси аммоніфікації і нітрифікації, краще розвиваються азотфіксуючі бактерії, що збагачують ґрунт азотом за рахунок азоту повітря, в результаті чого поліпшується живлення рослин.

Вапнування сприяє переведенню важкодоступних рослинам фосфатів алюмінію і заліза в доступніші фосфати кальцію і магнію. При вапнуванні калій важкорозчинних мінералів інтенсивніше переходить у більш рухливі з'єднання, а поглинений ґрунтом калій витісняється в розчин, але засвоєння його рослинами внаслідок антагонізму між катіонами не збільшується . Вапнування впливає на рухливість в ґрунті і доступність для рослин мікроелементів. Сполуки молібдену після внесення вапна переходять у більш засвоювані форми, поліпшується живлення рослин цим елементом. Рухливість сполук бору та марганцю при вапнуванні, навпаки, зменшується, і рослини можуть відчувати недолік в них.

Тому на вапнованих ґрунтах ефективно внесення борних добрив, особливо під культури, вимогливі до бору, - цукрові та кормові буряки, конюшина, люцерну, гречку, цибуля та ін При внесенні вапна ґрунт збагачується кальцієм, а при використанні доломітового борошна - і магнієм;

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						118
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потреба рослин в цих елементах забезпечується повністю. Поліпшення живлення рослин азотом і зольними елементами пов'язано також з тим, що на вапнованих ґрунтах рослини розвивають більш потужну кореневу систему, здатну більше засвоювати поживних речовин із ґрунту.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						119
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

11. ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

11.1. Проектовані організаційно–технічні заходи

Для забезпечення заданої продуктивності був спроектована обертова піч, яка має наступні переваги велика продуктивність, значна тонкість помелу, простота конструкції, надійність експлуатації.

11.2. Загальна характеристика проєктованих заходів

Початкові дані.

За базу порівняння прийняті дані виробництва на підприємстві Слов'янський крейдяно-вапняний завод.

Таблиця 11.1 - Показники виробництва вапна що діє, на підприємстві Слов'янський крейдяно-вапняний завод

Показник	Од. вим.	Значення
Виробнича потужність на виробництві, що діє	тис. т	232,6
Проектна виробнича потужність		240
Вартість основних виробничих фондів	грн.	16331440,9
у тому числі:		
машини і устаткування		5320194,50
будівлі, споруди передавальні пристрої		11011246,40
Спільна чисельність персоналу	осіб	202
у тому числі:		
керівники		21
фахівці		10
службовці		3
основні робітники	168	
Ціна 1 тонни продукції	грн.	1100

									Арк.
									120
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2017.012.00.000 ПЗ				

Таблиця 11.2 - Графік планово-попереджувальних ремонтів на проєктованому виробництві.

Вид ремонту	Нормативний ресурс, годин	
	Між ремонтами	У ремонті
Капітальний	8640	336
Поточний	3600	48

Таблиця 11.3 - Витрати на виробництво 1 тони вапна

Найменування статті витрат	Од.вим	Витрати на одиницю продукції	Витрати на весь випуск
Сировина і матеріали:	грн.	517,24	159609920
Допоміжні матеріали	грн.	0,04	12320
Енерговитрати	грн.	180,90	55717200
Енерговідходи	грн.	0,75	231000
Зарплата основна	грн.	7,08	2180640
Витрати на ремонт, утримання і експлуатацію устаткування	грн.	32,05	9871400
Загальновиробничі витрати	грн.	18,40	5667200
Загальногосподарські витрати	грн.	6,4	1971200
Виробнича собівартість	грн.	762,86	23496088

11.3 Розрахунок річної виробничої потужності

Річну виробничу потужність визначаємо по формулі:

$$M_{Г} = N \cdot g_{ч} \cdot T_{эф}, \quad (11.1)$$

де $M_{Г}$ – величина річної виробничої потужності;

N – кількість паралельно працюючих однойменних одиниць устаткування;

$g_{ч}$ – годинна продуктивність устаткування;

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						121
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{\text{эф}}$ – ефективний фонд робочого часу, г.

$$T_{\text{эф}} = T_{\text{к}} - T_{\text{рем}} - T_{\text{техн}} \quad (11.2)$$

де $T_{\text{к}} = 8760$ ч – фонд календарного часу;

$T_{\text{рем}}$ – планова сумарна тривалість простоїв протягом року;

$T_{\text{техн}}=0$ – тривалість технологічних простоїв, що регламентується, за рік.

$$T_{\text{рем}} = \sum^T n_{\Gamma} \cdot t_{\text{рем}}, \quad (11.3)$$

де m – кількість видів ремонтів в міжремонтному циклі;

n_{Γ} – кількість кожного виду ремонтів за рік;

$t_{\text{рем}}$ – планова тривалість простою в кожному виді ремонтів.

Кількість капітальних ремонтів:

$$n_{\text{к}} = \frac{8760}{8640} = 1 \text{ капітальний ремонт в рік}$$

Кількість поточних ремонтів:

$$Z = \frac{T_{\text{Р.Ц}}}{T_{\text{М.Р.ц}}} - 1 = \frac{8640}{4320} - 1 = 1$$

$$n_{\text{T}} = \frac{T_{\text{кал}} \cdot Z}{T_{\text{Р.Ц.}}} = \frac{8760 \cdot 1}{8640} = 1 \text{ поточний ремонт в рік}$$

$$T_{\text{рем}} = 1 \cdot 36 + 1 \cdot 336 = 372 \text{ годин}$$

$$T_{\text{эф}} = 8760 - 372 = 8388 \text{ годин}$$

$$M_{\Gamma} = 1 \cdot 26,78 \cdot 8388 = 204000 \text{ т/рік}$$

Річний обсяг проектованого виробництва приймаємо на рівні розрахункової річної виробничої потужності:

$$Q_1 = M_{\Gamma}, \quad (11.4)$$

$$Q_1 = 204000 \text{ т/рік}$$

Індекс обсягу випуску продукції

$$I_Q = I_{T_{\text{эф}}} \cdot I_q = \frac{Q_1}{Q_0} \quad (11.5)$$

$$I_Q = \frac{204000}{232600} = 1.09$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						122
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тоді

$$\Delta Q = Q_1 - Q_0 \quad (11.6)$$

або

$$\Delta Q = (I_Q - 1) \cdot 100 \% \quad (11.7)$$

$$\Delta Q = (1,09 - 1) \cdot 100 \% = 9 \%$$

Розрахунок одноразових витрат на впровадження проєктованих заходів.

Розрахунок кошторисної вартості впроваджуваного устаткування наводимо в таблиці 11.4–11.5.

Таблиця 11.4 – Прейскурантна вартість впроваджуваного устаткування.

Найменування устаткування	Кількість одиниць	Прейскурантна вартість одиниці, грн./шт.	Всього прејскурантна вартість
Обертova піч	1	2500000	2500000
Разом			2500000

Таблиця 11.5 – Кошторисна вартість впроваджуваного устаткування.

Найменування устаткування	Прейскурантна вартість одиниці, грн./шт.	Додаткові витрати		Всього кошторисна вартість
		Транспортні витрати	Монтаж і установка	
Обертova піч	250000	9860	14000	273860
Разом				

Вартість устаткування, що виводиться, складає 272250 грн.

									Арк.
									123
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2017.012.00.000 ПЗ				

$$\Delta S_{об} = (273860 - 272250) = 1610 \text{ грн.}$$

11.4 Аналіз зміни собівартості продукції

Обґрунтування і розрахунок індексів зміни витрат.

З урахуванням проведення упроваджуваних заходів проводимо розрахунок індексів зміни витрат.

Витрата всіх видів матеріально – сировинних і енергетичних ресурсів в порівнянні з виробництвом, що діє, не змінився, отже, їх індекси зміни дорівнюють одиниці.

Одиниці також дорівнюють індекси зміни річних витрат по оплаті праці основних робітників, індекс зміни цехових витрат.

Індекс зміни річних витрат на ремонт, зміст і експлуатацію устаткування, в т.ч. амортизація на повне відновлення, приймаємо рівним індексу зміни вартості устаткування при впровадженні заходів:

$$I_{рем} = I_{об} = \frac{S_{об(0)} \pm \Delta S}{S_{об(0)}}, \quad (11.8)$$

де $I_{рем}$ – індекс зміни річних витрат на ремонт, зміст і експлуатацію устаткування, в т.ч. амортизація на повне відновлення;

$S_{об(0)}$ - первинна вартість устаткування на виробництві, що діє:

$S_{об(0)} = 380500$ грн.;

$\Delta S_{об}$ - величина зміни вартості устаткування в проектованому виробництві

$$I_{рем} = I_{об} = \frac{380500 + 1610}{380500} = 1,03$$

Аналіз зміни собівартості продукції.

Розрахунок вироблюваний по калькуляційних статтях з урахуванням зміни їх окремих елементів.

По статтях калькуляції “Сировина і основні матеріали”, “Допоміжні матеріали” і “Енерговитрати” зміна повної собівартості дорівнює нулю.

Зміна собівартості по статті «Оплата праці основних робітників».

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						124
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta C_{онл} = 100 \cdot \left(\frac{I_{ом}}{I_{\varrho}} - 1 \right) \cdot d, \quad (11.9)$$

$$\Delta C_{онл} = 100 \cdot \left(\frac{1}{1,09} - 1 \right) \cdot 0,009 = -0,074\%$$

Зміна собівартості по статті «Витрати на ремонт, зміст і експлуатацію устаткування» розраховуємо по формулі:

$$\Delta C_{рем} = 100 \cdot \left(\frac{I_{об}}{I_{\varrho}} - 1 \right) \cdot d, \quad (11.10)$$

$$\Delta C_{рем} = 100 \cdot \left(\frac{1,03}{1,09} - 1 \right) \cdot 0,0420 = -0,254\%$$

Зміна повної собівартості по статті «Загальновиробничі витрати»

$$\Delta C_{ц} = 100 \cdot \left(\frac{I_{ц}}{I_{\varrho}} - 1 \right) \cdot d, \quad (11.11)$$

$$\Delta C_{ц} = 100 \cdot \left(\frac{1}{1,09} - 1 \right) \cdot 0,024 = -0,198\%$$

Зміна повної собівартості по статті «Загальногосподарські витрати»

$$\Delta C_{x} = 100 \cdot \left(\frac{I_{x}}{I_{\varrho}} - 1 \right) \cdot d, \quad (11.12)$$

$$\Delta C_{x} = 100 \cdot \left(\frac{1}{1,09} - 1 \right) \cdot 0,0083 = -0,068\%$$

Підводимо підсумок сумарної зміни собівартості продукції. Результати зводимо в таблицю 11.6

Таблиця 11.6 – Зниження собівартості продукції.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						125
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Статті витрат	Витрати на виробництві, що діє		Зміна витрат		Витрати на проєктованому виробництві, грн/т
	грн/т	пит. вага	%	грн/т	
Сировина і матеріали, напівфабрикати і поворотні відходи	517,24	0,6784	0	0	517,24
Допоміжні матеріали	0,04	0,0002	0	0	0,04
Енерговитрати і енерговідходи	180,90	0,2381	0	0	180,90
Зарплата основна (з відрахуваннями)	7,08	0,009	-0,074	-0,095	6,98
Витрати на ремонт, зміст і експлуатацію устаткування	32,05	0,0420	-0,254	-0,59	31,46
Загальновиробничі витрати	18,40	0,024	-0,198	-0,25	18,15
Загальногосподарські витрати	6,4	0,0083	-0,068	-0,1	6,3
Виробнича собівартість	762,86	1	-0,1988	-1,6	761,26

11.5. Розрахунок техніко-економічних показників

Обсяг випуску продукції:
на базовому виробництві

$$Q_0 = 232600 \text{ т.}$$

або

$$Q_0 = 232600 \cdot 1100 = 235853500 \text{ грн.}$$

									Арк.
									126
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2017.012.00.000 ПЗ				

на проектованому виробництві

$$Q_1 = 308000 \text{ т}$$

або

$$Q_1 = 250000 \cdot 1100 = 258324500 \text{ грн.}$$

де 1100 грн. – ціна за 1 т продукції.

На виробництві працюють всього 202 осіб, у тому числі основних робітників 168 осіб.

Продуктивність праці основних робітників визначаємо по формулі:

$$P_T = \frac{Q}{N_{осн}}, \quad (11.13)$$

на базовому виробництві:

$$P_{ТО} = \frac{235853500}{168} = 1403889,88 \text{ грн. / осіб}$$

на проектованому підприємстві:

$$P_{Т1} = \frac{258324500}{168} = 1537645,83 \text{ грн. / осіб}$$

Фондовіддачу визначаємо по формулі:

$$f = \frac{Q}{\Phi_{осн}}, \quad (11.14)$$

де $\Phi_{осн}$ – вартість основних виробничих фондів

$$\Phi_{осн(0)} = 16331440,9 \text{ грн.}$$

$$\Phi_{осн(1)} = 16589794,4 \text{ грн.}$$

на базовому виробництві:

$$f = \frac{235853500}{16331440,9} = 14,44 \text{ грн / грн}$$

на проектованому підприємстві:

$$f = \frac{258324500}{16589794,4} = 15,57 \text{ грн / грн}$$

Собівартість одиниці продукції:

на базовому виробництві:

$$C_0 = 762,86 \text{ грн/т}$$

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						127
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на проектованому підприємстві:

$$C_1=748,19 \text{ грн/т}$$

Прибуток на одиницю продукції:

на базовому виробництві:

$$\Pi_0 = 1100-762,86=387,14 \text{ грн/т}$$

на проектованому підприємстві:

$$\Pi_1= 1100-748,19=401,81 \text{ грн/т}$$

Рентабельність витрат на виробництві:

$$P = \frac{\Pi}{C} \cdot 100\%, \quad (11.15)$$

де Π – умовний прибуток на одиницю продукції, грн/т;

C – собівартість, грн/т.

на базовому виробництві:

$$P_0 = \frac{387,14}{762,86} \cdot 100\% = 50\%$$

на проектованому підприємстві:

$$P_1 = \frac{401,81}{748,19} \cdot 100\% = 53\%$$

Річний прибуток:

$$\Pi_r = Q \cdot \Pi \quad (11.16)$$

на базовому виробництві:

$$\Pi_{r0} = 232600 \cdot 387,14=79398542 \text{ грн.}$$

на проектованому підприємстві:

$$\Pi_{r1} = 250000 \cdot 401,81=90258580,3 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект від зниження собівартості:

$$E_r = \Delta C \cdot Q_1 \quad (11.17)$$

де ΔC – зміна собівартості, грн/т

$$\Delta C = C_0 - C_1, \quad (11.18)$$

$$\Delta C = 762,86-748,19=14,67 \text{ грн/т}$$

$$E_r=14,67 \cdot 232600 =3295322 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект від збільшення прибутку:

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						128
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_{г.приб} = \Pi_1 \cdot Q_1 - \Pi_0 \cdot Q_0 \quad (11.19)$$

$$E_{г.приб} = 401,81 \cdot 250000 - 387,14 \cdot 232600 = 4530037 \text{ грн.}$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю 11.7

Таблиця 11.7 - Техніко – економічні показники

Показники	од.виміру	базове	проектоване	зміна показника	
				абс.	%
1. Річний обсяг виробництва продукції					
у натуральному виразі	т	232600	250000	17400	6,9
у вартісному виразі	млн.грн.	255,8	275	19,2	6,9
2. Річна собівартість виробництва продукції	млн.грн.	215,6	230,4	14,8	6,4
3. Річний прибуток від виробництва продукції	млн.грн.	79,39	90,25	10,86	12
4. Ціна одиниці продукції	грн./т	1100	1100	-	-
5. Собівартість одиниці продукції	грн/т	762,86	748,19	-14	-1,97
6. Прибуток на одиницю продукції	грн./т	387,14	401,81	14,67	3,6
7. Рентабельність витрат на виробництво продукції	%	50	53	3	-

8. Вартість основних виробничих фондів	млн.грн.	16,33	16,59	0,26	1,5
9. Фондовіддача	грн/грн	14,44	15,57	1,13	7,2
10. Рентабельність основних виробничих фондів	%	204	215	11	5,1
11. Чисельність персоналу, у т.ч. основних робітників	осіб	202	202	0	0
	осіб	168	168	0	0
12. Фонд оплати праці	млн.грн.	1,452	1,452	-	-
13. Продуктивність праці основних робітників	т/особа	1682	1833	151	8,2
14. Економічний ефект, у т.ч. від зниження собівартості продукції	грн.		4530037		
			3295322		
15. Строк окупності капітальних витрат	років		1,7		

Розрахунки показують, що введені заходи є економічно ефективними. Річний економічний ефект складає 4530037 грн.

										Арк.
										130
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2017.012.00.000 ПЗ					

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті «Виробництво вапна потужністю 240 тис т/рік з розробкою обертової печі» обґрунтовано необхідність створення ділянки з виробництва вогнетривких брикетів.

В технологічній частині проекту розрахований матеріальний баланс виробництва, підібране основне технологічне обладнання.

Розроблена та розрахована обертова піч, виконані інженерні розрахунки вузлів та приводу дезінтегратора.

В ремонтно - технологічній частині розглянуті питання монтажу та ремонту основного технологічного обладнання.

В розділі «Охорона праці» розроблені заходи техніки безпеки, виробничої санітарії та пожежної безпеки, розглянуті заходи охорони праці при роботі та налагодженні дезінтегратора.

В дипломному проекті приділена увага питанням цивільної оборони та екологічним проблемам.

На підставі розробленого дипломного проекту робимо висновки, що проект обладнання ділянки з виготовлення вапна в Словянському крейдяно-вапняному заводі є актуальним та його матеріали можуть бути використані на заводі і на подібних підприємствах.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		131

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Звіт по переддипломній практиці.
2. Левченко П.В. Расчет печей и сушил силикатной промышленности. – М.: Высшая школа, 1968.-3466.
3. Назаренко І. І., Туманська О. С. Машини і устаткування підприємств будівельних матеріалів. - Київ, Вища школа, 2004, 590 с.
4. Сапожников М.Я., Дроздов Н.Е. Справочник по оборудованию заводов строительных материалов. Издательство литературы по строительству. – М.:1970. – 168с.
5. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя. Том1-3 –М.: Машиностроение, 1979. – 311с.
6. Ильевич А.П. Оборудование заводов силикатной промышленности. : М, 1959. –471с.
7. Малащенко В.О., Янків В.В., Деталі машин. Курсове проектування.- Львів: Новий світ - 2000, 2006, 252с.
8. Фролов М.И. Техническая механика: детали машин Учебное пособие для машиностроительных специальностей техникумов. - М.: Высшая школа, 1990 - 352 с: ил.
9. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии – М.: Химия, 1971. – 641с.
10. Лазинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Справочник машиностроителя. – Л.: Машиностроение, 1970. – 484с.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						132
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Чернавский С. А. и др. Курсовое проектирование деталей машин. – М., Машиностроение, 1987, 416 с.
12. Ачеркан Н.С. Детали машин расчета и конструирования. Справочник. – М.: «Машиностроение», 1968.
13. Павлов К.Ф. , Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: «Химия», 1961
14. Чернобыльский И.И. Машины и аппараты химических производств. – М.: «Машиностроение», 1975.
15. Глозштейн Я.С., Карпов Д.В., Муромский Л.Н., Аропов Н.В. Использование газа в промышленных печах. – Л.: «Недра», 1967.
16. ВНЕ 5-79. Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий химической промышленности. – М.: «Химия», 1981.
17. Держпромнагляд України. Правила безпеки в газовому господарстві. – Київ: «Надра», 1980.
18. Макаров Г.В. и другие Охрана труда в химической промышленности. - М: Химия, 1977 - 568 с.
19. СН и П 2.01.02-85 Противопожарные нормы
20. ПУЭ —85. Правила устройства электроустановок - М.: Энергоатомиздат. 1986 - 639 с.
21. РД. 34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. - М.: Энергоатомиздат. 1989 - 56 с.

					2017.012.00.000 ПЗ	Арк.
						133
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		