

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

Факультет

Інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра

Хімічної інженерії та екології

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

освітнього ступеня

бакалавр

(бакалавр, магістр)

спеціальності

161 Хімічні технології та інженерія

(шифр і назва спеціальності)

на тему **Виробництво вапна потужністю 175 тис. т/рік з розробкою
стадії випалу карбонатної сировини**

Виконав: здобувач вищої освіти групи

ХТ-17з

Дручинська С.С.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Керівник **Золотарьова О. В.**

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Завідувач кафедру **Суворін О. В.**

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент **Суворін О. В.**

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Сєверодонецьк – 2021 р.

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

імені Володимира Даля

Факультет _____ Інженерії _____

Кафедра _____ Хімічної інженерії та екології _____

Освітній ступінь _____ бакалавр _____
(бакалавр, магістр)

Спеціальність _____ 161 Хімічні технології та інженерія _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою ХІЕ

_____ О. В. Суворін

« _____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Дручинській Світлані Сергіївні

1. Тема проекту:

Виробництво вапна потужністю 175 тис. т/рік з розробкою стадії випалу карбонатної сировини

Керівник проекту _____ Золотарьова Олена В'ячеславівна, к.пед.н. _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від 18.03.2021 р. № 54/15.25

2. Строк подання студентом проекту – 01 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту: літературні, патентні та регламентні дані.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. 1. Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва. 2. Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції. 3. Опис технологічної схеми. 4. Матеріальні і теплові баланси. 5. Вибір і розрахунок основного апарату. 6. Вибір допоміжного обладнання. 7. Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату. 8. Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища. 9. Охорона праці. Висновки. Анотація. Список використаної літератури. Додатки

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

1. Технологічна схема виробництва (1 аркуш).
2. Креслення шахтної пересипної вапняно-випалювальної печі (1 аркуш).
3. Таблиця матеріального балансу (1 аркуш)

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-9	Золотарьова О.В., доцент кафедри ХІЕ		
з нормоконтролю	Золотарьова О.В., доцент кафедри ХІЕ		

7. Дата видачі завдання – 18 березня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ	27.03.2021	
2	Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва	27.03.2021	
3	Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції	03.04.2021	
4	Опис технологічної схеми	10.04.2021	
5	Матеріальні і теплові баланси	17.04.2021	
6	Вибір і розрахунок основного апарату	24.04.2021	
7	Вибір допоміжного обладнання	08.05.2021	
8	Контроль роботи, норми та правила обслуговування основного апарату	15.05.2021	
9	Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища	15.05.2021	
10	Охорона праці	22.05.2021	
11	Висновки. Анотація. Список використаної літератури	22.05.2021	

12	Креслення технологічної схеми	29.05.2021	
13	Креслення шахтної пересипної вапняно-випалювальної печі	29.05.2021	
14	Таблиця матеріального балансу	29.05.2021	

Здобувач вищої освіти _____

С. С. Дручинська

Керівник проекту _____

О. В. Золотарьова

ЗМІСТ

<i>Вступ</i>	8
<i>1 Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва</i>	10
<i>1.1 Вибір та обґрунтування методу виробництва</i>	10
<i>1.2 Фізико-хімічні основи процесу випалу карбонатної сировини</i>	11
<i>2 Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції</i>	18
<i>3 Опис технологічної схеми</i>	21
<i>4 Матеріальні і теплові баланси</i>	23
<i>4.1 Матеріальний розрахунок стадії випалу карбонатної сировини</i>	23
<i>4.2 Тепловий розрахунок стадії випалу карбонатної сировини</i>	29
<i>5 Вибір і розрахунок основного апарату</i>	34
<i>5.1 Опис конструкції та принцип дії шахтної вапняно-випалювальної печі, що працює на твердому паливі</i>	34
<i>5.2 Конструктивний розрахунок вапняно-випалювальної печі</i>	36
<i>5.3 Розрахунок гідравлічного опору шихти</i>	41
<i>6 Вибір допоміжного обладнання</i>	47

6.1	Розрахунок та вибір циклону для очистки газу вапняно-випалювальних печей	47
7	Контроль роботи, норми та правила обслуговування основного апарату	49
7.1	Експлуатація шахтної пересипної вапняно-випалювальної печі	49
7.2	Контроль виробництва вапна	51
7.3	Автоматизація шахтної пересипної вапняно-випалювальної печі	54
8	Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища	57
9	Охорона праці	60
9.1	Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо- та вибухонебезпечних речовин, що застосовуються та виділяються в проєктованому виробництві	61
9.2	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори на проєктованому виробництві	63
9.3	Заходи щодо запобігання шкідливим і небезпечним виробничим факторам	65
9.3.1	Розрахунок вентиляції хімічної лабораторії	65
9.3.2	Розрахунок опалення хімічної лабораторії	67
9.3.3	Розрахунок освітлення хімічної лабораторії	68
9.3.4	Розрахунок заземлення хімічної лабораторії	71
9.4	Заходи пожежної безпеки	73
	Висновки	77
	Анотація	78
	Список використаної літератури	79

ВСТУП

Виробництво вапна відомо людству дуже давно. Вже в древньому Єгипті, близько 5000 років тому, вапно використовувалося в будівництві. Перше

згадування про печі виявлене в Катона (184 р. до н.е.). В 75 р. до н.е. Пліній-старший описав виробництво вапна, його гасіння і застосування.

У розвитку технології виробництва вапна можна виділити три етапи. На першому етапі, що тривав в ряді країн до початку ХХ ст., технологія одержання вапна була дуже примітивною. Зібрані або видобуті в кар'єрі куски вапняку сушилися на відкритому повітрі в кучах, а потім випалювалися в підлогових або камерних печах. Вартість одержуваного в цих печах вапна була дуже високою внаслідок великої кількості браку („недопал” вапна), перевитрати палива, використання тяжкої ручної праці. Другий етап розвитку вапняного виробництва характеризується застосуванням для випалу безперервно діючих багатокамерних (кільцевих) і шахтних немеханізованих печей. При цьому для безперебійного забезпечення печей карбонатною сировиною організовувалося механізоване кар'єрне господарство. Третій етап розвитку виробництва характеризується впровадженням механізованих шахтних і обертових печей великої потужності. Цей період почався у 30-х роках ХХ ст. [1].

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 та штукатурки в сухих та вологих умовах; у виробництві будівельних матеріалів для виготовлення силікатних цегли і бетону.

1.

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

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 [2].

Велика кількість споживачів вапна, наявність потужних сировинних джерел і розвиненого технічного потенціалу сприяють проведенню реконструкції та технічному переоснащенню існуючих виробництв, удосконаленню технології виробництва, застосуванню прогресивних форм організації виробництва, нарощуванню виробничих потужностей.

1 СТИСЛИЙ АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД З ОБҐРУНТУВАННЯМ МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА

1.1 Вибір та обґрунтування методу виробництва

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

Більше 80% загальної кількості вапна одержують в шахтних печах. 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. В зоні підігріву відбувається нагрівання сировинних матеріалів до 900°C за рахунок тепла газоподібних продуктів, що рухаються з зони випалу. В зоні випалу відбувається згоряння палива і розкладання карбонатної сировини на вапно і вуглекислий газ. В зоні охолодження температура вапна знижується до 80-100°C холодним повітрям, що рухається знизу.

За способом випалу розрізняють шахтні печі пересипні, напівгазові, на газоподібному і рідкому паливі [3].

Обертova піч представляє собою футерований зсередини обертovий сталевий циліндричний барабан, встановлений похило на роликovих опорах. Випалюваний матеріал подається в обертovu піч з боку, що розташований вище кінця, і виходить з нижньої частини печі. Випалюваний матеріал рухається по печі протитечією газам, які отримують при випалі палива, що подається в нижній кінець обертovої печі.

Особливiсть 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. Печі киплячого шару можуть працювати як на природному газі, так і на мазуті. Оскільки в печах випалюється тонкодисперсний матеріал, процес випалу в них протікає при менших температурах (1000-1050°C) [4].

Широке розповсюдження шахтних печей пояснюється простотою їх конструкції і експлуатації, низькими капітальними затратами на будівництво, високою тепловою ефективністю.

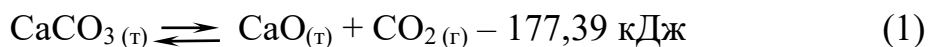
Обертова піч має ряд переваг у порівнянні з шахтною: більша одинична потужність, рівномірна якість одержуваного вапна при високому ступені випалу (90-96%), можливість випалу дрібних фракцій карбонатної сировини будь-якої механічної міцності та високої вологості (18-30%). Однак їй властиві і істотні недоліки: підвищена питома витрата палива на випал, великі капітальні вкладення на обладнання і спорудження, значна металоємність.

Печі киплячого шару дозволяють отримати вапно високої якості при випалі дрібної і пиловидної карбонатної сировини фракції 0,2-0,6; 0,2-3; 3-12; 12-15 мм. Витрата палива в таких печах відносна низька. Отримуване в таких печах вапно має високу реактивну здатність. Головним фактором, що стримує більш широке розповсюджене застосування таких печей, є висока вартість дрібного, ретельного класифікованого матеріалу, що подається в піч [1].

Проаналізувавши все вищевикладене, в дипломному проекті для одержання вапна вибирається пересипна шахтна піч, що працює на твердому паливі.

1.2 Фізико-хімічні основи процесу випалу карбонатної сировини

В процесі випалу карбонатної сировини відбувається процес розкладання карбонату кальцію з поглинанням тепла за рівнянням:



Для зсуву рівноваги цієї реакції в потрібному напрямку – праворуч і її безперервного протікання повинно бути забезпечене постійне підведення тепла протягом всього процесу.

Залежність теплового ефекту від температури, відповідно до закону Кіргоффа, відповідає рівнянню:

$$\Delta H_T = \Delta H_0 + \int_0^T \Delta C_p dT \quad (2)$$

де ΔH_0 – зміна ентальпії при 0 К;

ΔC_p – різниця теплоємностей кінцевих і початкових продуктів реакції.

З підвищенням температури тепловий ефект реакції розкладання карбонату кальцію зменшується. Виходячи із цієї залежності, тепловий ефект розраховується за формулою (кДж/моль):

$$\Delta H_T = 175,85 + 1,06 \cdot 10^{-2} T - 1,756 \cdot 10^{-5} T^2 + 2,200 \cdot 10^2 T^{-1} \quad (3)$$

Залежність рівноважного тиску діоксиду вуглецю від температури наведена на рис. 1.1, з якого видно, що тиск CO_2 дуже незначно підвищується при підвищенні температури до 600-700 °С, далі він поступово збільшується і при 898°С досягає атмосферного тиску. З подальшим підвищенням температури тиск CO_2 ще більш зростає.

В умовах роботи вапняно-випалювальних печей максимальний парціальний тиск CO_2 у пічному газі становить 0,04 МПа. Рівноважний тиск CO_2 досягає цієї величини при температурі близько 880°С. Ця температура відповідає початку розкладання CaCO_3 . Однак для досягнення необхідної інтенсивності процесу і високого ступеня дисоціації CaCO_3 температура випалу в промислових печах підтримується в межах 1100-1200°С.

Розкладання CaCO_3 відбувається від поверхні вглиб куска. Межу розділу між розкладеною і нерозкладеною частинами куска можна розрізнити за зовнішнім виглядом. За швидкістю проникнення межі розділу вглиб можна судити про швидкість розкладання. Головний фактор, від якого залежить швидкість розкладання, – температура навколишнього середовища. Як видно із графіка (рис. 1.2) з підвищенням температури швидкість розкладання CaCO_3 різко зростає.

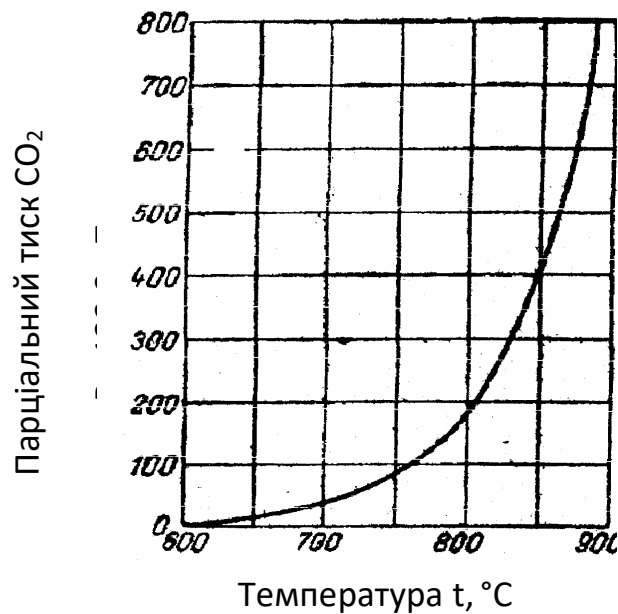


Рисунок 1.1 – Тиск CO_2 над вуглекислим кальцієм при різних температурах

Тривалість повного випалу куска також буде залежати від розміру куска. Ця залежність показана на рис. 1.3.

Тривалість випалу залежить і від швидкості підведення тепла до випалюваного матеріалу, тобто швидкості згоряння палива, від умов перемішування продуктів згоряння, від поверхні їх контакту з випалюваним матеріалом. Збільшення швидкості руху газового потоку в печі прискорює випал, оскільки при цьому поліпшується перемішування продуктів згоряння, а отже, і теплопередача.

При випалі карбонатної сировини поряд з хімічними реакціями розкладання карбонату кальцію протікає ряд побічних реакцій. Ці побічні реакції знижують ефективність випалу, оскільки деяка частина одержуваного

вапна зв'язується в сполуки, які не можуть бути використані на стадії гасіння. Кремнезем SiO_2 – постійний супутник карбонатної сировини. Він знаходиться в ньому в вигляді окремих включень або рівномірно розподілений по всій масі. Кремнезем міститься також і в футерувальному матеріалі печі. В реакцію із CaO він вступає в твердому стані вже при $700\text{-}800^\circ\text{C}$. Реакція взаємодії протікає тим швидше і повніше, чим вища температура в зоні випалу. В результаті взаємодії оксиду кальцію із кремнеземом утворюються наступні сполуки: $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ – метасилікат кальцію ($t_{\text{пл}} = 1540^\circ\text{C}$); $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$ – півторакальцієвий силікат ($t_{\text{пл}} = 1475^\circ\text{C}$); $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ – двокальцієвий силікат ($t_{\text{пл}} = 2130^\circ\text{C}$); $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ – трикальцієвий силікат ($t_{\text{пл}} = 1900^\circ\text{C}$).

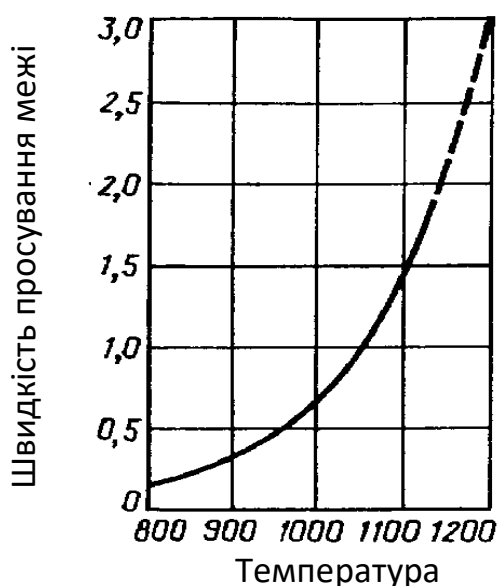


Рисунок 1.2 – Швидкість просування межі розкладання CaCO_3 в залежності від температури

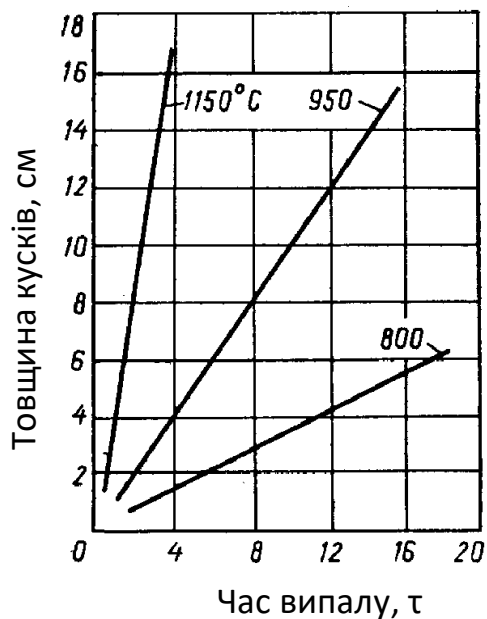


Рисунок 1.3 – Час випалу вапняку

При взаємодії оксиду кальцію з оксидами заліза і алюмінію також утворюються побічні продукти. При взаємодії CaO з оксидом заліза можуть утворитися ферити: однокальцієвий $\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ($t_{\text{пл}} = 1225^\circ\text{C}$) і двокальцієвий $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ($t_{\text{пл}} = 1300^\circ\text{C}$). Утворення феритів протікає вже при $800\text{-}900^\circ\text{C}$.

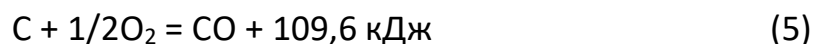
Ферити кальцію, відрізняючись легкоплавкістю, сприяють зниженню температури плавлення інших сполук. Великий вплив чинить оксид заліза і на стійкість футерівки печі, яка при високих температурах в присутності оксиду заліза знижується.

Оксид алюмінію вступає в реакцію з оксидом кальцію в інтервалі температур 600-900°C. Реакція утворення алюмінатів протікає з великою швидкістю при 1000°C, причому спочатку утворюється моноалюмінат кальцію $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$. У процесі подальшого підвищення температури сполука насичується оксидом кальцію, при цьому утворюється трикальцієвий алюмінат $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$. Ця сполука покриває зерна оксиду кальцію нерекційноздатною плівкою, перетворюючи активне вапно в неактивне.

У карбонатній сировині завжди присутня невелика кількість сульфату кальцію. Основний вплив домішки сульфату кальцію на процес випалу вапна полягає в зниженні температури утворення рідкої фази. Наявність домішки сульфату кальцію впливає також і на процес гідратації вапна, сильно сповільнюючи її.

При дисоціації карбонату кальцію відбувається розкладання і карбонату магнію. Температура розкладання MgCO_3 402-756°C. Оскільки випал CaCO_3 відбувається при значно більш високих температурах, чим випал MgCO_3 , то отриманий MgO втрачає в значній мірі свою активність при нагріванні до температури розкладання CaCO_3 .

Основні реакції горіння твердого палива:





(6)

Відповідно до характеру термічних процесів, що протікають у шахтній вапняній печі, її умовно ділять на три послідовні теплові зони. У верхній частині печі – зоні підігріву – відбувається підсушування сировини і палива, нагрівання шихти до температури початку розкладання карбонату кальцію (близько 850°C) за рахунок тепла гарячих газів, що рухаються назустріч із зони випалу. На межі цих зон температура газів досягає 900-1000°C. При подальшому переміщенні шихти вниз відбувається горіння палива та розкладання CaCO_3 . Наприкінці зони випалу температура кускового матеріалу й газів досягає максимуму (1100-1200°C), а розкладання CaCO_3 припиняється. Таким чином, зоною випалу називають зону, в якій відбувається розкладання CaCO_3 і перехід CO_2 у газову фазу. В нижній частині зони випалу горіння палива ще триває, а виділене тепло витрачається на нагрівання повітря, що надходить із зони охолодження. Відповідно до цього зоною горіння називають зону, в якій відбувається витрата кисню на спалювання палива. Зона випалу завжди складає частину зони горіння палива.

Висота зони горіння залежить головним чином від діаметра середнього куска палива, рівномірності розподілу палива в шарі і концентрації кисню, а також від виду твердого палива. Положення зон по висоті шахти має велике значення для забезпечення нормального режиму випалу. Верхні межі зон випалу і горіння не збігаються у випадку випалу вологої сировини або при зміщенні зони горіння вгору. Для видалення вологи сировини частина палива повинна згоряти в зоні підігріву. У випадку зміщення зони горіння вгору об'єм зони підігріву скорочується, і підвищується температура відхідних газів, а отже, зростає кількість тепла, що ними відноситься. Для нагрівання шихти до 830-850°C потрібна більш висока температура на вході в зону підігріву.

Внаслідок виносу тепла із зони випалу зменшується кількість розкладеного CaCO_3 , скорочується виділення CO_2 і знижується його концентрація в пічному газі. Значне зміщення зони горіння вгору може привести до проскакування кисню через зону горіння, при цьому додатково зменшиться концентрація CO_2 у пічному газі. Зміщення зони горіння вниз викликає збільшення температури вивантажуваного вапна, а значить, знизиться вміст CO_2 у відхідному газі.

Експериментально встановлено, що найкраще використання тепла в печі досягається при співвідношенні середніх розмірів кусків палива і сировини від 1:1 до 1:2. Великі куски палива не встигають згоріти в печі, а дрібні куски провалюються в проміжки між кусками карбонатної сировини, випереджаючи їх при русі шихти вниз. При цьому різко зростає довжина зони горіння, знижується температура в зоні випалу, зменшується частка тепла, що витрачається на розкладання карбонатів, і зростають втрати тепла з відхідними газами і вивантажуваним вапном [5].

2 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, НАПІВФАБРИКАТІВ, ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

В якості сировини для виробництва вапна застосовують карбонатні породи класів I і II за ДСТУ Б В.2.7-109 [6].

Таблиця 2.1 – ДСТУ Б В.2.7-109-2001. Породи карбонатні для виробництва вапна. Технічні умови

Найменування показників	Класи карбонатних порід
-------------------------	-------------------------

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Вуглекислий кальцій (CaCO ₃), %мас., не менше	92	86	77	72	52	47	72
Вуглекислий магній (MgCO ₃), %мас., не менше	5	6	20	20	45	45	8
Глинисті домішки (SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃), %мас., не більше	3	8	3	8	3	8	20

В якості технологічного палива для шахтних пересипних печей використовуються кращі сорти ливарного коксу (з мінімальною зольністю). В табл. 2.2 представлені показники якості коксу ливарного згідно ГОСТ 3340-88 [7].

Готовий продукт – вапно – має білий колір, щільність його залежить від властивостей вихідної карбонатної сировини та умов її випалу та коливається в межах 3000-3600 кг/м³. Межа міцності при стисненні вапна змінюється від 3 до 7 МПа. Твердість за шкалою Мооса коливається в межах 2-3 [2].

Вимоги до найважливіших властивостей вапна містяться в ГОСТ 9179-77 „Известь строительная. Технические условия ” (табл. 2.3, 2.4). Згідно цього ГОСТу в залежності від умов твердіння вапно підрозділяють на повітряне і гідралічне. Повітряне негашене вапно в залежності від вмісту в ньому оксидів кальцію і магнію підрозділяють на кальцієве, магнієве і доломітове. Гідралічне вапно підрозділяють на слабо- і сильно гідралічне [8].

Таблица 2.2 – ГОСТ 3340-88. Кокс литейный каменноугольный. Технические условия

Найменування показника	Норма для марки і класу					
	КЛ-1		КЛ-2		КЛ-2	
	60 мм і	40 мм і	60 мм і	40 мм і	60 мм і	40 мм і

	більше	більше	більше	більше	більше	більше
Масова частка загальної сірки,%, не більше	0,6		1,0		1,4	
Зольність, %, не більше	12,0		11,0		11,5	
Масова частка загальної вологості в робочому стані палива, %, не більше	5,0		5,0		5,0	
Показник міцності, не менше	76	73	78	77	78	77
Масова частка кусків розміром менше нижньої межі,%, не більше	14(20)	6	14(20)	6	14(20)	6
в тому числі кусків менше 40 мм,%, не більше	5	–	5	–	5	–

Таблиця 2.3 – Хімічний склад гідравлічного вапна згідно ГОСТу 9179-77

Хімічний склад	Норма для вапна, % мас.	
	слабкогідравлічне	сильногідравлічне
Активні CaO + MgO		
не більше	65	40
не менше	40	5
Активний MgO, не більше	6	6
CO ₂ , не більше	6	5

Вапно, що використовується для виробництва феросплавів, повинно містити не менше 92-93%мас. CaO + MgO і 1-2%об. CO₂, що необхідно для зниження витрати електроенергії на випуск продукції в електродугових печах.

В хімічній промисловості до вапна пред'являється ряд специфічних вимог. У виробництві гіпохлориту кальцію та карбиду кальцію потрібне вапно з вмістом CaO не менше 95%мас. У виробництві кальцинованої соди прагнуть одержати відхідні гази з максимальним вмістом CO₂ (39-41%об.), а вапно – з помірним вмістом CO₂ (6-8%об.). В результаті вапно містить 82-85% мас. CaO + MgO.

При виробництві цукру використовують вапно з вмістом 90-92% мас. CaO, 2-5 %об. залишкового CO₂ і мінімальним вмістом домішок [2].

Таблиця 2.4 – Вимоги до повітряного вапна, що пред'являються

ГОСТом 9179-77

Найменування показника	Норма для вапна, % мас.							
	негашене						гідратне	
	кальцієве			магnezіальне і доломітове				
	сорт							
	1	2	3	1	2	3	1	2
Активні CaO + MgO, не менше:								
без добавок	90	80	70	85	75	65	67	60
з добавками	65	55	–	60	50	–	50	40
Активний MgO, не більше	5	5	5	20(40)	20(40)	20(40)		
CO ₂ , не більше								
без добавок	3	5	7	5	8	11	3	5
з добавками	4	6	–	6	9	–	2	4
Зерна, що не погасилися, не більше	7	11	14	10	15	20	–	–

3 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

Опис технологічної схеми виробництва молотого вапна представлений нижче.

Крейда зі складу сировини завантажується в приймальний бункер (поз. 1), звідки пластинчастим живильником (поз. 2) подається на вібраційний грохот (поз. 3) для відсіювання кусків розміром менше 40 мм. Відсіяний дріб'язок крейди накопичується в бункері відходів (поз. 4), з якого потім відвантажується автотранспортом на склад відходів крейди. Очищена фракція крейди стрічковим транспортером (поз. 5) подається в робочий бункер крейди (поз. 6).

Кокс із приймального бункера (поз. 7) надходить на вібраційний грохот (поз. 9) для відсіювання фракції менше 10 мм. Кокс розміром 30-70 мм

стрічковим транспортером (поз. 11) подається в робочий бункер коксу (поз. 12).

Крейда і кокс з бункерів дозуються по заданій масі та подаються на стрічковий конвеєр (поз. 13), що транспортує шихту в ківш скіпового підйомника (поз. 14). За допомогою скіпового підйомника та завантажувального механізму шихта завантажується в вапняно-випалювальну піч (поз. 15).

Вапно, охолоджене в нижній частині печі повітрям, що рухається на зустріч, через вивантажувальний механізм подається на пластинчастий транспортер (поз. 16). Пластинчастий транспортер подає грудкове вапно на молоткову дробарку (поз. 17), де воно подрібнюється до розмірів кусків менше 25 мм і ковшовим елеватором (поз. 18) подається в бункер (поз. 19). З бункера подрібнене вапно тарілчастим живильником (поз. 20) завантажується в кульовий млин (поз. 21). Подрібнене вапно з млина забирається пневматичним насосом (поз. 22) і транспортується на силосний склад молотого вапна.

Утворені газоподібні продукти видаляються з печі димососом (поз. 23) і направляються на очищення від пилу в циклон (поз. 24) та тонку очистку в електрофільтр (поз. 25). Очищені в електрофільтрі димові гази викидаються в атмосферу.

Пил вапна, що виділяється з димових газів під час очистки, направляється в технологічну лінію [2].

4 МАТЕРІАЛЬНІ І ТЕПЛОВІ БАЛАНСИ

4.1 Матеріальний розрахунок стадії випалу карбонатної сировини

Вихідні дані [9]:

Склад крейди (% мас.):

CaCO ₃	87,58
MgCO ₃	0,52
SiO ₂ + речовини, нерозчинні в HCl	1,26
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	0,24
H ₂ O	10,40

Склад коксу (% мас.):

C	76,08
S	0,80
Зола	10,32
H ₂ O	12,80

Ступінь випалу крейди, % 93

Неповнота згоряння коксу, % 1,1

Ступінь згоряння вуглецю коксу до CO, % 1,5

Ступінь згоряння вуглецю коксу до CO₂, % 97,4

Коефіцієнт надлишку повітря, % 1,05

Відносна вологість повітря, % 75

Склад повітря (% мас.):

O ₂	23,10
N ₂ + інертні гази	76,90

1) Згоряння палива (з розрахунку на 1 кг коксу).

Згоряє вуглецю до CO₂

$$0,7608 \cdot 0,974 = 0,7410 \text{ кг.}$$

Згоряє вуглецю до CO

$$0,7608 \cdot 0,015 = 0,0114 \text{ кг.}$$

Залишається вуглецю в золі:

$$0,7608 \cdot 0,011 = 0,0084 \text{ кг.}$$

Кількість кисню, що теоретично необхідна для спалювання 0,7410 кг вуглецю до CO_2 :

$$\frac{0,7410 \cdot 32}{12} = 1,9760 \text{ кг,}$$

при цьому утворюється 2,7170 кг CO_2 .

На спалювання 0,0114 кг вуглецю до CO потрібно кисню:

$$\frac{0,0114 \cdot 16}{12} = 0,0152 \text{ кг,}$$

при цьому утворюється 0,0266 кг CO .

На спалювання 0,008 кг сірки в SO_2 витрачається кисню

$$\frac{0,008 \cdot 32}{32} = 0,008 \text{ кг,}$$

при цьому утворюється 0,0160 кг SO_2 .

Всього потрібно 1,9992 кг кисню.

При коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 1,05$ необхідно ввести кисню 2,099 кг, тобто

$$\frac{2,099 \cdot 100}{23,1} = 9,087 \text{ кг сухого повітря,}$$

якому міститься 6,988 кг азоту. При 16°C і відносній вологості 75% вологовміст повітря складає 0,00872 кг H_2O на 1 кг сухого повітря. З 9,087 кг сухого повітря поступає 0,079 кг парів води.

В результаті згоряння 1 кг коксу отримуються наступні кількості газоподібних продуктів (у кг):

CO_2	2,717
CO	0,027
O_2	0,100

N ₂	6,988
SO ₂	0,016
H ₂ O (кокс)	0,128
H ₂ O (повітря)	0,079
<hr/>	
Всього	10,055 кг

Крім того, залишається 0,103 кг золи і 0,008 кг вуглецю, тобто 0,111 кг твердого залишку.

Всього отримується

$$10,055 + 0,111 = 10,166 \text{ кг.}$$

2) Випал крейди (з розрахунку на 1000 кг крейди). 1000 кг крейди містить (у кг):

CaCO ₃	875,8
MgCO ₃	5,2
SiO ₂ + речовини, нерозчинні в HCl	12,6
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	2,4
H ₂ O	104,0

При випалі розкладається CaCO₃

$$875,8 \cdot 0,93 = 814,5 \text{ кг.}$$

Залишок CaCO₃, що не розклався

$$875 - 814,5 = 61,3 \text{ кг.}$$

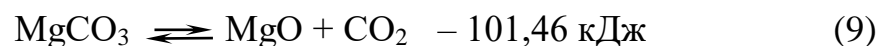
За реакцією



утворюється

$$\frac{814,5 \cdot 56}{100} = 456,1 \text{ кг вапна} \quad \text{і} \quad \frac{814,5 \cdot 44}{100} = 358,4 \text{ кг CO}_2.$$

За реакцією



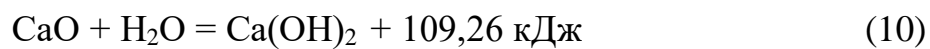
утворюється

$$\frac{5,2 \cdot 40,3}{84,3} = 2,5 \text{ кг MgO} \quad \text{і} \quad \frac{5,2 \cdot 44}{84,3} = 2,7 \text{ кг CO}_2.$$

Всього утворюється

$$358,4 + 2,7 = 361,1 \text{ кг CO}_2.$$

Позначивши через x кількість (у кг) палива, необхідного для випалу 1000 кг крейди, знаходимо, що у вапні буде міститися: незгорілого вуглецю $0,008x$ кг і $0,103x$ кг золи. За рахунок вологи повітря частково відбувається гідратація вапна за реакцією:



Кількість утвореного гідроксиду кальцію визначається вмістом вологи у повітрі

$$\frac{0,079x \cdot 74}{18} = 0,325x \text{ кг.}$$

В цій кількості Ca(OH)_2 міститься оксиду кальцію

$$\frac{0,079x \cdot 56}{18} = 0,246x \text{ кг.}$$

Таким чином знаходимо, що з вапном із печі виходить (в кг):

CaO	456,1 – 0,246x
Ca(OH) ₂	0,325x
MgO	2,5
CaCO ₃	61,3
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	2,4
SiO ₂ + речовини, нерозчинні в HCl	12,6
Зола	0,103x
Незгорілий кокс	0,008x
<hr/>	
Разом:	534,9 + 0,190x

Склад газів, що виходять із печі (у кг):

CO ₂	361,1 + 2,717x
CO	0,027x
<hr/>	

O ₂	0,100x
SO ₂	0,016x
N ₂	6,988x
H ₂ O	104,0 + 0,128x
<hr/>	
Разом:	465,1 + 9,976x

Склад продуктів, одержаних у випалювальній печі (на 1000 кг крейди).

Виражаємо Ca(OH)₂ у перерахунку на CaO

$$\frac{28,5 \cdot 56}{74} = 21,6 \text{ кг.}$$

Тоді сума CaO у вапні, що виходить із печі, буде складати

$$434,5 + 21,6 = 456,1 \text{ кг} \quad \text{або} \quad \frac{456,1 \cdot 100}{551,5} = 82,7\% \text{ CaO.}$$

Із 1000 кг крейди одержують стандартного 85%-вого вапна

$$\frac{551,5 \cdot 82,7}{85} = 536,6 \text{ кг,}$$

а з 1000 кг 100%-вого CaCO₃

$$\frac{536,6 \cdot 100}{87,58} = 612,7 \text{ кг.}$$

Склад відхідних газів із печі по об'єму (в м³ на 1000 кг крейди)

$$\begin{array}{ll} \text{CO}_2 = \frac{599,4}{1,977} = 303,2; & \text{CO} = \frac{2,4}{1,250} = 1,9; \\ \text{O}_2 = \frac{8,8}{1,429} = 6,2; & \text{N}_2 = \frac{612,8}{1,257} = 487,5; \\ \text{SO}_2 = \frac{1,4}{2,927} = 0,5; & \text{H}_2\text{O} = \frac{115,2}{0,804} = 143,3. \end{array}$$

Разом: 942,6 м³

При перерахуванні на сухий газ:

CO ₂	303,2 м ³	37,93% об.
CO	1,9 м ³	0,24% об.

O ₂	6,2 м ³	0,78% об.
N ₂	487,5 м ³	60,99% об.
SO ₂	0,5 м ³	0,06% об.
<hr/>		
Всього:	799,3 м ³	100% об.

При промиванні і охолодженні газу в скруберах і електрофільтрах поглинається 5-6% об. CO₂ і весь SO₂. Приймаємо втрати CO₂ – 5% об.

$$599,4 \cdot 0,05 = 30,0 \text{ кг} \quad \text{або} \quad 303,2 \cdot 0,05 = 15,2 \text{ м}^3.$$

Склад газу після промивання:

CO ₂	569,4 кг	288,0 м ³	36,75 % об.
CO	2,4 кг	1,9 м ³	0,24%об.
O ₂	8,8 кг	6,2 м ³	0,79% об.
N ₂	612,8 кг	487,5 м ³	62,22% об.
<hr/>			
Всього:	1193,4 кг	783,6 м ³	100% об.

Годинна потужність виробництва

$$\frac{175000 \cdot 1000}{345 \cdot 24} = 21135 \text{ т/рік} ,$$

де 175000 – задана потужність виробництва, т/рік;

365 – ефективний фонд роботи виробництва, доба.

Коефіцієнт перерахунку кількісних величин матеріального балансу, складеного на 1000 кг крейди, на годинну потужність складає

$$\frac{21135}{551,5} = 38,3.$$

Кількісні величини матеріального балансу процесу виробництва вапна на годинну потужність з урахування коефіцієнту перерахунку заносимо до таблиці матеріального балансу (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Матеріальний баланс стадії випалу карбонатної сировини

Прихід			Витрата			
Статті	кг/годину	%мас.	Статті	кг/годину	%мас.	%об.
1. Крейда:			1. Вапно:			
CaCO ₃	33563,5	87,6	CaO	16597,3	78,8	
MgCO ₃	199,3	0,5	Ca(OH) ₂	1095,3	5,2	
SiO ₂ + речовини, нерозчинні в HCl	92,0	0,2	MgO	105,3	0,5	
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	482,9	1,3	CaCO ₃	2337,9	11,1	
H ₂ O	3985,6	10,4	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	84,3	0,4	
Разом крейди:	38323,3	100,0	SiO ₂ + речовини, нерозчинні в HCl	484,4	2,3	
2. Кокс	3360,9	100,0	C	21,1	0,1	
3. Повітря:			зола	337	1,6	
O ₂	7055,3	22,9	Разом вапна:	21062,5	100,0	
N ₂	23484,5	76,2	2. Газ:			
H ₂ O	264,4	0,9	CO ₂	22970,9		44,7
Разом вологого повітря:	30804,2	100,0	CO	92,0		0,2
			O ₂	337,2		0,7
			N ₂	23484,5		45,7
			SO ₂	53,7		0,1
			H ₂ O	4414,8		8,6
			Пил вапна	72,8		
			Разом газу:	51425,9		100,0
Всього:	72488,4	100,0	Всього:	72488,4	100,0	

4.2 Тепловий розрахунок стадії випалу карбонатної сировини

Вихідні дані [9]:

Температура повітря, що поступає в піч, °С	16
Температура відхідних газів, °С	150
Температура вивантажуваного вапна, °С	50
Температура крейди і коксу, °С	16

Прихід тепла

1) Фізичне тепло, що надходить з крейдою

$$q_1 = (1000 - 104) \cdot 0,816 \cdot 16 + 104 \cdot 67,1 = 18677 \text{ кДж},$$

де 0,816 – теплоємність крейди, кДж/(кг · °С);

67,1 – ентальпія води при 16 °С, кДж/кг.

2) Фізичне тепло коксу

$$q_2 = (1 - 0,128) \cdot x \cdot 1,047 \cdot 16 + 0,128x \cdot 67,1 = 23,20x \text{ кДж},$$

де 1,047 – теплоємність коксу, кДж/(кг · °С);

0,128 – вміст вологи в коксі, кг/кг.

3) Фізичне тепло повітря

$$q_3 = 9,087x \cdot 38,08 = 346,03x \text{ кДж},$$

де 38,08 – ентальпія повітря, кДж/кг сухого повітря;

4) Тепло згоряння коксу

– від згоряння вуглецю до CO_2

$$2,717x \cdot 8941,2 = 24293,246x \text{ кДж},$$

де 8941,2 – теплота згоряння вуглецю до CO_2 , кДж / кг CO_2 ;

– від згоряння вуглецю до CO

$$0,027x \cdot 3944,9 = 106,51x \text{ кДж},$$

де 3944,9 – теплота згоряння вуглецю до CO , кДж / кг CO ;

– від згоряння сірки в SO_2

$$0,016x \cdot 4634,3 = 74,15x \text{ кДж},$$

де 4634,3 – теплота згоряння сірки в SO_2 кДж / кг SO_2 .

Всього тепло від згоряння коксу

$$q_4 = 24293,24x + 106,51x + 74,15x = 24473,90x \text{ кДж}.$$

5) Теплота гасіння вапна вологою повітря за реакцію (10)

$$Q_p = 986,20 - (635,1 + 241,84) = 109,26 \text{ кДж/моль}$$

де 986,20 – теплота утворення $\text{Ca}(\text{OH})_2$, кДж/моль;

635,10 – теплота утворення CaO , кДж/моль;

241,84 – теплота утворення H_2O , кДж/моль.

Оскільки всі речовини беруть участь в реакції в кількості 1 моль, то немає різниці до якої речовини відносити Q_p .

Тому

$$q_5 = \frac{109,26 \cdot 0,079x \cdot 1000}{18} = 479,10x \text{ кДж.}$$

Прихід тепла складає

$$Q_{\text{пр}} = 18677 + 23,20x + 346,03x + 24473,90x + 479,10x = 18677 + 25322,23x \text{ кДж.}$$

Витрата тепла

1) З відхідними газами

$$q_1 = (m_{\text{CO}_2} \cdot c_{\text{CO}_2} + m_{\text{CO}} \cdot c_{\text{CO}} + m_{\text{O}_2} \cdot c_{\text{O}_2} + m_{\text{N}_2} \cdot c_{\text{N}_2} + m_{\text{SO}_2} \cdot c_{\text{SO}_2}) \cdot t_{\text{відх.}} \cdot m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot i_{\text{H}_2\text{O}}$$
$$q_1 = [(361,1 + 2,717x) \cdot 0,892 + 0,027x \cdot 1,044 + 0,100x \cdot 0,932 +$$
$$+ 6,988x \cdot 1,044 + 0,016x \cdot 0,649] \cdot 150 + (104,0 + 0,128x) \cdot 2783 =$$
$$= 337747 + 1833,85x \text{ кДж,}$$

де 0,892; 1,044; 0,932; 1,044; 0,649 – теплоємності CO_2 , CO , O_2 , N_2 , SO_2 відповідно, кДж/(кг · °С);

2783 – ентальпія пари води при $0,1 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ і 150°C , кДж/кг.

2) З вивантажуваним вапном

$$q_2 = (534,9 + 0,190x) \cdot 0,795 \cdot 50 = 21260 + 7,55x \text{ кДж,}$$

де 0,795 – теплоємність технічного вапна, кДж/(кг · °С).

3) Розкладання CaCO_3 за реакцією (8)

$$Q_p = (635,1 + 393,51) - 1206,00 = 177,39 \text{ кДж/моль},$$

де 393,51 – теплота утворення CO_2 , кДж/моль;

1206,00 – теплота утворення CaCO_3 , кДж/моль.

$$q_3 = \frac{177,39 \cdot 814,5 \cdot 1000}{100} = 1443000 \text{ кДж}.$$

4) Розкладання MgCO_3 за реакцією (9)

$$Q_p = (601,24 + 393,51) - 1096,21 = 101,46 \text{ кДж/моль},$$

де 601,24 – теплота утворення MgO , кДж/моль;

1096,21 – теплота утворення MgCO_3 , кДж/моль.

$$q_4 = \frac{101,46 \cdot 1000 \cdot 5,2}{84,3} = 6256 \text{ кДж}.$$

5) Втрати тепла у навколишнє середовище приймаються 12 % від приходу тепла

$$q_5 = (18677 + 25322,23\tilde{o}) \cdot 0,12 = 2241 + 3038,67\tilde{o} \text{ кДж}.$$

Витрата тепла

$$Q_{\text{випр}} = 337747 + 1833,85x + 21260 + 7,55x + 1443000 + 6256 + 2241 + 3038,67x = \\ = 1810504 + 4880,07x \text{ кДж}.$$

Звідси визначаємо кількість коксу, що надходить на випал 1000 кг крейди

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{випр}}, \quad (11)$$

$$18677 + 25322,23x = 1810504 + 4880,07x, \quad x = 87,7 \text{ кг}.$$

Таблиця 4.2 – Тепловий баланс стадії випалу карбонатної сировини

Прихід			Витрата		
Стаття	Розрахунок	кДж	Стаття	Розрахунок	кДж

З крейдою		18677	З газом	$337747 + 1833,85 \cdot 87,7$	498576
З коксом	$23,20 \cdot 87,7$	2035	З вапном	$21260 + 7,55 \cdot 87,7$	21922
З повітрям	$346,03 \cdot 87,7$	30347	На розкладання CaCO_3		1443000
Тепло згоряння коксу	$24473,90 \cdot 87,7$	2146361	На розкладання MgCO_3		6256
Тепло гасіння вапна	$479,10 \cdot 87,7$	42017	Втрати у навколишнє середовище	$2241 + 3038,67 \cdot 87,7$	268732
			Разом		2238486
			Неув'язування в балансі		951
Всього:	2239437	2239437	Всього:		2239437

5 ВИБІР І РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО АПАРАТУ

5.1 Опис конструкції та принцип дії шахтної вапняно-випалювальної печі, що працює на твердому паливі

Для випалу крейди обирається шахтна пересипна піч продуктивністю 300 т/добу. Шахтна пересипна піч представляє собою два усічених конуси, що сполучаються циліндром. Діаметр циліндричної частини шахти дорівнює 6,2 м, діаметр верхньої частини шахти – 4,2 м і нижньої частини шахти – 4,5 м, робоча висота – 18 м. Загальна висота печі 22,5 м, корисний об'єм – 430 м³.

Усередині шахта викладена вогнетривкою шамотною цеглою (поз. 1). Зовнішня частина шахти викладена звичайною червоною цеглою (поз. 2). Шахту оточує сталевий кожух товщиною 12 мм (поз. 3). Між кожухом і кладкою печі є зазор шириною 60 мм, заповнений битим шамотом (поз. 4). Подрібнений шамот перешкоджає перемішуванню повітря в зазорах шляхом конвенції, знижуючи теплові втрати.

Шихта (крейда та кокс) висипається в завантажувальну лійку (поз. 5), яка знизу прикривається конусним затвором (поз. 6), що оберігає робоче приміщення від проникнення пічного газу, котрий містить оксид вуглецю. При опусканні конусного затвора шихта з завантажувальної лійки падає в проміжний бункер (поз. 7), який також закритий знизу конусним затвором – розподільним конусом (поз. 8). Основу цього конусу зрізано таким чином, що лінія зрізу утворює спіральну лінію. З укороченого боку розподільного конуса прикріплений вигнутий сталевий лист-відбійник.

При опусканні конуса шихта з проміжного бункера потрапляє на поверхню конуса. Куски, що скачуються по його довгій стороні, потрапляють ближче до периферії печі, а куски, що скачуються з укороченого боку,

відкидаються відбійником ближче до центру печі. Для розширення розкидання шихти між конусом і рівнем шихти в печі підтримують відстань близько 1,5-2,5 м. Крім того, рівномірний розподіл шихти по перетину печі забезпечується автоматичним поворотом розподільного конуса на кут 60° після кожного завантаження.

При завантаженні шихти, коли проміжний бункер знизу відкритий, в нього попадає газ з печі. Щоб попередити подальше його проникнення в робоче приміщення при опусканні верхнього конусу, газ із проміжного бункера відсмоктується спеціальним вентилятором.

Для вивантаження вапна піч забезпечена спеціальним вивантажувальним пристроєм, що складається з чавунного ковпака (поз. 9), спіралеподібної ступінчастої круглої плити – завитка (поз. 10), кільцевого нерухомого стола (поз. 11) і вивантажувальної тички (поз. 12). Завиток лежить на восьми роликах (поз. 13), спираючись на них сталевим кільцем, і котиться по круговому рейковому шляху. Для обертання завитка служить вінцева шестерня (поз. 14), яка через систему передач зв'язана з електромотором.

Порожнистий вал (поз. 15), привідні механізми і обертовий завиток охолоджуються повітрям, що нагнітається вентилятором високого тиску. Повітря поступає в зону охолодження печі під ковпак (поз. 9).

При повільному обертанні вивантажувальний механізм як би вгвинчується в вапно і виштовхує його боковою спіраллю з шахти на кільцевий нерухомий стіл (поз. 11), з якого по мірі накопичення зсипається на коловий транспортер. При обертанні транспортера вапно скидається з нього в вивантажувальну тичку (поз. 12). Для забезпечення безперервної видачі вапна і герметизації нижньої частини печі на вивантажувальній тичці встановлюється барабанний затвор (поз. 16) [3].

5.2 Конструктивний розрахунок вапняно-випалювальної печі

Необхідна кількість шахтних пересипних вапняно-випалювальних печей, що буде забезпечувати задану потужність виробництва, розраховується за формулою [9]:

$$n = \frac{A_p}{A_a \cdot T_e}, \quad (12)$$

де $A_p = 175000$ – річна потужністю цеху, т/рік;

$A_a = 12,5$ – годинна продуктивність вапняно-випалювальної печі, т/годину;

T_e – ефективний час роботи вапняно-випалювальної печі, година.

Час простою вапняно-випалювальної печі в загальнозаводському, поточному і капітальному ремонті становить 35 діб на рік.

Тоді ефективний час роботи печі складатиме:

$$T_e = 345 - 35 = 310 \text{ діб або } 7440 \text{ годин.}$$

Отже, необхідна кількість вапняно-випалювальних печей складатиме:

$$n = \frac{175000}{12,5 \cdot 7440} = 1,9 \text{ шт.}$$

До установки приймається 2 печі.

Виконаємо розрахунок шахтної пересипної вапняно-випалювальної печі: визначимо час перебування крейди в печі. Його розраховують за зонами: в зоні нагрівання τ_n , в зоні випалу τ_b і в зоні охолодження τ_{ox} :

$$\tau = \tau_n + \tau_b + \tau_{ox}$$

Для розрахунку τ до прийнятих раніше вихідних даних додаємо:

температура початку розкладання крейди	856°C
температура в зоні випалу	1100°C
температура крейди, що виходить із зони випалу	940°C
температура повітря на вході в зону випалу	400°C
середній радіус куска крейди	0,06 м

Приймаємо, що куски крейди мають форму кулі.

Кількість тепла, що переходить від середовища до тіла, залежить від температурного перепаду, площі тіла, часу контакту фаз і коефіцієнта теплопередачі K [9]:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda}}, \quad (13)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі від газу до тіла, Вт/(м² · °C);

δ – товщина шару куска крейди, що підігрівається, дорівнює радіусу r , м;

λ – коефіцієнт теплопровідності крейди, Вт/(м² · °C);

$$\text{або } K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{r}{\lambda}} \quad (14)$$

Приймаємо наступні значення α , Вт/(м² · °C):

для зони нагрівання $\alpha_n = 13,96$;

для зони випалу $\alpha_b = 20,93$;

для зони охолодження $\alpha_{ох} = 11,63$.

Для крейди приймаємо $\lambda = 0,89$ Вт/(м · °С).

1. Розрахуємо час перебування крейди в зоні нагрівання.

Щоб нагріти кусок крейди від 15°С до температури її розкладання, тобто до 856°С, їй треба повідомити тепла [9]:

$$q_1 = m \cdot c \cdot t, \quad (15)$$

де m – маса куску крейди, кг;

c – теплоємність куску крейди, кДж/(кг · °С);

t – температура крейди, °С.

$$q_1 = m \cdot 0,816 \cdot (856 - 15) \text{ кДж.}$$

Маса кулі m буде дорівнювати:

$$m = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 2650, \quad (16)$$

де 2650 – щільність крейди, кг/м³.

Отже,

$$q_1 = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 2650 \cdot 0,816(856 - 15) = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 1816416 \text{ кДж.}$$

З іншого боку, кількість тепла, що повідомляється куску крейди радіусом r за час нагрівання τ_n , становить [9]:

$$q_2 = K_n \cdot F \cdot \Delta t_n \cdot \tau_n \cdot 10^{-3}, \quad (17)$$

де K_n – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м² · °С);

F – поверхня куска крейди, м²;

Δt_n – температурний перепад, °С;

τ_n – час перебування в зоні нагрівання, с.

Тоді

$$K_n = \frac{1}{\frac{1}{13,96} + \frac{0,06}{0,89}} = 7,20 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)};$$

$$\Delta t_n = \frac{(1100 - 856) + (150 - 15)}{2} = 189 \text{ °С.}$$

$$F = 4\pi r^2$$

Звідси

$$q_2 = 7,20 \cdot 4\pi r^2 \cdot 189 \cdot \tau_n \cdot 10^{-3} = 4\pi r^2 \cdot 1,3608 \tau_n .$$

З рівності $q_1 = q_2$ маємо:

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \cdot 1816416 = 4\pi r^2 \cdot 1,3608 \cdot \tau_n.$$

Звідси можна знайти час перебування в зоні нагрівання:

$$\tau_n = \frac{4\pi r^3 \cdot 1816416}{3 \cdot 1,3608 \cdot 3600 \cdot 4\pi r^2} = \frac{0,06 \cdot 1816416}{3 \cdot 3600 \cdot 1,3608} = 7,4 \text{ години.}$$

2. Визначимо час перебування крейди в зоні випалу.

Знайдемо кількість тепла, що надходить при випалі в кулястий кусок крейди через її поверхню [9]:

$$q_3 = K_v \cdot F \cdot \Delta t_v \cdot \tau_v \cdot 10^{-3}, \quad (18)$$

Для розкладання цього куска крейди необхідно повідомити їй тепла [9]:

$$q_4 = m \cdot 1782,7, \quad (19)$$

де m – маса куска, кг;

$q = 1782,7$ – масова теплота згоряння CaCO_3 , кДж/кг.

$$q_4 = \frac{4}{3}\pi r^3 \cdot 2650 \cdot 1782,7 = \frac{4}{3}\pi r^3 \cdot 4724155 \text{ кДж.}$$

Враховуючи, що в крейди міститься 97,65% мас. CaCO_3 і ступінь випалу становить 95 %, то одержимо:

$$q_4 = \frac{4}{3}\pi r^3 \cdot 4724155 \cdot 0,9765 \cdot 0,95 = \frac{4}{3}\pi r^3 \cdot 4382480 \text{ кДж.}$$

Для визначення q_3 необхідно врахувати коефіцієнт усадки крейди, який дорівнює 0,95, середню теплопровідність крейди і вапна. Для вапна $\lambda = 0,62$ Вт/(м · °С). Тоді

$$r_B = \frac{0,06 + 0,06 \cdot 0,95}{2} = 0,058 \text{ м};$$

$$\lambda_B = \frac{0,89 + 0,62}{2} = 0,75 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)};$$

$$K_B = \frac{1}{\frac{1}{20,93} + \frac{0,058}{0,75}} = 8,10 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)};$$

$$F_B = \frac{4\pi(r + 0,95r)^2}{2^2} = 1,95^2 \cdot \pi r^2 = 3,8\pi r^2;$$

$$t_B = 1100 - \frac{940 + 856}{2} = 202 \text{ °С}.$$

Тоді

$$q_3 = 8,10 \cdot 3,8\pi r^2 \cdot 202 \cdot \tau_B \cdot 10^{-3} = 6,218 \pi r^2 \tau_B.$$

З рівності $q_3 = q_4$:

$$6,218 \cdot \pi r^2 \cdot \tau_{\hat{a}} = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 4382480.$$

Звідси одержуємо:

$$\tau_{\text{в}} = \frac{4\pi r^3 \cdot 4382480}{3 \cdot 6,218 \cdot \pi r^2 \cdot 3600} = \frac{4 \cdot r \cdot 34382480}{3 \cdot 6,218 \cdot 3600} = 15,1 \text{ години.}$$

3. Розрахуємо час перебування крейди в зоні охолодження.

Кусок крейди з початковим радіусом r після випалу буде мати масу:

$$m = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 2650 \cdot \frac{586,5}{1000} = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 1554 \text{ кг,}$$

де $m = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 2650$ – маса куску крейди до випалу, кг;

$\frac{586,5}{1000}$ – вихід вапна з 1 кг крейди.

При охолодженні цього куска до 60°C він віддає тепла:

$$q_5 = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 1554 \cdot 0,795(940 - 60) = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot 1087178, \text{ кДж,}$$

де $0,795$ – теплоємність вапна, кДж/(кг · °C).

Тепло, що віддається поверхнею куска отриманого вапна в зоні охолодження [9]:

$$q_6 = K_{\text{ох}} \cdot F_{\text{ох}} \cdot \Delta t_{\text{ох}} \cdot \tau_{\text{ох}} \cdot 10^{-3}, \quad (20)$$

$$K_{\text{ox}} = \frac{1}{\frac{1}{11,63} + \frac{0,06 \cdot 0,95}{0,62}} = 5,68 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)};$$

$$F_{\text{ox}} = 4\pi \cdot (0,95r)^2 = 3,61 \pi r^2 ;$$

$$\Delta t_{\text{ox}} = \frac{(940 - 400) - (60 - 15)}{2,3 \lg \frac{940 - 400}{60 - 15}} = 200 \text{ °C};$$

$$q_6 = 5,68 \cdot 3,61 \cdot \pi r^2 \cdot 200 \tau_{\text{ox}} \cdot 10^{-3} = 4,1 \pi r^2 \tau_{\text{ox}}.$$

З рівності $q_5 = q_6$

$$4/3 \pi r^3 1003727 = 3,5667 \pi r^2 \tau_{\text{ox}};$$

$$\tau_{\text{ox}} = \frac{4\pi r^3 \cdot 1087178}{4,1 \cdot \pi r^2 \cdot 3 \cdot 3600} = \frac{4 \cdot r \cdot 1087178}{12,3 \cdot 3600} = 5,9 \text{ години.}$$

Загальний час перебування крейди в печі буде дорівнювати:

$$\tau = 7,4 + 15,1 + 5,9 = 28,4 \text{ години.}$$

5.3 Розрахунок гідравлічного опору шихти

Гідравлічний опір шихти може бути розрахований за формулою [10]:

$$\Delta P = \frac{\xi \cdot V^2 \cdot g \cdot \gamma_t \cdot H}{\Pi^2 \cdot 2g \cdot d_{\text{пр}}^{\text{сеп}}}, \quad (21)$$

де ΔP – опір шару матеріалу, Па;

ξ – коефіцієнт опору, що залежить від величини критерію Re ;

V – умовна швидкість, віднесена до порожньої шахти печі і до середньої температури газів у даній зоні, м/с;

γ_t – питома вага газу при даній температурі, кг/м³;

H – висота шару шихти, м;

Π – порозність матеріалу, що представляє відношення об'єму міжкускового простору до всього об'єму, м³/м³;

$d_{\text{пр}}^{\text{сеп}}$ – середній приведений діаметр кусків шихти, м.

Коефіцієнт опору визначається з рівняння [10]:

$$\xi = \left(\frac{490}{Re} \right) + \left(\frac{100}{\sqrt{Re}} \right) + 5,85, \quad (22)$$

де Re – критерій Рейнольдса.

Критерій Рейнольдса розраховується за формулою [9]:

$$Re = \frac{V_d \cdot d_{\text{пр}}^{\text{сеп}}}{\Pi \nu}, \quad (23)$$

де V_d – дійсна швидкість між кусками матеріалу, м/с;

ν – кінематична в'язкість газів, м²/с.

Середній приведений діаметр визначається за даними гранулометричного складу матеріалу за формулою [10]:

$$d_{\text{пр.}}^{\text{сер}} = \frac{100}{\sum \left(\frac{d_i}{a_i} \right)}, \quad (24)$$

де d_i – середній розмір матеріалу в даній фракції, м;

a_i – вміст у сипучому матеріалі, %.

Порозність матеріалу визначається за формулою [10]:

$$\Pi = \frac{(\gamma_y - \gamma_n)}{\gamma_y}, \quad (25)$$

де γ_m – удавана питома вага матеріалу, кг/м³;

γ_n – насипна вага матеріалу, кг/м³.

Розрахуємо середній приведений діаметр шихти, що складається з крейди і коксу, при вмісті коксу в шихті 10,5 % мас. Характеристика крейди і коксу для даного випадку наведена в табл. 5.1.

Удавана вага шихти:

$$\frac{100-10,5}{100} \cdot 1460 + \frac{100-89,5}{100} \cdot 1350 = 1448,45 \text{ кг/м}^3.$$

Насипна вага шихти:

$$\frac{100-10,5}{100} \cdot 1000 + \frac{100-89,5}{100} \cdot 950 = 994,75 \text{ кг/м}^3.$$

Таблиця 5.1 – Гранулометричний склад

Межа фракції, м	Крейда			Кокс			
	0,00-0,04	0,04-0,12	0,12-0,15	0,00-0,02	0,02-0,04	0,04-0,06	0,06-0,08
Середній розмір фракції, мм	0,02	0,08	0,135	0,01	0,03	0,05	0,07
Ваговий вміст, %	12	73	15	8	30	59	3
Удавана питома маса, кг/м ³	1460			1350			
Насипна маса, кг/м ³	1000			950			

Середній приведений діаметр крейди в шихті:

$$d_{\text{ід.єд}}^{\text{н.д.}} = \frac{100}{\left(\frac{12}{0,02} + \frac{73}{0,08} + \frac{15}{0,135} \right)} = 0,065 \text{ м}.$$

Середній приведений діаметр коксу в шихті:

$$d_{\text{і.ê}}^{\text{п.âð}} = \frac{100}{\left(\frac{8}{0,01} + \frac{30}{0,03} + \frac{59}{0,05} + \frac{3}{0,07} \right)} = 0,029 \text{ м}$$

Середній приведений діаметр шихти:

$$d_{\text{і.ê}}^{\text{п.âð}} = \frac{100}{\left(\frac{89,5}{0,065} + \frac{10,5}{0,029} \right)} = 0,058 \text{ м}$$

Порозність шихти:

$$\text{İ} = \frac{(1448,45 - 994,75)}{1448,450} \cdot 100\% = 31,4\%$$

Склад відхідних газів із печі по об'єму (в м³ на 1000 кг крейди) згідно матеріального балансу наступний:

CO ₂	303,2 м ³	32% об.
CO	1,9 м ³	0,2% об.
O ₂	6,2 м ³	0,8% об.
N ₂	487,5 м ³	51,7% об.
SO ₂	0,5 м ³	0,1% об.
H ₂ O	143,3 м ³	15,2% об.
<hr/>		
Разом:	942,6 м ³	100% об.

Розрахуємо густину відхідних газів:

$$\gamma_t = 0,32 \cdot 1,977 + 0,002 \cdot 1,250 + 0,008 \cdot 1,429 + 0,517 \cdot 1,257 + 0,001 \cdot 2,927 + \\ + 0,0152 \cdot 0,804 = 1,40 \text{ кг/м}^3,$$

де 1,977; 1,250; 1,429; 1,257; 2,927; 0,804 – густина CO₂, CO, O₂, N₂, SO₂, H₂O відповідно, кг/м³.

Розрахунок гідравлічного опору матеріалу виконується за зонами.

Зона випалу і підігріву з середньою температурою

$$t_{\text{ср.}} = \frac{1080 + 150}{2} = 615^\circ \text{C},$$

де 150 – температура газу на виході із печі, °C;

1080 – температура на вході в зону випалу і на виході з неї, °C.

Питома вага газу при температурі 615 °C

$$\gamma_t = \frac{1,40 \cdot 273}{273 + 615} = 0,43 \text{ кг/м}^3.$$

Кінематична в'язкість відхідних газів при 615°C складає $95 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$

Дійсна швидкість газів дорівнює 0,6 м/с.

Критерій Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{0,6 \cdot 0,058}{0,314 \cdot 95 \cdot 10^{-6}} = 1167.$$

Коефіцієнт опору

$$\xi = \left(\frac{490}{1167} \right) + \left(\frac{100}{\sqrt{1167}} \right) + 5,85 = 9,21.$$

Опір шару матеріалу:

$$\Delta D = \frac{9,21 \cdot 0,6^2 \cdot 0,43 \cdot 18 \cdot 9,81}{0,314^2 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,058} = 2244 \text{ ĩa.}$$

Зона охолодження з середньою температурою

$$t_{\text{сеп.}} = \frac{1080 + 50}{2} = 565^{\circ} \text{C},$$

де 50 – температура вапна на виході із зони охолодження, °C.

Кінематична в'язкість відхідних газів при 565°C складає $82 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$
Умова швидкість газів дорівнює 0,5 м/с, тоді дійсна швидкість газів – 1,59 м/с.

Критерій Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{1,59 \cdot 0,058}{0,314 \cdot 95 \cdot 10^{-6}} = 3092.$$

Коефіцієнт опору:

$$\xi = \left(\frac{490}{3092} \right) + \left(\frac{100}{\sqrt{3092}} \right) + 5,85 = 8,9.$$

Опір шару матеріалу:

$$\Delta E = \frac{8,9 \cdot 0,5^2 \cdot 0,43 \cdot 18 \cdot 9,81}{0,314^2 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,058} = 1507 \text{ Їа.}$$

6 ВИБІР ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

Стислий опис технологічного обладнання стадії випалу карбонатної сировини наведений в табл. 6.1 [1, 2].

Таблиця 6.1 – Технологічне обладнання стадії випалу карбонатної сировини

Позначення апарата	Найменування обладнання	Призначення і стисла характеристика
1	2	3
поз. 13	Стрічковий конвеєр	Призначений для безперервного переміщення шихти до скіпового підйомника. Продуктивність – 21,4814 т/годину; ширина стрічки – 202 мм; швидкість руху полотна – 1,25 м/с. Потужність електродвигуна – 11 кВт
поз. 14	Скіповий підйомник	Призначений для подачі шихти в завантажувальну воронку вапняно-випалювальної печі. Вантажопідйомність – 3 т, висота підйому – 36 м; швидкість підйому – 30 м/вх.; кут нахилу – 70°
поз. 16	Стрічковий транспортер	Призначений для безперервного переміщення вапна до молоткової дробарки. Продуктивність – 300 м ³ /годину; ширина стрічки – 500 мм; швидкість руху полотна – 0,6 м/с. Потужність електродвигуна – 6,5 кВт
поз. 24	Циклон	Призначений для грубого очищення пічного газу від пилу вапна. Продуктивність – 26700 м ³ /годину при швидкості потоку 4,8 м/с; температура газу – до 400 °С; розрідження – 5 кПа.
поз. 25	Електрофільтр	Призначений для тонкого очищення пічного газу від пилу вапна. Температура газу - до 400 °С; кількість осаджувальних електродів – 120 шт; розрідження – 6 кПа; діаметр коронуючого електроду – 1,8 мм; площа активного простору електрофільтру – 6,2 м ²

6.1 Розрахунок та вибір циклону для очистки газу вапняно-випалювальних печей

Для сухої очистки газу вапняно-випалювальних печей від пилу вапна вибирається циклон ЦН-15.

Діаметр циклона визначається за формулою [11]:

$$D = \left(\frac{4Q}{\pi \cdot \omega_{\text{opt}}} \right)^{0,5}, \quad (26)$$

де Q – секундна витрата газу, $\text{м}^3/\text{с}$;

$\omega_{\text{opt}} = 3,5$ – оптимальна швидкість газу в перетині циклону, $\text{м}/\text{с}$.

Згідно матеріального балансу (табл. 4.1) на очистку в циклон надходить газовий потік

$$Q = \frac{51425,9}{3600 \cdot 1,48} = 9,65 \text{ м}^3/\text{г},$$

де $1,48$ – густина газового потоку, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Отже, діаметр циклона дорівнює

$$D = \left(\frac{4 \cdot 9,65}{3,14 \cdot 3,5} \right)^{0,5} = 1,87 \text{ м} = 1870 \text{ мм}.$$

Приймаємо 2 циклони діаметром 1800 мм, що забезпечують продуктивність $26700 \text{ м}^3/\text{годину}$ кожний.

Дійсна швидкість газового потоку в циклоні буде складати

$$\omega = \frac{4 \cdot 9,65}{3,14 \cdot 1,6^2} = 4,8 \text{ м}/\text{с}.$$

Гідравлічний опір циклону визначається за формулою [11]:

$$\Delta P = \frac{\xi \cdot \rho \cdot \omega^2}{2}, \quad (27)$$

де $\xi = 155$ – коефіцієнт гідравлічного опору циклону ЦН-15.

Отже, гідравлічний опір циклону дорівнює

$$\Delta P = \frac{155 \cdot 1,48 \cdot 4,8^2}{2} = 2643 \text{ Па.}$$

7 КОНТРОЛЬ РОБОТИ, НОРМИ ТА ПРАВИЛА ОБСЛУГОВУВАННЯ ОСНОВНОГО АПАРАТУ

7.1 Експлуатація шахтної пересипної вапняно-випалювальної печі

Перед розпалюванням нової печі або печі після капітального ремонту необхідно ретельно висушити футеровку. Сира футерівка при інтенсивному нагріванні розтріскується та швидко руйнується. Піч сушать протягом 10-15 діб при поступовому підвищенні температури відхідних газів від 40 до 500°C. Перед сушінням вивантажувальний механізм покривають шаром крейди для захисту від впливу високих температур. На захисному шарі крейди розкладають багаття, яке підсилюють міру підсихання печі.

Після закінчення сушіння піч охолоджують і оглядають футеровку. Тріщини, що в ній з'явилася, зашпаровують і приступають до розпалювання печі.

Розпал печі здійснюють таким чином. На шар крейди, що покриває уліту, завантажують дрова і вугілля. Потім подають шихту, що містить приблизно 50% палива (надлишок палива необхідний для прогріву шахти печі). Надалі кількість палива в шихті поступово зменшують до нормального.

Дрова підпалюють факелом, від палаючих дров загоряється кокс. Піч при цьому повинна працювати на природній тязі. Примусове дуття починають подавати тільки після згорання палива, завантаженого без карбонатної сировини. Збільшувати дуття слід поступово, щоб запобігти різкому підвищенню температури в печі та прогорання футерівки.

Завантаження шихти під час розпалу зазвичай здійснюють при температурі відхідних газів не нижче 100°C, щоб уникнути конденсації водяної пари на холодній поверхні завантаженої крейди.

Нормальний випал карбонатної сировини і продуктивність печі залежать від дотримання режиму завантаження печі шихтою і вивантаження з неї вапна.

При рівномірному завантаженні встановленої кількості шихти в піч досягається найбільш повне використання тепла відхідних газів, а отже, і найбільш нормальна робота печі. Температура відхідних газів при цьому коливається в межах 100-140°C, а рівень шихти в печі практично не змінюється; в результаті концентрація CO₂ в пічному газі є досить високою. Періодичність завантаження шихти залежить від продуктивності печі; в залежності від завантаження встановлюється режим дуття. Відповідність між режимом дуття і завантаженням шихти контролюється за температурою відхідних газів і низу печі. При підвищенні температури відхідних газів збільшують завантаження шихти і вивантаження вапна або знижують дуття. При зниженні температури відхідних газів і підвищенні температури низу печі зменшують завантаження шихти і вивантаження вапна або збільшують тиск повітря. Зміна тиску, а також зміна режиму завантаження проводиться тільки за вказівкою начальника зміни.

Від правильного завантаження печі (за графіком) залежить рівномірне вивантаження вапна. При нормальній роботі печі відбувається безперервний рух шихти; це перешкоджає утворенню в ній «приваріння». Вивантаження вапна регулюють так, щоб рівень шихти в печі не змінювався. При зниженні рівня шихти в печі вивантаження вапна слід уповільнити, навпаки, при підвищенні рівня шихти вивантаження вапна необхідно прискорити.

Категорично забороняється регулювати вивантаження вапна шляхом періодичного виключення улити. Уповільнення вивантаження вапна повинно проводитися шляхом зменшення швидкості обертання улити. З цією метою на приводах вивантажувальних механізмів встановлюються спеціальні пристрої, що дозволяють плавно змінювати число обертів улити.

При зупинці печі на капітальний ремонт її відключають від газового колектора, газ видаляють в атмосферу і зупиняють вентилятор. Піч працює на природній тязі; вапно відбирають з таким розрахунком, щоб зона горіння не опустилася на улиту. Під час зупинки печі необхідно підтримувати температуру відхідних газів не вище 300°C. При надмірному підвищенні температури можуть бути пошкоджені металеві конструкції завантажувального і вивантажувального механізмів. Якщо температура відхідних газів піднімається понад 300°C, в піч періодично завантажують вагонетку сировини без палива. Після видалення з шахти печі вапна і охолодження кладки до припинення світіння включають вентилятор і прискорюють охолодження. Огляд шахти печі здійснюють тільки зверху вниз [3].

7.2 Контроль виробництва вапна

Для забезпечення нормальної роботи печі та необхідної якості вапна та пічного газу проводиться безперервний і періодичний контроль виробництва.

До елементів безперервного контролю належать такі виміри: температура відхідних газів і в кожусі печі; тиск дуття в кожусі і в верхній частині печі; рівень шихти в печі.

Всі ці показники фіксуються на загальному контрольному щиті.

До елементів періодичного контролю належать такі аналізи: склад пічного газу на вміст вуглекислого газу, кисню, оксиду вуглецю (1 раз в 1-2 години); хімічний склад сировини (1 раз в зміну); хімічний склад вапна (1 раз в зміну).

Крім цього, визначається розмір кусків завантажуваної шихти (1 раз на добу) і перевіряється правильність дозування сировини та палива (1 раз в зміну).

За температурою відхідних газів і повітря в кожусі печі можна судити про рівномірність завантаження шихти та вивантаження вапна.

Підвищення температури відхідних газів при нормальному рівні шихти вказує на недостатній відбір вапна. Якщо температура повітря в кожусі печі підвищується, а температура відхідних газів нижче норми, то це означає, що з печі відбирають занадто багато вапна. Зона горіння при цьому опускається вниз і на улиту потрапляє недостатньо охолоджене вапно, внаслідок чого підвищується температура в кожусі печі. Температура в кожусі печі може також підвищитися при односторонньому ході печі та утворенні «козлів».

Для вимірювання температури відхідних газів застосовують хромель-алюмінієві термопари.

Температура в кожусі печі навіть в аварійних випадках не перевищує 150-200°C, тому для її вимірювання застосовують термометри опору; реєструючий прилад поміщається на контрольному щиті. Використовують також звичайні ртутні термометри.

Тиск в кожусі печі є непрямим показником кількості повітря, що в неї вдувається. Чим вище тиск, тим більше повітря подається в піч і тим вище її продуктивність (тобто кількість вироблюваного вапна в одиницю часу). Отже, тиск в кожусі печі є показником її продуктивності в даний момент. Тиск вимірюється U-подібними манометрами.

Відхилення від норми тиску в верхній частині печі вказує на невідповідність між кількістю газу, що забирається компресорами, і кількістю газу, що виробляється піччю. Якщо компресори забирають газу менше, ніж його виробляє піч, то у верхній частині печі підтримується тиск; якщо забирання газу зростає, то у верхній частині печі виникає розрідження; при цьому внаслідок підсмоктування повітря через нещільності концентрація CO₂ в газі знижується.

Тиск у верхній частині печі вимірюється U-подібними манометром або автоматичним тягонапороміром, що дозволяє передавати показання на великі відстані.

Дуже важливим показником, що характеризує роботу печі, є склад пічного газу. Чим вище концентрація CO_2 в газі, тим менше витрачається палива на випал вапна, тим краще працює піч. Але для повної оцінки роботи печі необхідно знати також концентрацію кисню та оксиду вуглецю в газі. На підставі цих даних можна розрахувати коефіцієнт надлишку повітря і витрата повітря на 1 т вапна. Концентрація CO_2 в пічному газі впливає на продуктивність компресорів. Підвищений вміст кисню не тільки призводить до розбавлення газу, але і викликає підвищену корозію апаратури. Високий вміст оксиду вуглецю вказує на перевитрату палива і на можливе утворення «козлів» в печі.

Заповнення шахти печі контролюється за рівнем шихти автоматичним щупом. Щуп періодично витягують з шихти. Результати вимірювання фіксуються на щиті контрольно-вимірювальних приладів. Нормально заповненою вважається піч, в якій рівень шихти знаходиться на 1,5-2 м нижче розподільного конуса. Вільний об'єм у верхній частині печі необхідний для рівномірного розподілення шихти по її перетину.

Хімічний аналіз сировини та вапна проводять в цеховій лабораторії. За результатами аналізу коригують витрату палива.

Для визначення розмірів кусків шихти сировину з однієї або декількох вагонеток розсіюють на ситах і отримані фракції зважують в спеціальних ящиках.

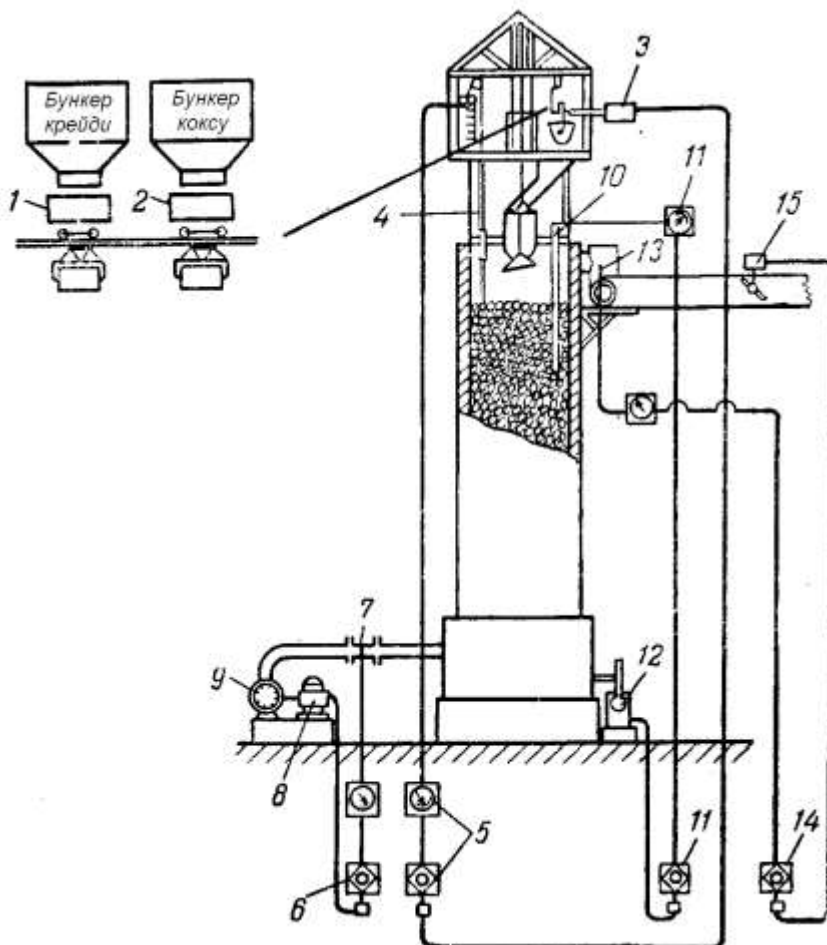
Робота дозаторів сировини і палива контролюється шляхом зважування матеріалу, що дозується ними, на контрольних вагах.

Описана система контролю дає можливість своєчасно виявити порушення технологічного режиму і усунути виявлені ненормальності в роботі [2].

7.3 Автоматизація шахтної пересипної вапняно-випалювальної печі

У схемі комплексної автоматизації вапняної печі, що працює на твердому паливі, передбачено, що при заданій продуктивності печі, яка встановлюється диспетчером зі щита авторегулювання, інші показники автоматично підтримуються відповідно до вимог технологічного режиму. Здійснюється це таким чином.

Крейда в вагонетках зважується на автоматичних вагах (поз. 1) (рис. 7.1). Залежно від ваги сировини до неї автоматично додається кокс, зважений на вагах (поз. 2). Отримана шихта подається до печей.



1– автоматичні ваги для зважування крейди; 2 – автоматичні ваги для зважування коксу; 3 – розвантажувальний пристрій, що перекидає вагонетку; 4 – вимірювальний щуп рівня шихти; 5, 11 – вторинний реєструючий прилад і регулюючий пристрій; 6 – регулюючий пристрій витрати повітря; 7 – вимірювальна труба Вентурі (датчик регулятора); 8, 12 – виконавчий механізм; 9 – направляючий апарат; 10 – датчик температури газів; 13 – датчик тиску на верху печі; 14 – регулюючий пристрій; 15 – виконавчий механізм і дросель

Рисунок 7.1 – Схема автоматизації шахтної пересипної вапняно-випалювальної печі

Завантаження печей здійснюється автоматично за допомогою спеціального регулятора. Зазвичай регулятор складається з датчика, вторинного показувального або реєструючого приладу, регулюючого пристрою, виконавчого механізму і регулюючого органу. Регулюючим органом може служити дросель, клапан або який-небудь інший пристрій (перекидач вагонеток і т. д).

В регуляторі рівня шихти датчиком є вимірювальний щуп (поз. 4). При зниженні рівня шихти вимірювальний щуп опуститься, положення його буде зафіксовано приладом (поз. 5), сполученим з регулюючим пристроєм. Регулюючий пристрій при цьому включить перекидач вагонеток (поз. 3), який буде розвантажувати вагонетки з шихтою до тих пір, поки рівень не досягне заданого. Для того щоб вимірювальний щуп не завалило шихтою, він періодично виводиться з шару шихти.

Основним показником, що характеризує продуктивність печей, є витрата повітря. Повітря, що подається в піч, витрачається на горіння. Тому за витратою повітря судять про кількість тепла, що виділяється в печі, за даний проміжок часу і, отже, про кількість вапна, яке може бути при цьому отримано.

Продуктивність печей змінюється при перенастроюванні регулятора витрати повітря, який складається з вимірювальної труби Вентурі (поз. 7), вторинного приладу і регулюючого пристрою (поз. 6), виконавчого механізму (поз.8) і регулюючого органу – направляючого апарату (поз. 9). Якщо, наприклад, опір шихти знизиться, то в піч почне надходити більше повітря і продуктивність печі збільшиться. Регулятор автоматично зменшить подачу повітря до заданої величини шляхом зміни кута повороту напрямних лопаток в апараті (поз. 9) і приведе продуктивність печі у відповідність з потребою в вапні і газі.

Положення зони випалу регулюється за температурою газів у верхній частині печі шляхом зміни відбору вапна. Оскільки завантаження шихти в піч ведеться періодично, то температура відхідних газів сильно змінюється, знижуючись в момент завантаження і поступово підвищуючися до максимального значення. Щоб уникнути коливань температури, датчик температури газів (поз. 10) занурюють в шихту. Якщо датчик показує підвищену в порівнянні з заданою температуру, це означає, що вивантаження вапна затримується і зона випалу піднімається вгору. При зниженні температури відбувається дуже швидко вивантаження вапна з печі.

Процес регулювання протікає таким чином. При підвищенні температури, що вимірюється датчиком (поз. 10), вторинний реєструючий прилад з регулюючим пристроєм (поз. 11) включить виконавчий механізм (поз. 12), що змінює швидкість обертання улиги. Улига почне обертатися швидше, кількість вивантажуваного вапна збільшиться, шихта почне опускатися, зміщуючи зону випалу вниз до тих пір, поки вона не досягне потрібного положення.

На кожній печі є також регулятор, що підтримує заданий тиск газу на верху печі. Регулятор складається з датчика тиску (поз. 13), регулюючого пристрою (поз. 14) і виконавчого механізму з дросельною заслінкою (поз. 15).

Регулятор працює наступним чином. При підвищенні вакууму в верхній частині печі (коли збільшується продуктивність компресорів) виникає небезпека підсосу повітря в колектор і розбавлення ним пічного газу. В цьому випадку регулюючий пристрій (поз. 14) включить виконавчий механізм (поз. 15), який поверне дросельну заслінку, при цьому зменшиться відбір газу з печі і тиск на верху печі досягне заданої величини; одночасно включається надходження газу в колектор ще з однієї печі. При підвищенні тиску дросель відкриється; якщо при повністю відкритій заслінці тиск не досягне заданої величини, то блокувальний пристрій відкриє вихід газу в атмосферу.

За описаною схемою автоматично регулюються такі параметри: витрата сировини та палива, положення рівня шихти, температура газу в верхній частині печі і повітря в нижній частині печі, положення зони випалу, тиск у верхній і нижній частинах печі, число обертів улити, концентрація CO₂ в пічному газі [3].

8 РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

В табл. 8.1 представлені щорічні норми утворення відходів виробництва молотого вапна на 1 тону готової продукції.

В табл. 8.2 наведені данні про кількість і склад викидів у атмосферу.

Заходи з охорони повітря в виробництві вапна розробляються відповідно до вимог: ГОСТ 17.2.3.02-78 «Охорона природи. Атмосфера»; СН 245-71 «Санітарні норми проектування промислових підприємств»; «Вказівок з розрахунку розсіювання в атмосфері шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств».

Для створення нормальних санітарно-гігієнічних умов праці в виробництві вапна передбачаються:

- аспірація обладнання, що пилить, з максимальною їх герметизацією і наступним очищенням аспіраційного повітря і газів перед викидом в атмосферу;

- блокування технологічного обладнання з системами аспірації та газоочищення;
- припливно-витяжна вентиляція;
- механізоване прибирання приміщень і обладнання від вторинного пилю;
- шумоглушіння.

В табл. 8.3 представлена система аспірації допоміжного обладнання і вузлів пиловидалення.

З урахуванням фізико-хімічних властивостей пилю, що утворюється в виробництві вапна, і можливості його утилізації застосовується сухий спосіб очистки аспіраційного повітря і відхідних газів. Пиловловальна установка складається з циклону ЦН-15 (ступінь очистки 90-95%) та електрофільтру (ступінь очистки 99%) [12].

Таблиця 8. 1 – Щорічні норми утворення відходів виробництва молотого вапна на 1 тону готової продукції

Найменування відходів, апарат або стадія утворення	Напрямок використання, метод очистки або знешкодження	Норми утворення відходів
1. Тверді відходи: відсів крейди при приготуванні шихти (фракція менше 40 мм), клас небезпеки – IV, склад: CaO + MgO – 54% мас. F e ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ – 0,15 мас.	Використовується в якості розкислювача ґрунту, в виробництві асфальтобетону	
2. Газоподібні відходи: Пічний газ, склад: пил неорганічний CO NO ₂ SO ₂	В атмосферу	0,0027 т 0,0365 т 0,00064 т 0,002664 т
3. Рідкі відходи відсутні		

Таблиця 8.2 – Викиди в атмосферу

Апарат, стадія технологічного процесу	Характеристика викиду		ГДК в повітрі населених пунктів, мг/м ³	ГДК шкідливих в повітря робочої зони, клас небезпеки	
	температура, °C	Склад викиду			
		найменування компоненту			значення показника, г/с
Грохот, відсів крейди при	28	Крейда	0,0972	0,05 6,0	

приготуванні шихти		(карбонат кальцію)			IV
Шахтна піч	1000	Пічний газ:			
		NO ₂	0,183	0,085	5 III
		SO ₂	0,7604	0,5	10 III
		CO	10,416	5,0	20 IV
		пил неорганічний	0,7686	0,5	6 IV
Завантажувальна воронка шахтної печі	–	Крейда	0,1008	0,05	6,0 IV
Вивантажувальний механізм шахтної печі	50	Вапно (оксид кальцію)	0,2000	0,05	6 III
Склад коксу	–	Пил коксу	0,0011	0,1	
Склад крейди	–	Крейда (карбонат кальцію)	0,0524	0,05	6,0 IV

Таблиця 8.3 – Система аспірації допоміжного обладнання і вузлів пиловиділення виробництва молотого вапна

Найменування обладнання і вузлів пиловиділення	Об'єм аспіраційного повітря, м ³ /годину	Концентрація пилу, г/м ³	Температура аспіраційного повітря, °С	Примітка
Вузол перевантаження від грохота на стрічковий транспортер	1300	0,3	Температура навколишнього середовища	Матеріал - крейда
Бункер крейди	3900	0,3	Температура навколишнього середовища	Матеріал - крейда
Вузол вивантаження з шахтної печі	2600	6,0	80	Матеріал - вапно
Вузол перевантаження вапна з пластинчастого конвеєру	2000	7,0	50	Матеріал - вапно
Молоткова дробарка	4500	25,0	60	Матеріал - вапно
Силос молотого вапна (завантаження пневмотранспортом)	4000	20,0	50	Матеріал - вапно
Завантаження молотого вапна в автотранспорт	600	20,0	Температура навколишнього середовища	Матеріал - вапно
Завантаження молотого вапна в залізничний транспорт	700	5,0	Температура навколишнього середовища	Матеріал - вапно

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів, що забезпечують безпеку, здоров'я і працездатність людини а процесі праці.

Завдання охорони праці – звести до мінімуму ймовірність ураження або захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

У законодавстві про охорону праці відображені наступні правила та норми: правила організації охорони праці на підприємствах; правила з техніки безпеки та виробничої санітарії; правила, що забезпечують індивідуальний захист працюючих від професійних захворювань; правила та норми спеціальної охорони праці жінок, молоді та осіб зі зниженою працездатністю; правові норми, в яких передбачається відповідальність за порушення законодавства про охорону праці.

Найважливіші положення в області охорони праці закріплені в "Кодексі законів про працю". Забезпечення здорових і безпечних умов праці покладається на адміністрацію підприємства. Адміністрація підприємства зобов'язана впроваджувати сучасні засоби техніки безпеки, що забезпечують санітарно-гігієнічні умови та запобігають виникненню професійних захворювань робітників. Виробничі будівлі та споруди повинні відповідати вимогам що забезпечує безпечні умови праці. Ці вимоги включають: раціональне використання територій; правильне використання обладнання; захист робочих від впливу шкідливих виробничих факторів; утримання промислових приміщень відповідно до санітарно-гігієнічних вимог. У законодавстві про

охорону праці особлива увага приділяється дотриманню охорони праці при проектуванні та розробці нових машин і устаткування.

Чинне трудове законодавство встановлює, що відповідальність за організацію праці на підприємстві несуть директор та головний інженер. По підрозділах така відповідальність покладається на керівників цехів, дільниць, служб. Безпосереднє керівництво охороною праці здійснює головний інженер.

З метою охорони праці Кодекс законів про працю покладає на адміністрацію підприємства наступні функції:

- проведення інструктажу з охорони праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки;
- організація роботи з професійного відбору службовців;
- здійснення контролю за дотриманням працівниками підприємства всіх вимог і інструкцій з охорони праці [13].

9.1 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо- та вибухонебезпечність речовин, що застосовуються та виділяються в проєктованому виробництві

Основні фізико-хімічні властивості та характеристика токсичності хімічних речовин, які використовуються та одержують в процесі виробництва вапна, представлені в табл. 9.1, 9.3 [14].

В табл. 9.2 наведені характеристики пожежебезпеки використуваних та одержуваних речовин [15].

Таблиця 9.1 – Основні фізико-хімічні властивості речовин

Назва речовини	Емпі-	Структурна	Агре-	Темпе-	Темпе-
----------------	-------	------------	-------	--------	--------

Раціональна номенклатура	Систематична номенклатура	рична формула	формула	гатний стан	ратура плавлення, °C	ратура кипіння, °C
1	2	3	4	5	6	7
Кальцій карбонат	Карбонат кальцію	CaCO ₃	$ \begin{array}{c} O \\ \\ O-C-O \\ \backslash \ / \\ Ca \end{array} $	Тверда речовина	825 (кальцит) 1339 (арAGONІТ)	-

Продовження табл. 9.1

1	2	3	4	5	6	7
Кальцій оксид	Оксид кальцію	CaO	Ca=O	Тверда речовина	2570	2850
Карбон (IV) оксид	Оксид вуглецю (IV)	CO ₂	O=C=O	Газ	-	-
Кокс	Кокс	C	-	Тверда речовина	-	-

Таблиця 9.2 – Показники вибухо- і пожеженебезпечності

Речовина	Температура спалаху °C	Температура самозапалення °C	Межі розповсюдження полум'я концентраційні				Межі спалахування температурні, °C	
			г/м ³		% об.		нижня	верхня
			нижня	верхня	нижня	верхня		
Кокс	700	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця 9.3 – Характеристики застосовуваних і одержаних речовин

Речовина	Клас шкідливості	Характер дії на організм людини	Граничнодопустима концентрація				Засоби індивідуального захисту
			у повітрі, мг/м ³			у воді, мг/л	
			робочої зони	населеного пункту			
				С _{мр} *	С _{сд} **		
1	2	3	4	5	6	7	8
Карбонат кальцію	4	При потраплянні в очі: викликає подразнення. При вдиханні: кашель.	6	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи

Продовження табл. 9.3

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Оксид кальцію	2	<p>При потраплянні в очі: сильна сльозотеча, набряк повік, почервоніння кон'юнктиви, подразнення радужної оболонки ока.</p> <p>При вдиханні: кашель, нежить, біль у горлі; порушення ритму дихання.</p> <p>При потраплянні на шкіру: почервоніння, набряк; на мокру шкіру – можливі опіки</p>	1	–	–	–	<p>Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К.</p> <p>Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи</p>
Оксид вуглецю (IV)	4	<p>Не токсичний. Небезпечний лише в дуже великих кількостях (чинить задущливу дію)</p>	9000	–	–	–	<p>Бавовняний костюм або комбінезон, берет, шкіряні чоботи</p>
Кокс	4	<p>При потраплянні в очі: викликає подразнення.</p> <p>При вдиханні: кашель</p>	10	–	–	–	<p>Респіратор «Пелюстка-200».</p> <p>Бавовняний костюм, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи</p>

9.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

на проєктованому виробництві

Реальні виробничі умови характеризуються небезпечними та шкідливими факторами. Небезпечні виробничі фактори – фактори, вплив яких на працюючого в певних умовах призводять до травми або професійних захворювань. Шкідливим виробничим фактором називається такий, вплив якого на працюючого в певних умовах призводить до захворювання або зниження працездатності.

В процесі виробництва вапна на виробничий персонал чинять вплив наступні шкідливі та небезпечні фактори:

- 1) підвищена запиленість повітря робочої зони;
- 2) підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- 3) застосування електричного струму;
- 4) незадовільний мікроклімат (температура, вологість, вентиляція повітря) в приміщенні;
- 5) недостатня освітленість робочої зони;
- 6) хімічні речовини, що проникають в організм через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкірні покриви та слизові оболонки;
- 7) рухомі апарати та елементи машин.

Рівні небезпечних і шкідливих виробничих факторів не повинні перевищувати граничнодопустимих значень, встановлених у санітарних нормах, правилах і нормативно-технічній документації.

З метою запобігання або зменшення впливу на виробничий персонал шкідливих і небезпечних виробничих чинників передбачаються засоби колективного та індивідуального захисту.

Засоби колективного захисту направлені на:

- 1) нормалізацію повітряного середовища виробничих приміщень і робочих місць (вентиляція, кондиціонування, опалення, автоматичний контроль і сигналізація);

- 2) нормалізацію освітлення виробничих приміщень і робочих місць (джерела світла, освітлювальні прилади);
- 3) захист від ураження електричним струмом (різні види огороження, захисне заземлення, автоматичне відключення, дистанційне керування);
- 4) захист від дії механічних факторів (огороження, автоматичний контроль і сигналізація, знаки безпеки);
- 5) захист від високих температур навколишнього середовища (огороження, автоматичний контроль і сигналізація, термоізоляція, дистанційне керування);
- б) захист від хімічних факторів (огороження, герметизація, вентиляція та очищення повітря, дистанційне керування, знаки безпеки).

В якості засобів індивідуального захисту, залежно від призначення, використовуються: засоби захисту органів дихання (протигази, респіратори); спеціальний одяг (комбінезони, куртки, штани, костюми, фартухи); спеціальне взуття (чоботи, черевики); засоби захисту рук (рукавиці, рукавички); засоби захисту очей (захисні окуляри); засоби захисту обличчя (захисні маски) [16].

9.3 Заходи щодо запобігання шкідливим і небезпечним виробничим факторам

9.3.1 Розрахунок вентиляції хімічної лабораторії

Вихідні данні:

Розміри приміщення:

довжина, м	5
ширина, м	4
висота, м	3,5

Кількість працівників	2
Кратність повітрообміну	7

В лабораторії передбачається припливно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням.

Кількість повітря, що подається в приміщення лабораторії, визначається за формулою [17]:

$$W = K \cdot V, \quad (28)$$

де K – кратність повітрообміну, година⁻¹;

V – об'єм робочого приміщення, м³.

$$W = 7 \cdot 70 = 490 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

Для видалення шкідливих виділень хімічні лабораторії обладнуються витяжними шафами. Кількість витяжних шаф (робочих місць) встановлюється залежно від штатного розкладу робітників лабораторії (з розрахунку на одного працівника одна шафа).

Кількість повітря, що видаляється від кожної витяжної шафи визначається за формулою [17]:

$$W_{\text{ш}} = F_{\text{ш}} \cdot v_{\text{ш}} \cdot 3600, \quad (29)$$

де $F_{\text{ш}} = 0,6$ – площа робочого отвору витяжної шафи, м²;

$v_{\text{ш}} = 0,5$ – швидкість руху повітря, що видаляється через отвір витяжної шафи, м/с.

$$W_{\text{ш}} = 0,6 \cdot 0,5 \cdot 3600 = 1080 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

Продуктивність вентилятора для витяжної шафи визначається за формулою [17]:

$$L = W_{\text{ш}} \cdot k, \quad (30)$$

де $k = 1,15$ – коефіцієнт підсмоктування повітря через нещільності витяжної шафи.

$$L = 1080 \cdot 1,15 = 1242 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

За розрахованими об'ємами повітря вибирається тип стандартного промислового вентилятору.

Вибирається вентилятор типа В-Ц4-70, що має наступні технічні характеристики:

Продуктивність	1300 м ³ /годину
Номер вентилятора	3,15
Напір	25 мм. вод. ст.
Частота обертання	1400 об/хв.
Тип електродвигуна	В63А4
Потужність	0,25 кВт

Кількість необхідних вентиляторів: 1 шт.

9.3.2 Розрахунок опалення хімічної лабораторії

Опалювання приміщення лабораторії здійснюється від пункту тепlopостачання. В якості опалювальних пристроїв використовуються радіатори.

Розрахункова витрата тепла на опалювання приміщення лабораторії визначається за формулою [17]:

$$Q = q \cdot F \cdot (1 + K), \quad (31)$$

де $q = 152$ – укрупнений показник максимальної витрати теплоти на опалювання 1 м^2 площі приміщення, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

$F = 20$ – площа приміщення, м^2 ;

$K = 0,34$ – коефіцієнт, який враховує витрату теплоти на опалювання.

Отже витрата теплоти на опалювання:

$$Q_0 = 152 \cdot 20 \cdot (1 + 0,34) = 4074 \text{ Вт}.$$

Площа поверхні опалювальних приладів визначається за формулою [28]:

$$H = \frac{Q}{506}, \quad (32)$$

$$H = \frac{4074}{506} = 8,05 \text{ м}^2 \quad \text{або} \quad 8,05 \cdot 0,82 = 6,6 \text{ м}^2.$$

Екв – еквівалентний квадратний метр – площа поверхні нагріву приладу, що віддає 506 Вт теплоти при різниці середньої температури теплоносія і

температури повітря в приміщенні, що дорівнює $64,5^{\circ}\text{C}$.
 $0,82 \text{ м}^2$.

$1 \text{ Екм} =$

Вибирається радіатор типа М-140 А, у якого площа поверхні нагріву однієї секції $0,254 \text{ м}^2$, об'єм 5 м^3 , кількість секцій – 26 шт.

9.3.3 Розрахунок освітлення хімічної лабораторії

Приміщення лабораторії за зоровими умовами робіт відноситься до III (точні роботи) розряду в підрозряді.

9.3.3.1 Розрахунок природного освітлення

Розрахунок природного освітлення зводиться до визначення кількості віконних отворів.

Сумарна площа віконних отворів приблизно розраховується, як добуток площі приміщення на світловий коефіцієнт приміщення та визначається за формулою [17]:

$$S_{\text{вік}} = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{6} \right) \cdot S_{\text{п}}, \quad (33)$$

де $S_{\text{вік}}$ – загальна площа віконних отворів, м^2 ;

$S_{\text{п}}$ – площа виробничого приміщення, м^2 ;

$1/6 \div 1/5$ – світловий коефіцієнт для приміщень хімічних виробництв.

$$S_{\text{вік}} = \frac{20}{6} = 3,3 \text{ м}^2.$$

Приймається бічне одnobічне освітлення через два віконні отвори розміром 1,35 × 1,5 м.

9.3.3.2 Розрахунок загального штучного освітлення

Для освітлення приміщення лабораторії вибирається світильник типу Лц_о «Люцеттар» – світильник розсіяного світла.

Кількість рядів світильників у приміщенні лабораторії визначається за формулою [17]:

$$N_{\delta} = \frac{\hat{A}}{(\hat{I} - h_{\delta}) \cdot [L/h]}, \quad (34)$$

- де $B = 4$ – ширина приміщення, м;
 $H = 3,5$ – висота приміщення, м;
 $h_p = 0,8$ – висота робочої поверхні, м;
 $[L/h] = 1,5$ – числове значення коефіцієнта світильника.

$$N_{\delta} = \frac{4}{(3,5 - 0,8) \cdot 1,5} \approx 1 \text{ ряд}.$$

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею визначається за формулою [17]:

$$h = \frac{\hat{A}}{[L/h]}, \quad (35)$$

$$h = \frac{4}{1,5} = 2,6 \text{ м}$$

Висота звисання світильників від стелі визначається за формулою [17]:

$$h_3 = H - h_p - h \quad (36)$$

$$h_3 = 3,5 - 0,8 - 2,6 = 0,1 \text{ м.}$$

Для розрахунку штучного освітлення використовується метод світлового потоку, при цьому кількість світильників, необхідна для освітлення приміщення, розраховується за формулою [17]:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot K}{F \cdot U \cdot Z}, \quad (37)$$

- де $E = 100$ – мінімально допустима освітленість робочих поверхонь, лк;
 $S = 20,0$ – освітлювана площа, м²;
 $F = 1710$ – світловий потік однієї лампи накаливання потужністю 150 Вт, лм;
 $K = 1,3$ – коефіцієнт запасу для лампи накаливання в приміщеннях з малим виділенням забруднень;
 $Z = 1,03$ – поправочний коефіцієнт, що залежить від конструкції світильника, тип світильника – Лц;
 $U = 0,25$ – коефіцієнт використання освітлювальної установки, який залежить від конструкції світильника, коефіцієнта відбиття стелі і стін, а також показника приміщення $i = 4$.

Кількість світильників складає:

$$n = \frac{100 \cdot 20 \cdot 1,3}{1710 \cdot 0,25 \cdot 1,03} \approx 6 \text{ шт.}$$

Схема розташування світильників зображена на рис. 9.1.

Загальна потужність електроосвітлювальної установки визначається за формулою [17]:

$$N = \frac{n \cdot W + (0,1 \div 0,2) \cdot n \cdot W}{1000}, \quad (38)$$

де $n = 6$ – розрахункова кількість ламп, шт;

$W = 150$ – потужність однієї лампи, Вт.

$$N = \frac{6 \cdot 150 + 0,2 \cdot 6 \cdot 150}{1000} = 1,08 \text{ кВт.}$$

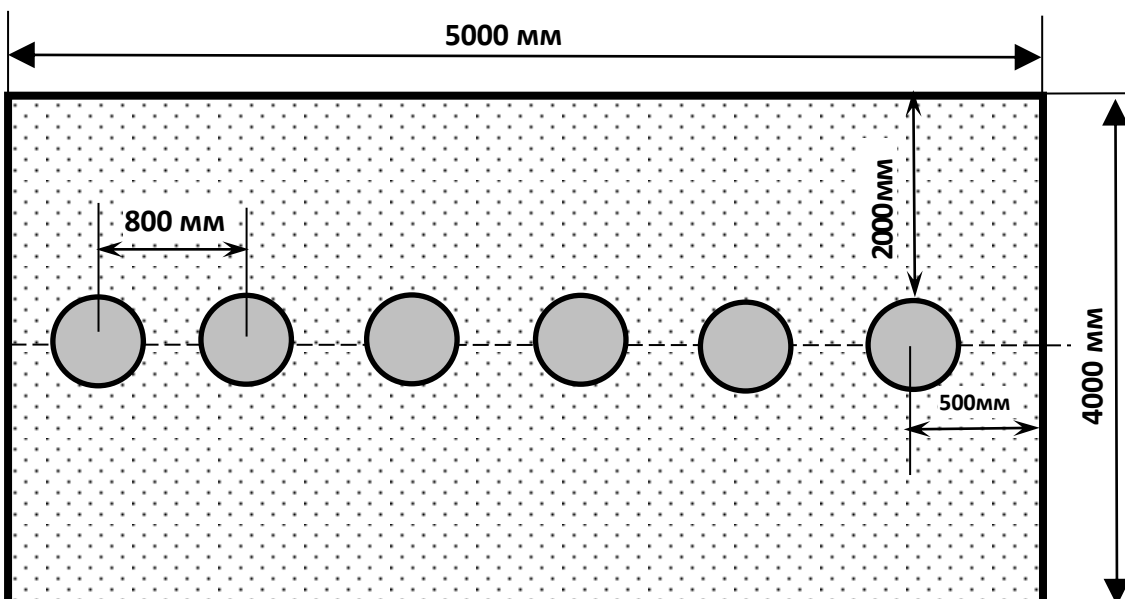


Рисунок 9.1 – Схема розміщення світильників

9.3.4. Розрахунок заземлення хімічної лабораторії

Розрахунок заземлюючого контуру здійснюється, виходячи з умови, що загальний опір заземлюючого контуру $R_{ззп}$ повинен бути меншим за 4 Ом.

Загальний опір захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [17]:

$$R_{\zeta\zeta i} = \frac{R_{\zeta} \cdot R_{\tilde{m}}}{R_{\tilde{m}} \cdot n \cdot \eta_{\zeta} + R_{\zeta} \cdot \eta_{\tilde{m}}}, \quad (39)$$

- де R_{ζ} – опір заземлювача, в якості якого використовується металевий стрижень, Ом;
- $R_{см}$ – опір металевої смуги, що з'єднує заземлювачі, Ом;
- n – кількість заземлювачів;
- $\eta_{\zeta} = 0,4$ – коефіцієнт екранування заземлювача;

$\eta_{\text{см}} = 0,6$ – коефіцієнт екранування з'єднуючої смуги

Опір заземлювача визначається за формулою [17]:

$$R_{\text{з}} = \frac{\rho}{2\pi \cdot \ell} \left(\ln \frac{2 \cdot \ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + \ell}{4 \cdot t - \ell} \right), \quad (40)$$

де $\rho = 700$ – питомий електричний опір піску, Ом·м;

$\ell = 7$ – довжина заземлювача, м;

$d = 0,01$ – діаметр заземлювача, м;

$t = 3,3$ – відстань від середини розташованого в ґрунті заземлювача до рівня землі, м.

Опір смуги, що з'єднує заземлювачі, визначається за формулою [17]:

$$R_{\text{нї}} = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t'}, \quad (41)$$

де $L = 18$ – довжина смуги, що з'єднує заземлювачі, м;

$b = 0,03$ – ширина смуги, м;

$t' = 0,5$ – відстань від верхнього кінця заземлювача до поверхні землі, м.

Кількість заземлювачів захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [17]:

$$n = \frac{\Psi \cdot R_{\zeta}}{4 \cdot \eta_{\zeta}}, \quad (42)$$

- де $\Psi = 2$ – коефіцієнт сезонності, який залежить від кліматичної зони території;
- R_{ζ} – опір заземлювача, Ом;
- 4 – припустимий загальний опір, Ом;
- $\eta_{\zeta} = 0,4$ – коефіцієнт екранування заземлювача.

$$R_{\zeta} = \frac{700}{2 \cdot 3,14 \cdot 7} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 7}{0,01} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 7}{4 \cdot 3,3 - 7} \right) = 124,2 \text{ } \hat{\Omega};$$

$$n = \frac{2 \cdot 124,2}{4 \cdot 0,4} = 155 \text{ } \emptyset;$$

$$R_{\hat{\Omega}} = \frac{700}{2 \cdot 3,14 \cdot 18} \cdot \ln \frac{2 \cdot 18^2}{0,03 \cdot 0,5} = 66,3 \text{ Ом};$$

$$R_{\zeta \hat{\Omega}} = \frac{124,2 \cdot 66,3}{66,3 \cdot 155 \cdot 0,4 + 124,2 \cdot 0,6} = 1,96 \text{ Ом}.$$

Оскільки $R_{\text{зп}} = 1,96 \leq 4 \text{ Ом}$, то можна зробити висновок, що захисний заземлюючий пристрій зможе забезпечити електробезпеку лабораторії.

9.4 Заходи пожежної безпеки

З метою забезпечення пожежної безпеки в 1993 р. прийнято Закон України “Про пожежну безпеку”, а в 1995 р. “Правила пожежної безпеки в Україні”. Положення цих документів є обов'язковими для виконання усіма центральними і місцевими органами державної виконавчої влади, підприємствами, установами, організаціями (незалежно від виду їх діяльності та форм власності), посадовими особами та громадянами.

Будівля вважається правильно спроектованою, якщо поряд з рішенням функціональних, санітарних і технічних вимог забезпечуються умови пожежної безпеки. Зонування території полягає в групуванні в окремий комплекс об'єктів, споріднених за функціональним призначенням і пожежною небезпекою. При цьому приміщення з підвищеною пожежонебезпекою повинні бути розташовані з підвітряного боку. Для попередження розповсюдження пожежі з однієї будівлі на іншу між ними влаштовують протипожежні розриви. При визначенні розташування пожежного розриву враховується ступінь вогнестійкості будівлі. Для запобігання поширенню вогню використовують протипожежні перешкоди. До них відносять: стіни, перегородки, двері, ворота, люки, перекриття. Протипожежні стіни повинні бути виконані з негорючих матеріалів з межею вогнестійкості не менше годин. А вікна і двері з межею вогнестійкості – не менше 1 години. Перекриття не повинні мати отворів, через які можуть проникати продукти горіння.

Можливість швидкої ліквідації пожежі залежить від своєчасного оповіщення про пожежу. Поширеним засобом оповіщення є телефонний зв'язок. Також швидким і надійним видом пожежної зв'язку є електрична система, яка складається з 4 частин: приладу-сповіщувача (датчиків), що встановлюється на об'єкті та приводиться в дію автоматично; приймальної

станції, що приймає сигнали від одержувача; системи проводів, що з'єднує датчики з приймальні станцією; акумуляторних батарей.

Будівлі, споруди, приміщення, технологічні установки повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння, вогнегасниками, ящиками з піском, бочками з водою, покривалами з теплоізоляційного негорючого полотна, грубововняної тканини повсті, пожежними відрами, совковими лопатами, пожежним інструментом (гаками, ломами, сокирами тощо), які використовуються для локалізації і ліквідації пожеж у їх початковій стадії розвитку.

Для розміщення первинних засобів пожежогасіння повинні встановлюватись спеціальні пожежні щити (стенди). На пожежних щитах необхідно вказувати їх порядкові номери та номер телефону для виклику пожежної охорони.

Адміністрація підприємства забезпечує проведення первинних (при наймі на роботу) та щорічних навчань щодо пожежної безпеки та здійснює перевірки відповідності стану приміщень вимогам цієї інструкції.

При виникненні пожежі дії адміністрації в першу чергу спрямовуються на забезпечення безпеки та евакуації людей. При виникненні пожежі необхідно:

- застосувати систему оповіщення;
- негайно повідомити адміністрацію підприємства;
- негайно повідомити пожежну охорону по телефону (101), вказавши точну адресу і місце пожежі, що горить, наявність в будівлі людей і своє прізвище;
- до прибуття пожежної команди вжити заходів по евакуації людей і приступити до гасіння пожежі наявними засобами;
- організувати евакуацію майна і матеріальних цінностей.

При виникненні пожежі або загоранні керівники структурних підрозділів у приміщеннях, зайнятих цим структурним підрозділом, зобов'язані:

- перевірити чи викликана пожежна допомога;
- очолити керівництво гасінням пожежі до прибуття пожежних підрозділів;
- під час пожежі необхідно утриматись від відчинення вікон і дверей, а також розбивати застелення;
- евакуюючись з приміщення або будівлі, потрібно зачинити за собою двері, так як притік свіжого повітря сприяє швидкому поширенню вогню.

Після прибуття підрозділів пожежної охорони уповноважені особи, які керували гасінням пожежі, зобов'язані повідомити старшому начальнику пожежної охорони всі необхідні дані про наявність в будівлі людей, про джерело пожежі, про заходи, вжиті по ліквідації пожежі [18].

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті розроблена стадія випалу карбонатної сировини в виробництві вапна потужністю 175 тис. т/рік.

Широке коло споживачів вапна підтверджує необхідність проектування нових підприємств. Огляд існуючих способів виробництва вапна, а саме вапняно-випалювальних печей, їх переваг і недоліків показав, що найбільш економічно доцільним є проведення процесу випалу карбонатної сировини в шахтних печах. В якості палива був обраний металургійний кокс.

В пояснювальній записці представлений опис технологічної схеми виробництва молотого вапна, стисла характеристика використовуваного обладнання, схема автоматизації стадії випалу крейди. Система автоматичного контролю роботи вапняно-випалювальної печі забезпечує проведення процесу випалу крейди відповідно до норм технологічного режиму, що дає можливість одержувати готовий продукт високої якості.

На підставі виконаних матеріальних розрахунків був здійснений вибір вапняно-випалювальної печі. Пояснювальна записка містить конструктивний та гідравлічний розрахунки вибраної печі.

Проектоване виробництво вапна має тверді відходи та газоподібні викиди. З метою охорони навколишнього середовища тверді відходи (відсів крейди) використовуються в народному господарстві, а відхідні пічні гази проходять пилоочистку в циклоні та електрофільтрі.

Організація охорони праці та техніки безпеки на проектованому виробництві дозволяє забезпечувати безпеку, збереження здоров'я та працездатність робітників в процесі праці.