

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 простого суперфосфату потужністю
360 тис. т/рік з розробкою стадії розкладання апатитового
концентрату**

Виконав: здобувач вищої освіти групи

ХТ-17з

Мехдієва А. А.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Керівник **Зубцов Є. І.**

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Завідувач кафедру **Суворін О. В.**

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент **Римар Т. Е.**

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Севєродонецьк – 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

Мехдієвій Анастасії Ігорівні

1. Тема проекту:

Виробництво простого суперфосфату потужністю 360 тис. т/рік з розробкою стадії розкладання апатитового концентрату

Керівник проекту _____ Зубцов Євген Іванович, к.т.н., доцент _____
(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 суперфосфатної камери (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	Зубцов Є.І., доцент кафедри ХІЕ		
з нормоконтролю	Зубцов Є. І., 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 суперфосфатної камери	29.05.2021	
14	Таблиця матеріального балансу	29.05.2021	

Здобувач вищої освіти

_____ А. І. Мехдієва

Керівник проекту

_____ Є. І. Зубцов

ВСТУП

Фосфор – важливий елемент живлення рослин. Фосфор, що надходить у рослини, включається до складу різних органічних сполук: входить у нуклеїнові кислоти і нуклеопротеїди, які беруть участь у побудові цитоплазми і ядра кліток; міститься у фітіні – запасній речовині насіння, що використовується як джерело фосфору під час проростання. У рослинній клітці фосфор відіграє важливу роль в енергетичному обміні, бере участь у різноманітних процесах обміну речовин, ділення і розмноження. Особливо велика роль цього елемента у вуглеводному обміні: він обумовлює позитивний вплив фосфатних добрив на накопичення цукру в цукровому буряку, крохмалю в бульбах картоплі і т.д. Фосфор відіграє також важливу роль в обміні азотистих речовин у рослині. Відновлення нітратів до амоніаку, утворення амінокислот, їх дезамінування відбуваються за участю фосфору. Цим визначається тісний зв'язок між азотним і фосфатним живленням рослин. При нестачі фосфору порушується синтез білка і зменшується його вміст в рослині.

Рослини найбільш чутливі до нестачі фосфору в самому ранньому віці, коли їх слаборозвинена коренева система має низьку засвоювальну здатність. Негативні наслідки від нестачі фосфору в цей період не можуть бути

виправлені наступним (навіть рясними) фосфорним живленням. Тому забезпечення рослин фосфором з початку вегетації має винятково важливе значення для росту, розвитку рослин і формування врожаю [1].

Суперфосфат є самим розповсюдженим і універсальним фосфатним добривом, що ефективно використовується під будь-які культури і на всіх видах ґрунтів. Суперфосфат одержують розкладанням апатитового концентрату сульфатною кислотою. Більша частина фосфору у суперфосфаті знаходиться у вигляді водорозчинного $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ і вільної фосфатної

кислоти. Крім того, в суперфосфаті присутні цитратнорозчинні сполуки фосфору, фосфати заліза і алюмінію та дикальційфосфат, а також нерозкладений залишок вихідного фосфату. Звичайний порошкоподібний суперфосфат злежується, погано висівається сівалками. Дрібні часточки негранульованого суперфосфату при внесенні в ґрунт реагують з ґрунтовими оксидами залізу та алюмінію, внаслідок чого частина водорозчинного P_2O_5 не використовується рослинами.

Цю негативну властивість суперфосфату усунуто переробкою його в гранульований суперфосфат – продукт, що складається з невеликих сухих гранул розміром приблизно 1-4 мм. Гранульований суперфосфат має ряд переваг перед порошкоподібним. Його можна вносити в ґрунт рядковими сівалками і висівати разом з зерном. Вміст P_2O_5 в гранульованому суперфосфаті приблизно на 10 % більший, ніж у порошкоподібному [2].

Таким чином, гранулювання приводить до збільшення ефективності дії суперфосфату, і на сьогоднішній день промисловість переходить на випуск все більшої кількості гранульованого продукту.

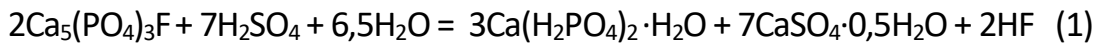
Завданням дипломного проекту є проектування виробництва гранульованого простого суперфосфату потужністю 360 тис. т/рік з розробкою стадії розкладання апатитового концентрату.

1 СТИСЛИЙ АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД З ОБҐРУНТУВАННЯМ МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА

1.1 Вибір та обґрунтування методу виробництва

Сутність виробництва суперфосфату полягає в тому, що нерозчинна в воді нейтральна кальцієва сіль ортофосфатної кислоти $Ca_3(PO_4)_2$, що міститься в

природних фосфатах у вигляді мінералу $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$, перетворюється в розчинні кислі солі, переважно $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ і частково у вільну фосфатну кислоту та дикальційфосфат CaHPO_4 . Сумарна реакція розкладання фторапатиту сульфатною кислотою наступна



Технологічний процес виробництва гранульованого простого суперфосфату складається з наступних основних операцій:

1. змішування фосфату з сульфатною кислотою;
2. затвердіння (схоплювання) суперфосфатної пульпи в суперфосфатній камері;
3. вивантаження затверділого суперфосфату із камери;
4. складське зберігання (дозрівання) суперфосфату з його дообробкою;
5. нейтралізація і гранулювання;
6. сушка готового продукту.

Способи виробництва гранульованого простого суперфосфату можна розділити на періодичні, напівбезперервні і безперервні.

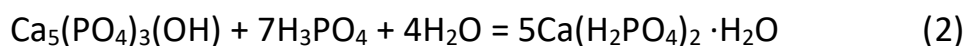
За періодичним способом виробництва змішування фосфатної сировини з сульфатною кислотою і подальше розкладання фосфату здійснюється в періодично діючих апаратах (змішувачі, камери-вагони Бескова). На

сьогоднішній день цей спосіб виробництва майже не використовується в промисловості.

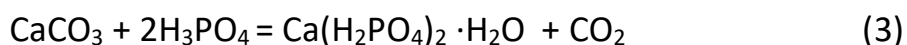
За напівбезперервним способом виробництва застосовується безперервне змішування фосфату з сульфатною кислотою при періодичному визріванні суперфосфату в вагонах Бескова.

Повністю безперервний спосіб виробництва з одержанням гранульованого суперфосфату в апаратах безперервної дії витісняє періодичні і напівбезперервні установки [3].

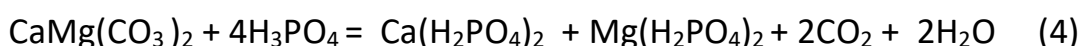
Процес гранулювання суперфосфату поєднується з нейтралізацією вільної кислотності суперфосфату. Для цього його оброблюють нейтралізуючими твердими добавками. В якості добавок використовують крейду або вапняк, доломіт, фосфоритну муку, амоніак. Найбільш доцільні фосфатовмісні добавки, які трохи збагачують продукт:



При нейтралізації вільної фосфатної кислоти добавками, що містять кальцій, утворюється $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ і покращуються фізичні властивості суперфосфату:



Добавки, що містять магній, менше покращують фізичні властивості суперфосфату із-за гігроскопічності утвореного $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$:



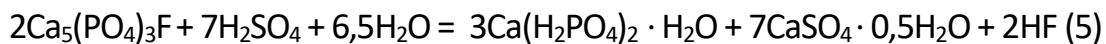
В деяких випадках застосовують для нейтралізації відходи виробництва феросплавів, що містять 43-46% мас. СаО, 13,6-14% мас. Мп та ін. Також запропоновано використовувати для нейтралізації суперфосфату фільтрову рідину содових заводів, яка містить амоній і натрій карбонати й бікарбонати [4].

Прийнятий в дипломному проекті спосіб одержання гранульованого простого суперфосфату полягає в наступному. Порошкоподібний суперфосфат у суміші з частиною дріб'язку, відсіяного від висушеного гранульованого суперфосфату, зволожують до певного вмісту вологи (близько 15-18% мас.) і обкочують у гранули. Цю операцію проводять в обертових барабанах. Обкочений у гранули вологий суперфосфат сушать до вмісту 3-4% мас. вологи, при одночасному обкочуванні в сушильному барабані. Із сушильного барабана виходять сухі тверді гранули суперфосфату різного розміру.

Для одержання готового продукту у вигляді гранул певного розміру висушений гранульований суперфосфат пропускають через два сита з отворами, підібраними відповідно до бажаних граничних розмірів гранул, 4 мм і 1 мм. Великі гранули, що не пройшли через верхнє сито, направляються в дробарку і потім знову на сита. Тонка фракція, що пройшла через друге сито, направляється в гранулятор. Середня фракція представляє собою готовий продукт [2].

1.2 Фізико-хімічні основи процесу одержання простого гранульованого суперфосфату

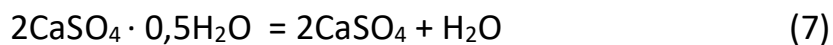
Процес розкладання фторапатиту сульфатною кислотою представлений наступним сумарним рівнянням:



Практично в процесі виробництва суперфосфату процес розкладання протікає в дві стадії. На першій стадії близько 70% апатиту реагує з сульфатною кислотою. При цьому утворюється фосфатна кислота і напівгідрат кальцій сульфату:



Оскільки розчинність кальцій сульфату в фосфатній кислоті невелика, він відразу починає кристалізуватися. При цьому мікрокристали кальцій сульфату утворюють структурну сітку, що утримує велику кількість рідкої фази, і суперфосфатна маса затвердіє (схоплюється). Цьому сприяє також перекристалізація кальцій сульфату з напівгідрату в ангідрит:



Перша стадія процесу розкладання починається відразу після змішування реагентів і закінчується протягом 20-40 хв. в суперфосфатних камерах.

Після повної витрати сульфатної кислоти починається друга стадія розкладання, в якій апатит, що залишився (30%), розкладається фосфатною кислотою:



Утворений монокальційфосфат на відміну від кальцій сульфату не відразу випадає в осад. Він поступово насичує розчин фосфатної кислоти і починає викристалізовуватися у вигляді $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, коли розчин стає насиченим. Реакція (7) протікає значно повільніше, ніж реакція (6). Вона починається в суперфосфатних камерах і триває ще протягом 5-20 діб збереження суперфосфату на складі.

Швидкість розкладання фосфату в основному залежить від норми і концентрації сульфатної кислоти, температури процесу, ступеня подрібнення фосфату.

Стехіометрична норма сульфатної кислоти складає 63,47 кг 100%-вої H_2SO_4 на 100 кг сировини. Щоб прискорити процес розкладання, практичну норму витрати сульфатної кислоти підвищують до 68-72 кг

У практичних умовах застосовують кислоту з концентрацією 68,5-69,5% мас. H_2SO_4 . Застосування сульфатної кислоти нижчої концентрації неприпустимо, оскільки з кислотою вводиться дуже багато води. В результаті може утворитися вологий суперфосфат або, взагалі, пульпа, що не затвердіє.

Швидкість розкладання фосфатів збільшується зі зростанням температури. Підвищення температури сприяє також інтенсивнішому виділенню фторвмісних газів і більшому випаровуванню води, тобто зниженню вологості суперфосфату. Однак при дуже високій температурі погіршуються фізичні властивості суперфосфату. В оптимальних умовах температура в суперфосфатній камері знаходиться в межах 115-120°C. Необхідний температурний режим підтримується за рахунок підігрівання вихідної сульфатної кислоти до 55-65°C.

Ступінь подрібнення фосфату значно впливає на швидкість розкладання. Дрібні частки сировини розкладаються швидше, ніж великі. Проте з підвищенням ступеня помелу фосфату збільшується витрата енергії на подрібнення.

Дуже впливає на швидкість розкладання фосфату в початковий період інтенсивність і тривалість перемішування реагентів в змішувачі. Інтенсивне перемішування забезпечує однорідність пульпи, знижує ступінь пересичення розчину в пограничному шарі, що сприяє утворенню більших кристалів кальцій сульфату і, отже, проникних плівок на зернах фосфату. Це, у свою чергу, прискорює розкладання. Щоб уникнути затвердіння реакційної пульпи в змішувачах, тривалість перемішування має бути не більше 5-7 хв. [1].

У процесі гранулювання порошкоподібного суперфосфату його змішують з ретуром і вапняком у певному співвідношенні, при якому готовий продукт відповідав би стандарту. При неправильному дозуванні процес гранулювання порушується. Процес намагаються вести таким чином, щоб звести до мінімуму добавку ретура і забезпечити максимальний вихід товарної фракції. Вміст ретура в шихті, що надходить на гранулювання, складає всього приблизно 15-30% мас.

При перемішуванні порошкоподібного суперфосфату, у результаті механічного впливу, рідка фаза із часток суперфосфату виступає назовні – відбувається примусовий синерезис гелю. При цьому дрібні кусочки суперфосфату склеюються на поверхні рідкою фазою, що виступила, внаслідок чого утворюються більші гранули. Так, поступово, відбувається обкочування або гранулювання суперфосфату доти, поки ці грудочки не придбають форму кульки. У ході процесу з пор грудочок видаляється повітря і вижимається зв'язувальна рідина. Утворена оболонка захоплює сухі часточки і гранула збільшується доти, поки її поверхня залишається вологою. Вивчення механізму і кінетики гранулювання показує, що процес рідко відноситься тільки до сухого

або вологого типу. Часто цей процес включає різні стадії, починаючи від утворення зародка в краплі зв'язувальної рідини до останньої стадії обкочування, коли вміст вологи стає оптимальним і подальше нашарування порошку на поверхні гранули відбувається за рахунок Ван-дер-Ваальсових сил. Тому найкращим способом гранулювання є гранулювання при підвищеній вологості матеріалу на початку процесу і з добавкою порошку при його продовженні. Зазвичай для нормального проведення процесу гранулювання суперфосфат з апатитового концентрату додатково зволожують до 16-18% мас. При такій вологості суперфосфат здобуває пластичні властивості, тобто здатність обкочуватися в кульки різних розмірів. З підвищенням вмісту ретура в шихті оптимальна її вологість знижується.

Ступінь зволоження шихти в грануляторі і спосіб розпилення води дуже впливає на розмір гранул. При недостатній подачі води одержують дрібні гранули, при влученні великих крапель води отримують гранули крупніше, ніж потрібно. При занадто швидкій подачі води і при поганому її розпиленні утворюються дуже великі гранули.

Частки ретура, так само як і розпилена вода, є центрами гранулювання порошкоподібного суперфосфату. При високому вмісті ретура в шихті і нестачі порошкоподібного продукту частки не досягають необхідної величини, і матеріал виходить із гранулятора необкоченим, а при збільшеній подачі води стає тістоподібним.

Щоб вихід гранул необхідних розмірів був максимальним, необхідно точно дозувати воду, що подається при гранулюванні, і забезпечити її тонкодисперсне розпилення.

Тільки для свіжого суперфосфату або суперфосфату, що містить великий відсоток рідкої фази (а отже, і вологи), не потрібно додаткового введення води. До дозрілого суперфосфату з відносно низьким вмістом рідкої фази додають 2-4% мас. води від маси суперфосфату, у протилежному випадку гранулювання

відбувається дуже повільно або гранули зовсім не утворюються. З рис. 1.1 видно, наскільки різко зменшується час, необхідний для одержання гранул заданої крупності, з підвищенням вологості суперфосфату.

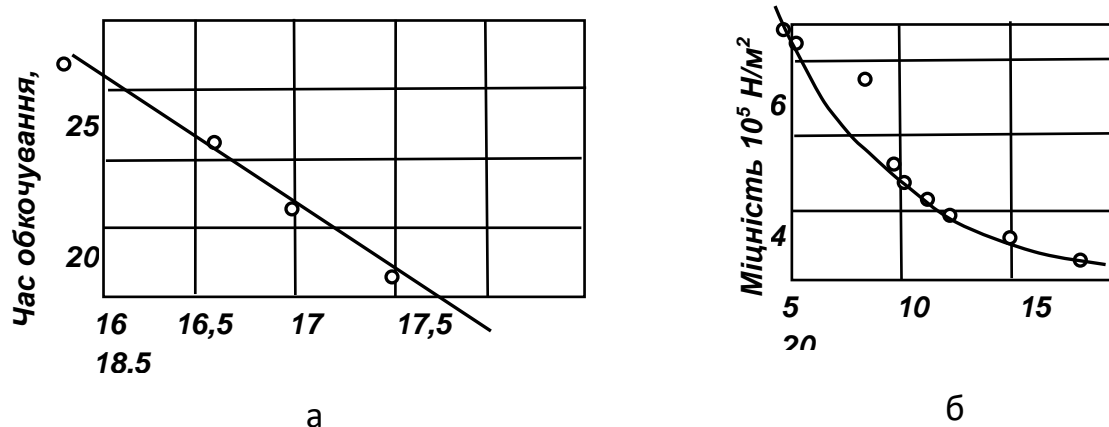


Рисунок 1.1 – Залежність часу обкочування (а) і міцності гранул (б) суперфосфату від його вологості

У процесі обкочування відбувається поступове укрупнення гранул. Спочатку дрібні частки утворюють не зовсім зцементовані конгломерати, що спіпаються в щільні, більші зерна, з яких виходять конгломерати ще більшого розміру. Такий багатостадійний процес укрупнення часток суперфосфату в процесі гранулювання приводить до утворення суміші обкочених гранул різного діаметра. Отже, процес гранулювання можна охарактеризувати лише за середнім розміром отриманих гранул або шляхом побудови кривої розподілу часток за крупністю.

Велике значення має також тривалість гранулювання і коефіцієнт заповнення гранулятора матеріалом. Для того, щоб встигло відбутися обкочування часток і утворилися нормальні гранули, потрібно 10-12 хв. Заповнення гранулятора не повинне перевищувати 25% його об'єму. У випадку

налипання значного шару шихти на стінки робочий об'єм гранулятора знижується, і тому необхідно зменшити його завантаження. Швидкість гранулятора підбирається залежно від кута нахилу барабана і від продуктивності гранулятора.

Гранули на виході із гранулятора містять 14-18% мас. вологи і зазвичай мають настільки низьку механічну міцність, що розсипаються при натисненні пальцем. Тому вони піддаються сушінню. У процесі видалення вологи відбувається додаткова кристалізація солей і цементация гранул. Зміна міцності гранул залежно від вологості показана на рис. 1.1,б. Достатню механічну міцність мають гранули, що містять не більше 5% мас. вологи.

Якість гранульованого суперфосфату і продуктивність обладнання в значній мірі залежать від дотримання режиму процесу гранулювання.

Суперфосфат, що надходить на гранулювання, не повинен містити грудок, оскільки це перешкоджає повній нейтралізації вільної кислоти крейдою або вапняком.

Необхідно строго стежити за правильністю складання шихти і її дозуванням у гранулятор. При недостатній подачі нейтралізуючої добавки виходить продукт з підвищеним вмістом вільної фосфатної кислоти. При зайвій кількості вапняку або крейди ускладнюється гранулювання і знижується вміст P_2O_5 у гранульованому суперфосфаті. Істотно на міцність гранул впливають ступінь нейтралізації суперфосфату, інтенсивність і тривалість обкочування, температурний режим сушіння. Тривалість обкочування суперфосфату змінюється залежно від вологості шихти; при високій вологості шихти на обкочування потрібно менше часу, чим при низькій вологості. Збільшення тривалості обкочування проти норми викликає надмірне збільшення гранул.

При підвищеному вмісті вологи в гранульованому суперфосфаті після сушіння ускладнюється його просівання (замазуються сита). І, навпаки, зайве

видалення вологи приводить до пересушування матеріалу, у результаті чого зростає віднесення суперфосфатного пилу з відхідними топковими газами.

При правильній підготовці шихти, нормальному проведенні процесів гранулювання і сушіння продукт, що виходить із сушильного барабана, містить 80-84% гранул розміром від 1 до 4 мм. Відхилення від норм технологічного режиму приводить до зниження виходу товарної фракції і збільшенню ретура. Збільшення вмісту великих гранул викликає підвищене навантаження на грохот і дробарки. При подрібненні великих гранул частина з них надмірно подрібнюється, що приведе до ще більшого збільшення ретура в технологічному циклі. При підвищеному виході дріб'язку також відбувається перевантаження грохоту і знижується вихід товарної фракції. Тільки при точному дозуванні сировини, ретура і нейтралізуючій добавки правильному проведенні процесів гранулювання і сушіння досягаються високі виходи гранульованого суперфосфату. Це можливо при досить чіткому обслуговуванні гранулятора, що полягає в безперервному і рівномірному живленні гранулятора шихтою заданого складу, регулюванні подачі води і ступеня її розпилення. Подачу води регулюють за допомогою вентилів на водопровідній лінії. Про вологість матеріалу і необхідність збільшення або зменшення її подачі судять за зовнішнім виглядом суперфосфату, що обкочується в грануляторі [5].

2 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, НАПІВФАБРИКАТІВ, ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

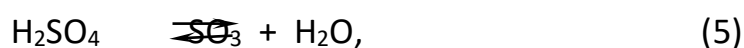
В дипломному проекті в якості фосфатної сировини для виробництва гранульованого простого суперфосфату обирається хибинський апатитовий концентрат. Апатитовий концентрат містить фосфор в основному у вигляді фторапатиту – $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_2\text{F}$. За фізико-хімічними показниками апатитовий концентрат повинен відповідати нормам ГОСТ 22275-90 (табл. 2.1) [6].

Таблиця 2.1 – ГОСТ 22275-90. Концентрат апатитовый. Технические условия

Найменування показника	Норма
1. Масова частка фосфор (V) оксиду (P ₂ O ₅), %, не менше	39,4
2. Масова частка води, %	1,0 ± 0,5
3. Залишок на ситі з сіткою № 016К, %, не більше	13,5
4. Масова частка полуторних оксидів (Fe ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃), %, не більше	3,0

Для розкладання апатитового концентрату застосовується сульфатна кислота, отримана контактним (технічна) або баштовим способом, а також регенерована сульфатна кислота. Використовувана сульфатна кислота повинна відповідати вимогам ГОСТ 2184-77, що представлені в табл. 2.2 [7].

Безводна сульфатна кислота H₂SO₄ (моногідрат) – важка, оліїста рідина з густиною 1,8305 г/см³ (при 20°C), кипить при 279,6°C і тиску 760 мм рт. ст., кристалізується при 10,37°C, має молекулярну масу 98,078 г/моль. При нагріванні вище 200°C безводна сульфатна кислота частково розкладається за схемою



утворюючи азеотропну суміш, яка містить 98,3%мас. H₂SO₄ і 1,7% мас. H₂O і має температуру кипіння 338,8°C. Сульфатна кислота змішується з водою в будь-яких співвідношеннях, утворюючи гідрати (H₂SO₄ · H₂O; H₂SO₄ · 2H₂O;

$\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) з виділенням великої кількості тепла (937,84 кДж/кг H_2SO_4). З SO_3 сульфатна кислота утворює дві сполуки: $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$ і $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{SO}_3$. Розчин SO_3 в H_2SO_4 в межах 18-65%мас. називається олеумом [8].

Таблиця 2.2 – ГОСТ 2184-77. Кислота серная техническая. Технические условия

Найменування показника	Норма			
	Контактна технічна		Баштова	Регенерована
	I сорт	II сорт		
1. Масова частка моногідрату H_2SO_4 , %	не менше 92,5		не менше 75	не менше 91
2. Масова частка вільного SO_3 , %, не менше	—	—	—	—
3. Масова частка заліза (Fe), %, не більше	0,02	0,1	0,05	0,2
4. Масова частка залишку після прожарювання, %, не більше	0,05	не нормується	0,3	0,4
5. Масова частка нітроген (III) оксидів (N_2O_3), %, не більше	не нормується		0,05	0,01
6. Масова частка нітросполук, %, не більше	не нормується			0,2
7. Масова частка арсену (As), %, не більше	не нормується		0,00008	не нормується
8. Масова частка сполук хлору (Cl), %, не більше	не нормується			
9. Масова частка плюмбуму (Pb), %, не більше	не нормується			
10. Прозорість	не нормується			
11. Колір, см ³ розчину порівняння, не більше	6	не нормується		

Гранульований суперфосфат за зовнішнім виглядом представляє собою гранульований продукт сірого кольору різних відтінків – від світло-сірого до темно-сірого з розміром гранул 1-4 мм. Насипна щільність гранульованого

суперфосфату складає 0,84-0,87 кг/м³. Питома теплоємність гранульованого суперфосфату в залежності від вологості складає 0,967-1,03 Дж/(кг · К) [1].

Гранульований суперфосфат повинен відповідати вимогам ГОСТ 5956-78, що наведені в табл. 2.3 [9] .

Таблиця 2.3 – ГОСТ 5956-78. Суперфосфат гранулированный из апатитового концентрата без добавок и с добавками микроэлементов. Технические условия

Найменування показника	Норма
1. Масова частка засвоєваних фосфатів у перерахунку на P ₂ O ₅ , %, не менше	19
2. Масова частка вільної фосфатної кислоти в перерахунку на H ₃ PO ₄ , %, не більше	3,2
3. Масова частка води, %, не більше	3,5
4. Статична міцність гранул, МПа, не менше	1,4
5. Гранулометричний склад	
Масова частка гранул розміром менше 1 мм, %, не більше	4
від 1 до 4 мм, %, не менше	85
6. Розсипчастість, %	100

Гранульований суперфосфат упаковують у п'ятишарові паперові мішки марок БМ, ПМ і ВМ за ГОСТ 2226-75 або поліетиленові мішки за ГОСТ 17811-78. Маса мішка – 50 кг. Мішки повинні бути міцно зшиті [9].

3 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

Технологічна схема виробництва гранульованого простого суперфосфату безперервним способом описана нижче.

Підігріта до 55-65°C сульфатна кислота, що необхідна для розкладання апатитового концентрату, розбавляється водою до 68-68,5%-вої H₂SO₄.

Сульфатну кислоту безперервно дозують із напірного бака (поз. 7) у змішувач (поз. 5), де протягом декількох хвилин її змішують з апатитовим концентратом, що поступає з бункера (поз. 2) через ваговий дозатор (поз. 4).

Утворена при змішуванні густа сметаноподібна пульпа при температурі 110-115°C безперервно поступає в обертову суперфосфатну камеру (поз. 8). Тут продовжується реакція розкладання фосфату сульфатною кислотою, яка почалася ще в змішувачі. По мірі обертання камери суперфосфатна маса схоплюється і підходить для вивантаження до фрези. Зрізаний суперфосфат видаляється із камери через вивантажувальний пристрій (поз. 9) і поступає на склад. На складі суперфосфат витримується до 20 діб, протягом яких він дозріває. (Стадія складської дообробки на схемі не показана).

Фторвмісні гази, що виходять зі змішувача (поз. 5) і суперфосфатної камери (поз. 8), поступають на очищення в абсорбційні камери, зрошувані водою. При циркуляції в камерах отримують 6-8%-вий розчин кремнефтористоводневої кислоти, який відводять на подальшу переробку.

Визрілий порошкоподібний простий суперфосфат, що надходить зі складу, змішується з нейтралізуючою добавкою – вапняком і подається до валкової дробарки (поз. 12) для подрібнення.

Нейтралізований суперфосфат надходить в барабанний гранулятор (поз. 11), де він зволожується водою та при обертанні барабану протягом 5 хв. обкочується в гранули округлої форми.

Утворені вологі гранули поступають у барабанну сушарку (поз. 13), де висушуються до вологості 3-4%мас. Температура продукту в процесі сушки не повинна перевищувати 105°C, щоб уникнути переходу водорозчинного

монокальційфосфату в нерозчинні ди- і метафосфати кальцію. Тому при сушці суперфосфат і топкові газу рухаються прямотечею, тобто гарячий газ контактує з найбільш вологим продуктом, що зменшує загрозу перегріву. Топкові газу входять до сушарки з температурою 500°C, а виходять з неї при 150°C.

Висушений гранульований суперфосфат класифікується. Гранули з розміром 1-4 мм є готовим продуктом. Дрібну фракцію направляють на грануляцію у вигляді ретурну, а крупну подрібнюють і знову повертають на класифікацію.

Газу із сушарки захоплюють з собою пилоподібні частки суперфосфату. Крім того, під час сушки з суперфосфату виділяються газоподібні фтористі сполуки. Тому після сушарки газу спочатку направляються циклон (поз. 16) для вловлювання пилу, а потім поступають на абсорбцію для поглинання фтористих сполук. Очищені топкові газу викидаються в атмосферу [1].

4 МАТЕРІАЛЬНІ І ТЕПЛОВІ БАЛАНСИ

4.1 Матеріальний розрахунок стадії розкладання апатитового концентрату

Вихідні дані [10]:

Склад апатитового концентрату, %мас.:

$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3$	84,33
$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$	8,41
волога	6,56
домішки	0,7

Розрахунок виконується на 100 кг апатитового концентрату.

Теоретична норма сульфатної кислоти буде складати

$$\frac{39,22 \cdot 7 \cdot 98}{3 \cdot 142} = 63,15 \text{ г/100 г апатитового концентрату,}$$

або

$$\frac{63,15}{39,22} = 1,61 \div \cdot \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ i } 1 \div \cdot \text{P}_2\text{O}_5,$$

де 39,22 – вміст P₂O₅ в вологому апатитовому концентраті, % мас;

98 і 142 – молекулярна маса сульфатної кислоти і апатиту відповідно, г/моль.

Практична норма складає

$$63,15 \cdot 1,09 = 69 \text{ кг/100 кг апатитового концентрату,}$$

де 1,09 – норма сульфатної кислоти від стехіометрії.

Кількість 76%-вої сульфатної кислоти, що надходить на розбавлення

$$\frac{69 \cdot 100}{76} = 90,8 \text{ т},$$

в тому числі: H_2SO_4 – 69 кг; H_2O – 21,8 кг.

Кількість 68%-вої сульфатної кислоти, отриманої в результаті розбавлення

$$\frac{69 \cdot 100}{68} = 101,5 \text{ т},$$

в тому числі: H_2SO_4 – 69 кг; H_2O – 32,5 кг.

Загальна кількість введених матеріалів:

$$100 + 69 + 32,5 = 201,5 \text{ кг.}$$

Кількість суперфосфату, вивантаженого з камери:

$$\frac{39,22 \cdot 100}{20,3} = 193,6 \text{ т},$$

де 20,3 – вміст $\text{P}_2\text{O}_{5\text{засв}}$ в камерному суперфосфаті.

Кількість газів і парів, що виділилися при варінні суперфосфату в камері, знаходимо за різницею між загальною кількістю введених матеріалів і кількістю отриманого камерного суперфосфату:

$$201,5 - 193,6 = 7,9$$

Уловлювання фтористих газів не враховується.

Отримані розрахункові дані заносяться до таблиці матеріального балансу стадії розкладання апатиту (табл. 4.1).

Годинна продуктивність виробництва складає

$$\frac{360000 \cdot (1 - 0,005)}{1,062 \cdot 328 \cdot 22,5} = 45,7 \text{ т/год.}$$

де 360000 – річна потужність виробництва гранульованого простого суперфосфату, т/рік;

0,005 – механічні втрати простого суперфосфату;

1,062 – витратний коефіцієнт простого суперфосфату, т/т;

328 – кількість робочих днів на рік, доба;

22,5 – тривалість робочого часу, година.

Таблиця 4.1 – Матеріальний баланс стадії розкладання апатитового концентрату

Прихід	кг	Витрата	кг
1. Апатитовий концентрат:	100	1. Простий суперфосфат	193,6
Ca ₅ (PO ₄) ₃	84,33	2. Відхідні гази	7,9
Ca ₅ (PO ₄) ₃ ОН	8,41		
волога	6,56		
домішки	0,7		

2. 68%-ва сульфатна кислота	101,5		
H ₂ SO ₄	69,0		
вода	32,5		
Всього	201,5	Всього	201,5

Коефіцієнт перерахунку кількісних величин матеріального балансу стадії розкладання апатитового концентрату, складеного на 100 кг простого суперфосфату, на годину продуктивність дорівнює:

$$\frac{45,7 \cdot 1000}{94,13} = 485,5,$$

де 94,13 – вихід гранульованого суперфосфату, кг.

Кількісні величини матеріального балансу стадії розкладання апатитового концентрату на годинну потужність з урахування коефіцієнту перерахунку заносимо до таблиці матеріального балансу (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Матеріальний баланс стадії розкладання апатитового концентрату на годинну потужність

Прихід	кг/годину	%мас.	Витрата	кг/годину	%мас.
1. Апатитовий концентрат:			1. Простий суперфосфат	55250,0	100,0
Ca ₅ (PO ₄) ₃	24080,0	84,0	2. Відхідні гази		
Ca ₅ (PO ₄) ₃ OH	2401,0	8,0	SiF ₄	495,0	22,0
волога	199,7	1,0	волога	1756,0	78,0
домішки	1856,3	7,0	Разом:	2251,0	100,0
Разом:	28537	100,0			
2. 68%-ва сульфатна кислота					
H ₂ SO ₄	19690,0	68,0			
вода	9274,0	32,0			

Разом:	28964,0	100,0			
РАЗОМ:	57501,0	100,0	РАЗОМ:	57501,0	100,0

Таблиця 4.3 – Витратні коефіцієнти на сировину, паливо, енергоресурси та допоміжні матеріали на 1 т простого суперфосфату

Назва сировини, матеріалів і енергоресурсів	Одиниця вимірювання	Витрати на одиницю товарного продукту
Апатитовий концентрат	кг	1060
Апатитовий концентрат (для обробки суперфосфату на складі)	кг	160
Сульфатна кислота	кг	1880
Електроенергія	МДж	91,5
Вода	м ³	6,8

4.2 Тепловий розрахунок стадії розкладання апатитового концентрату

Вихідні дані [10]:

- на 1000 кг концентрату витрачається 1000 кг 68%-вої H_2SO_4 (норма кислоти 68 (мас. ч.) H_2SO_4 на 100 мас. ч. апатитового концентрату);
- підсмоктування повітря в камеру становить 260 м³ (сухого) на 1000 кг апатитового концентрату;

3. для виробництва 1000 кг дозрілого суперфосфату витрачається 533 кг апатитового концентрату; він надходить у змішувач камери при 18°C, кислота – при 40 °C; температура засмоктуваного в камеру повітря 13°C, а відхідних газів і парів 100°C;
4. ступінь розкладання апатиту сульфатною кислотою (наприкінці першої стадії розкладання) 73,8%, а на виході з камери (в виробничому суперфосфаті) 88%;
5. вихід камерного суперфосфату з 1000 кг апатитового концентрату становить 1894 кг; температура суперфосфату на виході з камери 110°C;
6. в газову фазу виділяється 40% фтору від кількості (3%), що міститься в апатитовому концентраті;
7. загальна кількість газів і парів, які відходять із камери, становить 106 кг на 1000 кг апатитового концентрату;
8. на 1000 кг суперфосфату одрежують 7,1 кг кремнефтористоводневої кислоти.
Розрахунок виконується на 1000 кг апатитового концентрату.

Тепловий баланс розкладання апатиту в камері описується рівнянням

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5, \quad (9)$$

де Q_1 і Q_2 – теплоти, що вносяться апатитовим концентратом і сульфатною кислотою та повітрям, кДж;

Q_3 – теплота, яка виділяється при реакції, кДж;

Q_4 – теплота, яка відноситься з камери продуктами реакції, кДж;

Q_5 – тепловтрати, кДж.

Прихід теплоти

В змішувач із апатитовим концентратом і сульфатною кислотою надходить:

$$Q_1 = Q_{\text{ап}} + Q_{\text{к}}$$

$$Q_{\text{ап}} = 1000 \cdot 0,795 \cdot 18 = 14310 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{к}} = 1000 \cdot 2,093 \cdot 40 = 83720 \text{ кДж}$$

$$Q_1 = 83\,720 + 14\,310 = 98030 \text{ кДж}$$

де 0,795 і 2,093 – теплоємності апатиту і сульфатної кислоти, кДж/(кг · °С);

18 і 40 – температура апатиту і кислоти, °С.

Кількість теплоти, що вноситься повітрям, обчислюється за рівнянням:

$$Q_2 = 1,29 \cdot V \cdot C \cdot t + 0,001d \cdot i_{\text{в}} \cdot V, \quad (10)$$

де $V = 260$ – об'єм повітря (сухого), що відсмоктується, м³/1000 кг;

$C = 1,004$ – теплоємність повітря при 18 °С, кДж/(кг · °С);

$d = 9,3$ – вологовміст повітря (сухого) при 18 °С і відносній вологості 60%, г/м³;

$i = 2553$ – ентальпія водяної пари при 18 °С, кДж/кг;

1,29 – густина повітря, кг/м³.

$$Q_2 = 1,29 \cdot 260 \cdot 1,004 \cdot 18 + 9,3 \cdot 10^{-3} \cdot 2553 \cdot 260 = 12234 \text{ кДж.}$$

Теплота хімічних реакцій дорівнює:

$$Q_3 = \sum Q_i = Q'_3 + Q''_3 + \dots \quad (11)$$

Тепловий ефект реакції розкладання апатиту сульфатною кислотою дорівнює:

$$\frac{307311 \cdot 738}{504} = 449991 \text{ кДж,}$$

де 738 – кількість апатиту, що розклався в першій стадії реакції (ступінь розкладання 73,8%), кг;

504 – молекулярна маса $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$, кг/кмоль.

При взаємодії апатиту з фосфатною кислотою виділяється 292,239 кДж/моль.

Оскільки коефіцієнт розкладання апатиту в виробничому суперфосфаті дорівнює 88%, кількість апатиту, що розклався в камерному процесі дорівнює:

$$1000 \cdot 0,88 = 880 \text{ кг.}$$

З них 738 кг розклатося на першій стадії. Отже, на другій стадії, при взаємодії апатиту з фосфатною кислотою, розкладається апатиту:

$$880 - 738 = 142 \text{ кг}$$

Кількість теплоти, що виділилася на другій стадії:

$$\frac{292239 \cdot 1428}{504} = 82337 \text{ êÄæ.}$$

При взаємодії фтористого водню і кремнезему



виділяється

$$\frac{184303 \cdot 16,42}{104} = 29063 \text{ êÄæ,}$$

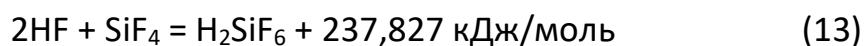
де 16,42 – кількість утвореного SiF_4 , це значення визначене відповідно до

того, що в газову фазу виділяється 40% фтору від вмісту його в

апатитовому концентраті, а саме:

$$\frac{1000 \cdot 0,03 \cdot 0,4 \cdot 104}{4 \cdot 19} = 16,42 \text{ êã.}$$

Тепловий ефект утворення кремнефтористоводневої кислоти дорівнює:



Кількість теплоти, що виділяється при утворенні кремнефтористоводневої кислоти:

$$\frac{237827 \cdot 13,32}{144} = 22214 \text{ кДж},$$

де 13,32 – кількість H_2SiF_6 , що одержують з 1000 кг апатитового концентрату, кг.

З 1000 кг суперфосфату одержується 7,1 кг H_2SiF_6 . Оскільки на 1000 кг суперфосфату витрачається 533 кг апатитового концентрату, то вихід кремнефтористоводневої кислоти розраховуючи на 1000 кг апатитового концентрату складає:

$$\frac{7,1 \cdot 1000}{533} = 13,32 \text{ кг}.$$

Внаслідок незначного вмісту в апатитовому концентраті домішок (Me_2O_3 і ін.) теплові ефекти їхнього розкладання не враховуються.

Отже, сумарна кількість теплоти, що виділяється в результаті хімічних реакцій, дорівнює:

$$Q_3 = 499\,991 + 82337 + 29063 + 22\,214 = 633\,605 \text{ кДж}.$$

Загальний прихід теплоти складає:

$$Q_{\text{прих.}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 98\,030 + 12\,234 + 633\,605 = 743\,869 \text{ кДж.}$$

Витрата теплоти

Загальне рівняння враховує віднесення теплоти с суперфосфатом, водними парами, фторовмісними газами і повітрям, що просмоктується, а також тепловтрати:

$$Q_{\text{витр.}} = Q_4 + Q_5 = Q_{\text{суп.}} + Q_{\text{H}_2\text{O}} + Q_{\text{SiF}_4} + Q_{\text{повіт.}} + Q_5 \quad (14)$$

З суперфосфатом, що вивантажується з камери, відноситься

$$Q_{\text{суп.}} = 1894 \cdot 1,687 \cdot 110 = 351\,470 \text{ кДж}$$

де 1894 – маса суперфосфату, що вивантажується з камери, розраховуючи

на 1000 кг апатитового концентрату, кг;

1,687 – теплоємність суперфосфату, кДж/(кг · °С);

110 – температура суперфосфату, що вивантажується, °С.

Теплоту, що уноситься парами води, визначають з урахуванням того, що з 1000 кг апатитового концентрату виділяється всього 106 кг газів і парів (за вихідними даними), в тому числі 16,42 кг SiF₄. Отже, виділиться водяних парів:

$$106 - 16,42 = 89,58 \text{ кг,}$$

і з ними уходить

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = (89,58 + 2,42) \cdot 2659 = 244\,628 \text{ кДж,}$$

де 2,42 – маса води, що надходить із повітрям, яке містить 9,3 г/м³ водяної пари;

2659 – ентальпія водяної пари при 100 °С, кДж/кг.

Тетрафторид кремнію SiF₄ уносить

$$Q_{\text{SiF}_4} = 16,42 \cdot 2,052 \cdot 100 = 3369 \text{ кДж,}$$

де 2,052 – теплоємність SiF₄, кДж/(кг · °С);

100 – температура відхідного газу, °С.

З повітрям відходить

$$Q_{\text{повіт}} = 260 \cdot 1,29 \cdot 1,004 (100 - 18) = 27613 \text{ кДж,}$$

де 260 – кількість повітря, м³;

1,29 – густина повітря, кг/м³;

1,004 – теплоємність повітря, кДж/(кг · °С).

Сумарна кількість теплоти, що відноситься продуктами, які виходять з камери:

$$Q_4 = 351470 + 244\,628 + 3369 + 27613 = 627\,080 \text{ кДж.}$$

Тепловтрати визначаються як різниця між теплотою, що надійшла і теплотою, що відноситься продуктами:

$$Q_5 = 743869 - 627\,080 = 116\,789 \text{ кДж.}$$

Складаємо тепловий баланс стадії розкладання апатитового концентрату (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Тепловий баланс стадії розкладання апатитового концентрату

Прихід	кДж	Витрата	кДж
Теплота, що вноситься матеріалами	98030	Теплота, що відноситься газами, водяною парою і суперфосфатом	627080
Теплота, що вноситься повітрям	12234	Втрати тепла	116789
Тепловий ефект реакції	633605		
Всього	743869	Всього	743869

5 ВИБІР І РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО АПАРАТУ

5.1 Опис конструкції та принцип дії суперфосфатної камери

Кільцева суперфосфатна камера безперервної дії представляє собою вертикальний залізобетонний циліндр (поз.2), що має сталевий кожух і футерівку з діабазових плиток. Циліндр повільно обертається на опорних роликах (поз. 5) навколо чавунної порожнистої труби (поз. 3), яка знизу закріплена на фундаменті, а в верхній частині з'єднана з нерухомою кришкою камери (поз.1). Між трубою і днищем камери є сальникове ущільнення азбестом. Герметизація зазору між корпусом камери і кришки досягається за допомогою прокладки з листової гуми.

В кільцевому просторі камери встановлений поперечний чавунний щит, що кріпиться до кришки камери і до центральної нерухомої труби. Цей щит розділяє зони завантаження і розвантаження.

Суперфосфатна пульпа зі змішувача безперервно поступає через отвір в кришці камери в зону завантаження. За час оберту камери пульпа «схоплюється» і підходить до місця вивантаження вже готовою. Вивантаження здійснюється шляхом зрізування тонких шарів суперфосфату фрезерною різальною машиною – каруселлю (поз.8), що обертається зі швидкістю 3-10 об./хв. в напрямку, протилежному обертанню камери. На кришці камери встановлений привід каруселі. На каруселі по подвійній гвинтовій лінії закріплені ножі з хромистого чавуна для зрізування суперфосфату. В нижній частині каруселі встановлені скребки, які рухаються по днищу камери, згрібають суперфосфат і скидають його всередину чавунної труби (поз.3).

В кришці камери є отвори для відсмоктування фтористих газів [4].

5.2 Розрахунок обичайки змішувача на міцність

Розрахунок обичайки корпусу [11]:

$$S = \frac{P \cdot a}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P} + C \quad (15)$$

де P – гідравлічний тиск, Н/мм;

$a = 1050$ – ширина апарату, мм;

$[\sigma] = 138,8$ – допустиме напруження для Ст.3 при 110°C , Н /мм²;

$\varphi = 0,8$ – коефіцієнт міцності зварювального шва.

$$P = \varphi \cdot D, \quad (16)$$

де γ – питома вага рідини.

$$\gamma = \rho \cdot g; \quad (17)$$

де $\rho = 1800$ кг /м³ - густина пульпи.

$$\gamma_{\text{пульпи}} = 1800 \cdot 9,81 = 17,66 \cdot 10^{-6} \text{ Н / мм}^3,$$

Тоді

$$P = 17,66 \cdot 10^{-6} \cdot 1050 = 0,0185 \text{ Н/мм}^3.$$

Товщина поліізобутилену дорівнює:

$$C = C_1 + C_2 + C_3,$$

де $C_1 = 5$ мм;

$C_2 = 113$ мм - товщини кислототривкої кладки;

$C_3 = 15$ мм - товщина плитки АТМ - 1.

$$C = 5 + 113 + 15 = 133 \text{ мм.}$$

$$S = \frac{0,0185 \cdot 1050}{2 \cdot 138,8 \cdot 0,8 - 0,0185} + 133 = 133,087 \text{ й.}$$

Приймаємо товщину обичайки змішувача $S = 141,0$ мм.

6 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

Перелік допоміжного обладнання стадії розкладання апатитового концентрату представлена в табл. 6.1 [1, 4].

Таблиця 6.1 – Перелік допоміжного обладнання стадії розкладання апатитового концентрату

Позна- чення апарата	Найменування обладнання	Призначення і коротка характеристика	Кількість
----------------------------	----------------------------	--------------------------------------	-----------

поз. 1	Конвеєр стрічковий	Призначений для безперервного переміщення апатитового концентрату в бункер. Кут нахилу стрічкового транспортеру складає 18-23°С. Швидкість руху стрічки встановлюється в межах 1,5-2 м/с.	1
поз. 3	Елеватор ковшовий	Призначений для завантажування апатиту в дозатор. Продуктивність – 63 м ³ /годину, ширина ковша – 650 мм, шаг ковшів – 630 мм, ширина ременя – 700 мм, швидкість руху ковшів – 1,5-2,5 м/с,	1
поз. 4	Дозатор	Призначений для точного дозування апатиту в змішувач. Представляє собою нескінченну стрічку, натягнуту на барабани. Продуктивність 50 т/годину. Точність дозування ±1%.	1

7 КОНТРОЛЬ РОБОТИ, НОРМИ ТА ПРАВИЛА ОБСЛУГОВУВАННЯ ОСНОВНОГО АПАРАТУ

7.1 Правила експлуатації суперфосфатної камери

Перед початком роботи суперфосфатної камери перевіряють справність дозуючої апаратури, приводів змішувачів, наявність лопатей мішалок, справність приводу камери, справність фрезерно-карусельного вивантажувача.

Вся апаратура повинна бути змазана і робочі місця чисто прибрані.

Отримавши вказівку від начальника зміни про дозування апатитового концентрату і кислоти, треба перевірити установку склянок (або шайб) в

дозаторі для кислоти і регулювання вагового дозатора, а також справність засувки бункера.

Перед пуском камери включають всю апаратуру для транспортування суперфосфату і фрезерно-карусельний вивантажувач, після чого дають сигнал про пуск змішувачів і дозуючої апаратури.

При пуску змішувачів і дозаторів необхідно перевірити швидкість проходження пульпи через змішувач і за зовнішнім виглядом визначити ступінь готовності пульпи.

Під час роботи потрібно контролювати по амперметрам навантаження на електродвигуни змішувачів, каруселі та камери, перевіряти не рідше одного разу на годину температуру пульпи на вході в камеру.

При зупинці камери потрібно дотримуватись такого порядку: припинивши живлення змішувача, продовжувати деякий час перемішування пульпи в змішувачі; потім вивантажити залишок пульпи і тільки через 10-15 хв. обертання камери без живлення зупинити її і вимкнути карусель та транспортну апаратуру.

При роботі суперфосфатної камери можуть виникати неполадки в роботі, їх причини та способи усунення представлені в табл. 7.1 [4].

Таблиця 7.1 – Основні неполадки в роботі суперфосфатної камери

Порушення процесу	Причина порушення	Способи усунення неполадки
Пульпа підтікає з камери, повільно твердіє	1. Пропускають клапани мірників або змішувача. 2. Висока норма сульфатної кислоти або порушення	1. Перевірити клапани, викликати слюсаря. 2. Перевірити концентрацію робочої сульфатної кислоти і

	температурного режиму.	налагодити роботу мірника для кислоти. Збільшити подачу фторапатиту на змішування.
Пульпа швидко загустіває	Недостатня подача кислоти	Перевірити і відрегулювати подачу кислоти і фторапатиту на змішування. Перевірити і покращити заправку камери.
Накопичення суперфосфату в зоні вивантаження	Зношення гребків каруселі, що підгрібають суперфосфат	Зупинити процес і здійснити заміну гребків.
Припинення надходження суперфосфату на транспортер	Вивантажувальна воронка забита.	Прочистити воронку.
Вибивання газу зі змішувача і камери. Недостатнє розрідження в системі	1. Зупинка хвостового вентилятора. 2. Газоходи забиті шламом. 3. Підсмоктування в апаратурі.	1. Перевірити роботу вентилятора. Викликати слюсаря. 2. Очистити газоходи. 3. Усунути нещільності

7.2 Автоматизація суперфосфатної камери

Показником ефективності процесу розкладання фторапатиту є коефіцієнт розкладання, що дає уявлення про ступінь переходу нерозчинної форми фосфору в розчинну форму. Значення його необхідно підтримувати максимальним, що зменшує час дозрівання суперфосфату на складі (6-25 діб). Основними факторами, що визначають коефіцієнт розкладання, є концентрація сульфатної кислоти, що надходить в змішувач пульпи, співвідношення витрат сировини і розбавленої сульфатної кислоти та температурний режим в суперфосфатній камері.

Швидкість реакції зростає з підвищенням концентрації сульфатної кислоти. Однак при високих концентраціях на поверхні гранул сировини

утворюється щільна кірка кальцій сульфату, яка не дає дифундувати фосфатній кислоті в частинки сировини. Оптимальне значення концентрації сульфатної кислоти, при якому на поверхні частинок утворюється пористий шар кальцій сульфату кальцію, дорівнює 68%мас. H_2SO_4 . Для стабілізації концентрації сульфатної кислоти передбачений спеціальний регулятор. В якості регульованої величини береться густина сульфатної кислоти після газовіддільника, а регулюючий вплив здійснюється зміною витрати води, що надходить в змішувач.

Співвідношення витрат сировини і розбавленої сульфатної кислоти, що подаються в змішувач пульпи, підтримується постійним за допомогою вузлів стабілізації витрат сировини і кислоти. Стабілізація витрати сировини здійснюється дозатором, який забезпечує постійну продуктивність.

Температура в суперфосфатній камері впливає на процес розкладання: зі збільшенням її швидкість реакції зростає. При концентрації 68%мас. H_2SO_4 процес розкладання протікає найкращим чином, якщо температура постійна і дорівнює 110°C. Температура в камері в основному визначається кількістю тепла, що надходять в камеру з сировиною і кислотою, і кількістю тепла, що виділяється при розкладанні сировини. При постійній витраті сировини кількість тепла, що надходить з сировиною і виділяється при реакції, можна вважати постійною. У зв'язку з цим єдиною можливістю стабілізації температури в суперфосфатній камері є зміна кількості тепла, що надходить в камеру з сірчаною кислотою. Ця кількість залежить від витрати і температури кислоти.

Зміною витрати кислоти стабілізувати температура в суперфосфатній камері недоцільно, так як при цьому змінюється співвідношення витрат сировини і кислоти. Єдина можливість для регулювання температури в суперфосфатній камері – зміна температури сульфатної кислоти, що надходить; регулюючий вплив при цьому здійснюється зміною витрати пари, що надходить в напірний бак.

Для підтримки матеріальних балансів стадії розкладання апатитового концентрату за водою і кислотою встановлені два вузла регулювання рівнів у відповідних ємностях [1].

8 РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона навколишнього природного середовища – складова частина раціонального природокористування. Обов'язкова умова охорони навколишнього природного середовища – належна експлуатація природних об'єктів. Охорона навколишнього природного середовища спрямована на забезпечення захисту численних компонентів природи, що перебувають у нерозривному зв'язку і взаємозалежності.

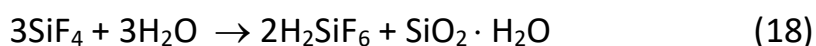
Принципові положення екологічної стратегії держави закріплені в Конституції України. Центральне місце серед екологічних норм Конституції займає ст. 13, в якій вказано на належність природних ресурсів Українському народу. Від імені народу права власника реалізують органи державної влади та органи місцевого самоврядування. Кожний громадянин може користуватися природними об'єктами права власності народу відповідно до закону. У Конституції закріплено обов'язок держави забезпечувати екологічну безпеку і підтримувати екологічну рівновагу на території України (ст. 16). Згідно із Конституцією (ст. 14) земля проголошена основним національним багатством, що перебуває під особливою охороною держави. Право власності на землю гарантується. Це право набувається і реалізується громадянами, юридичними особами і державою виключно відповідно до закону.

Основу правової охорони навколишнього природного середовища складають норми земельного, водного, лісового законодавства, законодавства про надра, тваринний і рослинний світ, а також іншого екологічного законодавства. Одним із найважливіших комплексних спеціальних

нормативних актів, що регулюють основи організації охорони навколишнього природного середовища, є Закон України від 25.06.1991 р. "Про охорону навколишнього природного середовища" (зі змінами та доповненнями).

Відносини в галузі використання, відтворення, належності та охорони природних ресурсів регламентуються також поресурсовими кодексами (земельним, водним, лісовим, про надра) і спеціальними законами України ("Про тваринний світ", "Про охорону атмосферного повітря", "Про природно-заповідний фонд України", "Про рослинний світ" та ін.). Крім того, екологічні відносини регулюються декретами Кабінету Міністрів України (наприклад, "Про приватизацію земельних ділянок"), указами Президента України (наприклад, "Про біосферні заповідники") та іншими підзаконними нормативними актами [12].

При переробці апатитового концентрату (в змішувачі та суперфосфатній камері) в газову фазу виділяється фтор у вигляді тетрафториду кремнію. Кремнефтористоводнева кислота, яку отримують при вловлюванні фтору з газів, що відходять з суперфосфатних камер і змішувачів, насичена кремнегелем



Ця кислота є достатньо чистою і її використовують у виробництві різних фтористих солей (алюміній, натрій і магній фториди, кріоліт, натрій, калій і амоній кремнефториди).

Найбільшим споживачем алюміній фториду та кріоліту є металургія алюмінію. Кріоліт використовують також в скляному і емалевому виробництвах, в електронній промисловості та для вторинної обробки металів. Натрій кремнефторид застосовують при проведенні будівельних робіт в якості прискорювача схоплювання бетону, в скляному виробництві, в процесах флотації мінералів, для оброблення хутряної сировини, для фторування питної води.

Калій кремнефторид – є основною сировиною для переробки цирконієвих концентратів. Амоній біфторид використовують в технологічних процесах переробки рідкісних і кольорових металів, в скляній промисловості (для травлення кришталевих виробів), для збагачення флюоритових концентратів. Амоній кремнефторид застосовують для антисептування овчинно-шубного і хутряної сировини, дерев'яних конструкцій. Натрій фторид натрію – антисептик виробів. Магній фторид використовують в інструментальній промисловості в якості флюсу.

Основними напрямками щодо вдосконалення методів переробки кремнефтористоводневої кислоти на фтористі сполуки є: створення безперервного процесу виробництва алюміній фториду в поєднанні з кондуктивним методом сушки продукту, що дозволить знизити енерговитрати і підвищити його якість, розробка і впровадження методів грудкування алюміній фториду і кріоліту, удосконалення процесу виробництва амоній біфториду з метою підвищення якості продукту і скорочення втрат амоніаку, створення процесів виробництва гранульованого кальцій фториду для металургійної та цементної промисловості, безводного гідроген фториду, скорочення втрат фтору з маточними розчинами виробництва фтористих солей шляхом впровадження замкнених схем водообороту, рішення проблем утилізації кремнегеля, що утворюється при виробництві фториду алюмінію, кріоліту і біфториду амонію.

Відхідні гази сушарок гранульованого суперфосфату містять 3-8 г/м³ суперфосфатної пилу і близько 0,6 г/м³ фтористих сполук. Ці гази повинні бути знешкоджені. Для знешкодження відхідних газів застосовують двоступеневу очистку (суху і мокру).

Суша очистка газів здійснюється в циклоні або в батареї циклонів. В циклоні осідає пил, який видаляють у міру його накопичення. Гази після циклону містять до 1 г/м^3 пилу. Ці газы надходять далі на мокру очистку (другий ступінь).

Для мокрої очистки застосовують скрубєр – порожнисту башту, що зрошується водою. У скрубєрі газы остаточно очищаються від пилу. Тут же відбувається поглинання сполук фтору і SO_2 , що утворюється при згоранні палива. Рідина, що витікає зі скрубєра, направляється на нейтралізацію.

Концентрація фтору в виробничих приміщеннях значно перевищує санітарні норми. З метою зменшення виділення сполук фтору при складському дозріванні в суперфосфатний змішувач додають натрій сульфат (20 кг/т). Введення цієї солі в добриво знижає виділення фтору в 5 разів [2].

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

ОХОРОНА ПРАЦІ – ЦЕ СИСТЕМА ЗАКОНОДАВЧИХ АКТИВ І ВІДПОВІДНИХ ЇМ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ, ТЕХНІЧНИХ, ГІГІЄНІЧНИХ І ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ БЕЗПЕКУ, ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗДОРОВ'Я І ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЛЮДИНИ В ПРОЦЕСІ ПРАЦІ.

Основним нормативно-правовим актом, що регулює відносини у сфері охорони праці, є Закон України "Про охорону праці" від 14 жовтня 1992 р. № 2694-ХІІ, який визначає основні положення щодо реалізації конституційного

права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Охорона праці має соціальні, економічне та правове значення. Соціальне значення охорони праці полягає в тому, що вона сприяє зміцненню (збереженню) здоров'я працівників від шкідливих і небезпечних виробничих факторів. Економічне значення реалізується у зростанні продуктивності праці, піднятті економіки та збільшенні виробництва. Правове значення охорони праці полягає в правовому регулюванні роботи з урахуванням важкості умов праці, фізіологічних особливостей жіночого організму, організму неповнолітніх і стану працездатності інвалідів тощо. Крім того, питання охорони праці є об'єктом організаційно-управлінських відносин трудового колективу (відповідного профспілкового органу) з роботодавцем, а також соціально-партнерських відносин на національному, галузевому та регіональному рівнях [13].

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

Основні фізико-хімічні властивості та характеристика токсичності хімічних речовин, які використовуються та одержують в процесі виробництва гранульованого простого суперфосфату, 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		Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан	Температура плавлення, °C	Температура кипіння, °C
Раціональна номенклатура	Систематична номенклатура					
Апатитовий концентрат	Апатитовий концентрат	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$	Тверда речовина	1660	–
Сульфатна кислота	Сірчана кислота	H_2SO_4	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{O}-\text{S}-\text{O}-\text{H} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$	Рідина	10,38	337
–	Суперфосфат	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$	–	Тверда речовина	>190	–
Гексафлуоросилікатна кислота	Кремнефтористоводнева кислота	H_2SiF_6	$\begin{array}{c} \text{HF} \quad \text{F} \\ \\ \text{F} - \text{Si}^{4+} - \text{F} \end{array}$	Рідина	–	–

			$\begin{array}{c} \\ \text{HF} \quad \text{F} \end{array}$			
Кальцій карбонат	Карбонат кальцію	CaCO_3	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{O}-\text{C}-\text{O} \\ \backslash \quad / \\ \text{Ca} \end{array}$	Тверда речовина	825 (кальцит) 1339 (арагоніт)	–
Природний газ	Метан	CH_4	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Газ	-182,5	-161,6
Дигідрогено-тетраоксофосфат кальцію	Монокальцій-фосфат	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	$\left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{P}-\text{O}^- \\ \\ \text{OH} \end{array} \right]_2 \left[\text{Ca}^{2+} \right]$	Рідина	–	–

Таблиця 9.2 – Показники вибухо- і пожежебезпеки

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		
Метан	87,8	537,8	16,6	102,6	5,28	14,1	5	15,0

Таблиця 9.3 – Характеристики застосовуваних і одержаних речовин

Речовина	Клас шкід-	Характер дії на	Граничнодопустима концентрація	Засоби індивідуального
----------	------------	-----------------	--------------------------------	------------------------

1	ливості	організм людини	у повітрі, мг/м ³			у воді, мг/л	захисту
			робочої зони	населеного пункту			
				С _{мр} *	С _{сд} **		
1	2	3	4	5	6	7	8
Апатитовий концентрат	4	При вдиханні пилу викликає подразнення слизуватих оболонок і збільшує сприйнятливість до захворювань органів дихання	6	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи
Сульфатна кислота	2	При вдиханні: подразнення верхніх дихальних шляхів, ускладнене дихання, набряк легенів. При потраплянні на шкіру: викликає важкі хімічні опіки. При потраплянні в очі: викликає хімічні опіки, сліпота	1	0,3	0,1	100	Костюм для захисту від кислоти з бавовняної тканини, що просочена кислото-стійкою пропиткою Кк, шолом, фартук вініловий кислото-стійкий,

Продовження табл. 9.3

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

							<p>гумові чоботи К50Щ50,</p> <p>рукавички з полівінілхлориду КкЩ50,</p> <p>захисні окуляри з органічного</p>
Суперфосфат	3	<p>Чинить подразнюючу дію на верхні дихальні шляхи. При потраплянні в очі викликає сильне подразнення кон'юктиви, набряк повік, помутніння рогівки. При тривалому контакті зі шкірою викликає подразнення</p>	5	–	–	–	<p>Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К.</p> <p>Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи</p>
Тетрафторид кремнію	2	<p>Біль у горлі, кашель, почуття печіння, задуха, ускладнене дихання. При потраплянні в очі викликає подразнення</p>	0,5	0,1	–	–	<p>Промисловий ротигаз з коробками марок А, В, БКФ, МКФ. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи</p>

Кремнефтористоводнева кислота	2	<p>При потраплянні на шкіру викликає сильні опіки. Пари викликають подразнення верхніх дихальних шляхів</p> <p>Чинить подразнюючу дію на верхні дихальні шляхи.</p>	0,5	0,1	–	–	<p>Костюм для захисту від кислоти з бавовняної тканини, що просочена кислото-відштовхуючою пропиткою Кк,</p>
-------------------------------	---	---	-----	-----	---	---	--

Продовження табл. 9.3

1	2	3	4	5	6	7	8
		<p>При потраплянні в очі викликає сильне подразнення кон'юктиви, набряк повік, помутніння рогівки. При тривалому контакті зі шкірою викликає подразнення</p>					<p>шолом, фартук вініловий кислото-лугостійкий, гумові чоботи К50Щ50,</p> <p>рукавички з полівінілхлориду КкЩ50, захисні окуляри з органічного</p>

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
Природний газ	4	Не чинить токсикологічної дії на організм людини, але при концентраціях, що знижують вміст кисню в атмосфері до 15-16%об, викликає задуху.	300	–	–	–	Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи
Монокальцій-фосфат	4	При потраплянні в очі: викликає подразнення. При вдиханні: кашель.	10	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи

9.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

на проєктованому виробництві

«Правила охорони праці для виробництва основної хімічної промисловості», затверджені Державним комітетом України з промислової безпеки, охорони праці і гірничого нагляду визначають основні положення охорони праці в виробництві гранульованого простого суперфосфату, деякі з них наведені нижче.

Апатитовий концентрат необхідно зберігати в закритих ємностях, силосах, бункерах, які відповідають вимогам СНиП 2.09.03-85 "Сооружения промышленных предприятий", затверджених постановою Державного будівельного комітету СРСР у справах будівництва від 29.12.85 № 263, обладнаних відповідними транспортними пристроями для приймання сировини й подавання її до виробництва, або в складських приміщеннях шатрового типу, якщо сировина надходить у мішках. Зберігання цієї сировини на території підприємства на відкритих майданчиках не допускається. Необхідно запобігати попаданню в силоси атмосферних опадів і вологи, а також сторонніх предметів. Усі отвори й люки у верхньому перекритті силосів має бути зачинено й огорожено на випадок їх відкриття. Бункери й силоси для зберігання фосфатної сировини має бути обладнано пристосуваннями для обвалення зводів, які утворюються під час зберігання сировини. Обвалення зводів вручну всередині бункерів або силосів не допускається.

Приймальні траншеї складських приміщень апатитового концентрату обладнані скреперними установками, мають бути добре освітлені, огорожені та мати перехідні містки й майданчик для обслуговування уздовж фронту розвантаження залізничних вагонів на рівні підлоги вагона. Розташування керування скреперними лебідками має забезпечувати працівнику повну оглядовість руху скрепера з місця керування.

У відділеннях остаточного оброблення суперфосфату і складських приміщеннях готової продукції засипання продукцією будівельних конструкцій будинку й опорних конструкцій підкранової колії не допускається.

У разі випадкового розсипання проводять сухе прибирання (змітання) з подальшою утилізацією зметеного.

Будова і експлуатація мостових грейферних кранів для перелопачування суперфосфату та заповнення складських приміщень мають відповідати вимогам Правил будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 18.06.2007 № 132, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 09.07.2007 за № 784/14051 (НПАОП 0.00-1.01-07).

Під час перевезення сульфатної кислоти залізничними цистернами треба дотримуватися вимог чинного законодавства. Довжина платформи, призначеної для обслуговування й наливання в цистерни кислоти, має відповідати довжині фронту цистерн, підготовлених до одночасного наливання кислоти. На платформі має бути перекидний місток з поруччям, який з'єднує платформу з горловиною цистерни.

Приймання кислоти до складського приміщення і наливання її в залізничні цистерни можуть проводити тільки працівники, що пройшли спеціальне навчання і перевірку знань з питань охорони праці та отримали посвідчення відповідно до вимог НПАОП 0.00-4.12-05.

Дихальні лінії від усіх циркуляційних збірників сульфатної кислоти має бути приєднано до газоходів, які працюють під розрідженням.

Резервуари-сховища для кислоти має бути закрито, обладнано дихальними лініями і пристроєм для її випускання.

Експлуатувати суперфосфатну камеру з несправними ущільненнями не допускається.

Вал фрези (каруселі) для вирізки суперфосфату в безперервно діючій обертовій суперфосфатній камері має бути заблоковано з приводом камери. Усі отвори й люки на кришці суперфосфатної камери під час її роботи має бути щільно зачинено.

Технологічна схема виробництва простого суперфосфату передбачає використання газів, які утворюються і відходять під час абсорбції газів з розчинів кремнійфтористоводневої кислоти, скидання якої у водойми не

допускається. Абсорбційні агрегати для фтористих газів повинні мати надійну систему зрошування, яка гарантує сталість показників абсорбційного процесу відповідно до регламенту, і забезпечення очищення викидів газів від фтористих сполук відповідно до санітарних норм.

Барабанно-грануляційні сушарки з метою уникнення розкладання в них продукту (внаслідок перевищення регламентованої температури, зазначеної в технологічному регламенті на конкретний процес, з можливим утворенням аміаку, фтористих газів або окисів азоту) має бути обладнано аварійною сигналізацією і запобіжним пристроєм, який автоматично припиняє подавання палива до топки.

У збірниках і напірних баках, призначених для розчинів кремнійфтористоводневої кислоти, треба передбачати пристосування для перемішування осаду кремнегелю без застосування ручної праці.

Збірники і напірні баки має бути обладнано пристроями, що запобігають переповненню ємностей (переливними пристроями).

Розфасування фтористих солей треба проводити в приміщенні, ізольованому від приміщення їх подрібнення. Розфасування має бути механізованим, без виділення пилу і відповідати вимогам СНиП 2.04.05-91 [16].

9.3 Заходи запобігання шкідливим і небезпечним виробничим факторам

9.3.1 Вентиляція виробничих приміщень

Правильна експлуатація вентиляційних установок у цеху повинна забезпечувати стан повітряного середовища в робочій зоні, що відповідає вимогам санітарних норм, а також створювати найбільш сприятливі умови при веденні технологічного процесу, збереження устаткування, будівельних конструкцій.

Для запобігання накопичення в приміщеннях газів в концентраціях, які перевищують санітарні норми, у нормальних умовах експлуатації передбачена безперервно діюча примусова припливна і природна витяжна вентиляція.

Для сповіщення про порушення в роботі припливної вентиляції передбачена світлова і звукова сигналізація з виносом на щит у центральному пульті керування. Передбачена також подача повітря до щитів біля компресорів і у ЦПК, в яких найбільш тривалий час знаходиться персонал.

У приміщеннях з виробництвами категорій А, Б, В, Е всі металеві повітроходи та припливні і витяжні вентиляційні системи мають бути заземлені.

Вентиляційні камери, майданчики та інші місця й установки вентиляційного устаткування мають бути забезпечені електричним освітленням. Майданчики для обслуговування вентиляційних систем, стаціонарні сходи і отвори в перекриттях мають та бути обмежені перилами висотою не менш 1 м. Вентиляційні камери мають бути забезпечені засобами пожежогасіння.

Вентиляційні установки не повинні створювати шуму, що перевищує припустимі норми.

Для обслуговування вентиляційних установок розпорядженням по цеху призначаються відповідальні особи з обслуговування вентиляційних установок. У випадку зупинки вентиляційної установки в зв'язку з ремонтом або аварією майстер зміни зобов'язаний підтвердити своїм підписом у рапорті майстра зміни причини й тривалість перерви в роботі вентиляційної установки.

Крім постійно діючих припливних систем передбачений також пристрій аварійної припливної вентиляції з видаленням повітря природним шляхом – через шахти в покрівлі будівлі, що забезпечує 8-кратний повітрообмін. Пряямки

для конденсатних насосів і водопровідні канали обслуговуються постійно діючою припливною вентиляцією, що забезпечує в них 10-кратний повітрообмін.

Керування електродвигунами вентиляційних систем здійснюється у біля місць установки вентиляційних агрегатів. Їхнє відключення проводиться з щита ЦПУ.

При аварійній зупинці робочих вентиляторів припливних систем передбачене автоматичне включення електродвигунів резервних вентиляторів.

Припливні осьові вентилятори, установлені за зовнішніми стінами машинного залу корпусу компресії, виконуються в іскрозахищеному виконанні з електродвигуном у вибухобезпечному виконанні.

Аварійна вентиляція включається тільки автоматично по сигналізації датчика газоаналізатора типу ГОА 5501, ГОА - 21.

Для аварійної вентиляції слід використовувати:

- основні та резервні системи загально-обмінної вентиляції та системи місцевих відсмоктувань, що забезпечує витрату повітря необхідного для аварійної вентиляції;
- тільки системи аварійної вентиляції, якщо використання основних резервних систем неможливе й недоцільне.

Витяжні пристрої (грати, патрубки) для видалення газів і пари, що поступають у приміщення, необхідно розміщувати:

- під стелею або покриттям, але не нижче 2 м від підлоги до низу отворів для видалення надлишку шкідливих газів;
- не нижче 0,4 м від площини стелі або покриття для верху отвору при видаленні вибухонебезпечних сумішей газів, парі і аерозолів (окрім водню з повітрям);

- не нижче 0,1 м від площини стелі або покриття до верху отвору в приміщення висотою 4 м і менш або нижче за 0,025 висоти приміщення (але не більш 0,4 м), у приміщеннях більше 4 м при видаленні суміші водню з повітрям [17].

Виконаємо розрахунок вентиляції приміщення лабораторії в цеху виробництва гранульованого простого суперфосфату.

Кількість повітря, яку необхідно подавати в приміщення, визначається за формулою [18]:

$$W = K \cdot V, \quad (20)$$

де $K = 6$ – кратність повітрообміну, година⁻¹;

V – об'єм робочого приміщення, м³.

$$V = a \cdot b \cdot c, \quad (21)$$

де $a = 9$ – довжина робочого приміщення, м;

$b = 7$ – ширина робочого приміщення, м;

$c = 3,5$ – висота робочого приміщення, м.

$$V = 9 \cdot 7 \cdot 3,5 \approx 220,5 \text{ м}^3.$$

$$W = 6 \cdot 220,5 = 1323 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

Вибирається вентилятор типа В-Ц4-70 звичайного виконання для приміщень неагресивних середовищ з температурою не вище 150°C.

Характеристики вентилятора:

Продуктивність 1350 м³/годину

Номер вентилятора	2,5
Натиск	67 мм. вод. ст.
Частота обертання	2500 об/хв.
Електродвигун	
Тип	4AA63 B2
Потужність	0,55 кВт.

9.3.2 Опалення виробничих приміщень

Опалювання приміщенні лабораторії виробництва гранульованого простого суперфосфату здійснюється від ТЕЦ, в якості опалювальних приладів використовуються радіатори.

Розрахункова витрата теплоти на опалювання лабораторії визначається за формулою [18]:

$$Q_0 = q \cdot F \cdot (1 + K), \quad (22)$$

де $q = 152$ – укрупнений показник максимальної витрати на опалювання 1 м^2

площі приміщення, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

$F = 63$ – площа приміщення, м^2 ;

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

Тоді витрата теплоти на опалювання:

$$Q_0 = 152 \cdot 63 \cdot (1 + 0,34) \approx 12832 \text{ Вт.}$$

Площа поверхні опалювальних приладів визначається за формулою [18]:

$$H = \frac{Q}{506}, \quad (23)$$

де Екм – 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°C. 1Екм = 0,82 м².

$$H = \frac{12832}{506} = 48 \text{ Екм} = 20,8 \text{ м}^2.$$

Вибирається радіатор типа М-140 АТ, у якого площа поверхні нагріву однієї секції 0,299 м², об'єм 4,1 м³, кількість секцій 70 шт.

9.3.3 Освітлення виробничих приміщень

Непостійність природного освітлення, яке міняється протягом короткого проміжку часу, викликає необхідність нормувати природне освітлення за допомогою коефіцієнта природної освітленості (КПО), що представляє собою відношення у відсотках освітленості в даній точці приміщення до спостережуваного на тому ж рівні, у той же час освітленості дифузійним світлом відкритого небозводу, і виражається в %.

Природне освітлення, здійснюване через світлові прорізи в стінах будівель (бічне світло) або у світлових ліхтарях (верхнє світло), розраховують виходячи з відношення площі світлових прорізів до площі підлоги (світловий коефіцієнт). Штучне освітлення призначене для освітлення робочих поверхонь у темний час доби або при недостатності природного освітлення.

Штучне освітлення може бути загальним і комбінованим. Застосування одного місцевого освітлення неприпустимо. Для штучного освітлення використовують: лампи накаливання, йодні лампи, люмінесцентні лампи.

Сполучене освітлення – поєднання природного та штучного освітлення.

Виробничі приміщення хімічних виробництв за зоровими умовами роботи здебільшого відносяться до IV (роботи малої точності) і V (грубі роботи) розрядів. Цехи з крупним і нескладним устаткуванням в основному відносять до V розряду (грубі роботи).

Розрахунок природного освітлення зводиться до визначення кількості віконних отворів [19].

Природне освітлення, яке відбувається через вікна, розраховують виходячи із співвідношення площі світлових отворів до підлоги, по формулі [18]:

$$S_{\text{вік}} = \frac{1}{5} \cdot S_{\text{п}}, \quad (24)$$

де $S_{\text{вік}}$ – площа віконних отворів, м²;

$S_{\text{п}} = 63$ – площа підлоги, м².

В результаті отримаємо:

$$S_{\text{вк}} = \frac{63}{5} = 12,6 \text{ м}^2.$$

Площа одного вікна $3,06 \text{ м}^2$, розмір вікна $S_{\text{вк}} = 1,7 \times 1,8 \text{ м}$, кількість вікон 5 шт.

Кількість світильників, необхідна для освітлення приміщення, визначається методом світлового потоку за формулою [18]:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot K}{F \cdot U \cdot Z}, \quad (25)$$

де $E = 400$ – мінімально допустима освітленість робочих поверхонь, лк;

$S = 63$ – освітлювана площа, м^2 ;

$F = 1720$ – світловий потік однієї лампи, залежний від її потужності, лм;

$K = 1,5$ – коефіцієнт запасу для люмінесцентних ламп у приміщеннях з малим виділенням забруднень;

$Z = 1$ – поправочний коефіцієнт, що залежить від конструкції світильника, тип світильника люмінесцентний;

$U = 1$ – коефіцієнт використання освітлювальної установки, що залежить від конструкції світильника, коефіцієнта відображення стелі та стін.

Для штучного освітлення вибираємо світильник підвісний з двома люмінесцентними лампами з дифузними віддзеркаленням. Ці лампи є найбільш поширеними джерелами світла побутових і виробничих приміщень, що пояснюється наступними їх перевагами: вони прості у виготовленні, зручні в експлуатації, не вимагають додаткових пристроїв для включення в мережу.

Розміри світильника $1260 \times 220 \text{ мм}$.

$$n = \frac{400 \cdot 63 \cdot 1,5}{1720 \cdot 1 \cdot 1} \approx 20 \text{ шт.}$$

Визначаємо кількість світильників [18]:

$$N = \frac{n}{n_1}, \quad (26)$$

де $n = 20$ – кількість ламп для освітлення приміщення;

$n_1 = 2$ – число ламп для одного світильник.

$$N = \frac{20}{2} = 10 \text{ шт.}$$

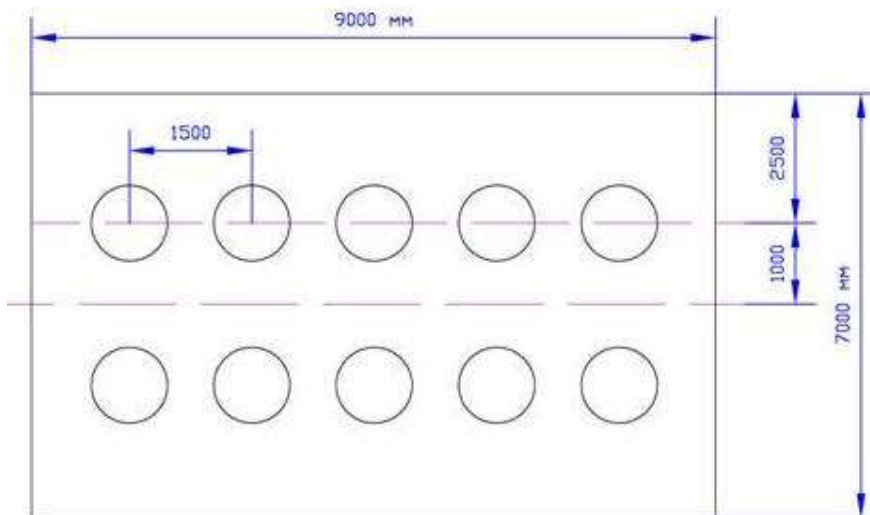


Рисунок 9.1 – Розміщення світильників

Потужність електроосвітлювальної установки з урахуванням місцевого освітлення визначається по формулі [18]:

$$N = \frac{n \cdot W + (0,1 \div 0,2) \cdot n \cdot W}{1000}, \quad (27)$$

де n – розрахункова кількість ламп для даного приміщення;

$W = 40$ – потужність однієї лампи, Вт;

$(0,1 \div 0,2) \cdot n \cdot W$ – додаткова потужність для ламп місцевого освітлення, Вт.

$$N = \frac{20 \cdot 40 + 0,1 \cdot 20 \cdot 40}{1000} = 0,88 \text{ кВт.}$$

9.3.4 Заходи боротьби з шумом та вібрацією

В якості заходів боротьби з шумом та вібрацією рекомендовано застосовувати як організаційні, так і технічні заходи:

- амортизація та віброізоляція з допомогою сталених пружин (ресор) і пружних матеріалів (гума, повсть, деревина, пробка);
- балансування (врівноваження) рухомих і особливо обертових деталей і механізмів;
- застосування динамічних віброгасників;
- усунення або зменшення вібрації і шуму в джерелах їх утворення, а потім застосування заходів зменшення шуму на шляху його розповсюдження, а також засобів індивідуального захисту;
- зниження рівню шуму, що утворюється за руху газів і повітря в трубопроводах, шляхом збільшення площі поперекового перетину газопроводів тощо;
- жорстке кріплення віброуючих деталей та вузлів, усунення надлишкових зазорів в супраженнях машин і механізмів;

- збільшення загальної маси фундаменту і використання металічних масивних плит в фундаментних опорах;
- ізоляція фундаменту устаткування від ґрунту за допомогою повітряних розривів (акустичних швів);
- зміна числа обертів джерела вібрації для збільшення розриву між власною частотою коливань і резонансною частотою;
- заповнення потенційних резонуючих порожнин демпфуючими матеріалами (гума, повсть, азбест, тощо);
- заміна ударного устаткування безударним.

Оскільки на проєктованому виробництві є вібруючі та гучні машини та деталі, то для захисту персоналу, який працює у безпосередній близькості до цього обладнання передбачено такі засоби індивідуального захисту від шуму: заглушки (антифони), які вкладаються в зовнішній слуховий прохід, і протишумні (шумозахисні) навушники та шлеми, які закривають вушну раковину ззовні. Для захисту від вібрації передбачають віброізолююче взуття і рукавички [20].

9.3.5 Заходи захисту від статичної електрики

До заходів від статичної електрики відносяться:

- запобігання накопичення зарядів на металевому устаткуванні (досягається заземленням всіх металевих частин, на яких можуть з'явитись заряди);
- послаблення генерації зарядів на твердих тілах і в рідинах (за рахунок збільшення їхньої поверхневої провідності шляхом підвищення відносної вологості повітря, хімічної обробки поверхні, зменшення швидкості переміщення матеріалів, що заряджаються, тощо);

- запобігання можливості утворення вибухонебезпечних сумішей горючих речовин з повітрям в місцях, де можуть утворюватись і накопичуватись заряди (шляхом вентиляції або використання інертних газів);
- нейтралізація накопичених зарядів на твердих і в рідких діелектриках у процесах їх виникнення або накопичення (шляхом іонізації навколишнього повітря або шляхом виконання поверхонь стикання з матеріалів з різними діелектричними проникністями);
- запобігання накопичення зарядів на твердих і в рідких діелектриках (шляхом збільшення їхньої електричної провідності з допомогою антистатичних присадок тощо).

Для відведення статичної електрики, яка накопичується на людині, передбачають:

- улаштування електропровідних підлог або заземлених зон, підмостів і робочих ділянок, заземлення ручок дверей, поручнів сходів або рукояток приладів, машин і апаратів;
- забезпечення працюючих струмопровідним взуттям;
- заборона одягу з синтетичних матеріалів та шовку, а також обручок і металевих прикрас, тощо [21].

9.3.6 Заходи електробезпеки

До заходів електробезпеки відносяться:

- забезпечення недоступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою; електричний розподіл мережі;
- усунення небезпеки поразки за з'явлення напруги на корпусах, кожухах та частинах електроустаткування, що досягається використанням малих напруг;

- застосуванням подвійної ізоляції, вирівнюванням потенціалу, захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням;
- застосування спеціальних електрозахисних засобів – переносних приладів і пристроїв; організація безпечної експлуатації електроустановок тощо.

Для усунення переходу напруги на корпус і на неструмоведучі частини електричного і технологічного обладнання за замкнення на них одної з фаз застосовують захисне заземлення або занулення [21].

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

Загальний опір захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [18]:

$$R_{ззп} = \frac{R_з \cdot R_n}{R_з \cdot n_n \cdot \eta_з + R_з \cdot \eta_n}, \quad (28)$$

де R – опір заземлення, в якості якого використовуються стрижні, Ом;

R – опір лінії, що з'єднує заземлювачі, Ом;

n – кількість заземлювачів, шт.;

$\eta_з = 0,8$ – коефіцієнт екранування заземлювача;

$\eta_n = 0,7$ – коефіцієнт екранування, що з'єднує смуги.

Опір заземлювача визначається за формулою [18]:

$$R_з = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\frac{\ln 2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{(4t+1)}{(4t-1)} \right), \quad (29)$$

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

$l = 10$ – довжина стрижня, м;

$d = 0,03-0,05$ – діаметр стрижня, м;

$t = 0,5$ – відстань від середини забитого в ґрунту заземлювача до рівня землі, м;

Опір лінії, що з'єднує заземлювачі, визначається за формулою [18]:

$$R_n = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \frac{\ln 2 \cdot L}{b \cdot t'}, \quad (30)$$

де $L = 30$ – довжина смуги, що з'єднує заземлювачі, м;

$b = 0,03$ – ширина смуги при прокладці всередині будівлі, м;

$t' = 0,5$ – глибина заземлення від рівня землі, м.

Кількість заземлювачів захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [18]:

$$n = \frac{2R_3}{4 \cdot \eta_3}, \quad (31)$$

де 4 – допустимий загальний опір, Ом;

2 – коефіцієнт сезонності.

$$t = \frac{1-t'}{2} = \frac{10 \cdot 0,5}{2} = 4,75.$$

$$R_3 = \frac{700}{2 \cdot 3,14 \cdot 10} \left(\ln \frac{2 \cdot 10}{0,03} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 4,75 + 10}{4 \cdot 4,75 - 10} \right) = 65,95 \text{ Ом.}$$

$$R_{\text{зм}} = \frac{700}{2 \cdot 3,14 \cdot 30} \cdot \ln \frac{2 \cdot 30^2}{0,03 \cdot 0,5} = 43,4 \text{ Ом.}$$

$$n = \frac{2 \cdot 65,95}{4 \cdot 0,8} = 41,22 = 42 \text{ шт.}$$

$$R_{\text{ззп}} = \frac{65,95 \cdot 43,4}{43,4 \cdot 42 \cdot 0,8 + 65,95 \cdot 0,7} = 1,90 \text{ Ом.}$$

Після проведення всіх розрахунків значення $R_{\text{ззп}}=1,90 \text{ Ом} \leq 4 \text{ Ом}$, то захисний заземлюючий пристрій зможе забезпечити електробезпеку виробничої будівлі.

9.4 Заходи пожежної безпеки на виробництві

Вимоги пожежної безпеки передбачають основні заходи як запобігання виникнення і поширення пожеж і вибухів, так і ефективного протипожежного захисту об'єкту (заводу, цеха, ділянки, лабораторії тощо), який проектується.

До таких заходів відносяться:

- технічні і організаційні заходи з запобігання утворення пожежо- та вибухонебезпечних середовищ;
- технічні і організаційні заходи з запобігання виникнення і проявлення імпульсів загоряння (організація місць для виробництва вогневих робіт, вибір відповідного електрообладнання, у тому числі світильників, усунення вияву зарядів статичної електрики, блискавкозахист і

таке інше);

- технічні і організаційні заходи з запобігання виникнення пожеж і вибухів (необхідно вказати ступінь вогнестійкості будівель і споруд, спосіб розміщення вогнеперекривачів, брандмауерів, водяних завіс, огороження технологічних установок, аварійні заходи тощо);
- протипожежний водопровід (низького або високого тиску) на території об'єкта і пожежний водопровід в будівлях виробництв і складів;
- упорядкування пожежонебезпечних приміщень спринклерними або дренчерними пристроями автоматичного гасіння пожеж водою;
- стаціонарні установки в цехах систем пінного і вуглекислотного вогнегасіння, спеціальний підвід водяної пари або азоту концентрацією, не меншою за 97 % об.;
- улаштування пожежного депо з автомашинами і іншими пересувними пристроями для гасіння пожеж;
- мережа пожежних проїздів на території об'єкта, який проектується;
- улаштування резервуарів (наземних і підземних) або інших водоймищ для недоторканого запасу води та ін [20].

Вогнеприпинювачами називають захисні пристрої, які вільно пропускають паро-, пило- або газоповітряну суміш, але не пропускають полум'я. Вони встановлюються на дихальних лініях резервуарів, мірників і апаратів з легко спалахуючими рідинами і горючими газами. Вогнеприпинювачі є корпусами з металевою насадкою в вигляді гофрованих пластин, пакету металевих сіток, фольгованих касет, гравію, мінеральної вати або кілець Рашига.

Принцип дії вогнеприпинювача оснований на тому, що горюча суміш, яка проходить через нього, розбивається у насадці на тонкі струмені. За окиснення горючої суміші в каналах малого діаметра можливість тепловтрати перевищує тепловиділення, і горіння припиняється.

На особливо відповідальних ділянках газопроводів, газоходів, пилопроводів в сполученні з вогнеприпинювачами ставлять розривні мембрани.

Рекомендовано також застосовувати автоматичні системи відсікання полум'я механічної або гідравлічної дії (перекриття заслінками газопроводу, подача води для охолодження).

За розробки протипожежних заходів слід звернути особливу увагу на склади, а саме на склади і злив небезпечних рідин, насосні для вогненебезпечних рідин, склади горючих рідин і кислот, які зберігаються в скляній тарі, склади балонів з стисненими, зрідженими і розчиненими газами. Пожежна профілактика на складах повинна забезпечувати ефективну безпечну роботу на виробництві, що проектується.

Розрахунок потреби кількості недоторканого протипожежного запасу води здійснюється з урахуванням таких рекомендацій:

- тривалість пожежі приймається рівною 3 годинам;
- за нормами припускається вірогідність виникнення одної пожежі на підприємстві, розміщеному на площі 150 га, і двох пожеж на підприємстві, яке займає площу понад 150 га.

Витрати води для зовнішнього гасіння нормуються залежно від ступеню вогнестійкості будівель і категорійності виробництва за пожежною безпекою.

Оскільки проектоване виробництво має категорію за пожежною безпекою – Б та ступінь вогнестійкості будівель II, а об'єм будівель складає близько 7500 м³, то витрати води на зовнішнє вогнегасіння через гідрант на одну пожежу приймається рівним 15 л/с.

Для внутрішнього гасіння пожежі приймається додаткова витрата води 5 л/с (два струменя по 2,5 л/с). За наявності спринклерної установки для її постачання приймається витрата води 10 л/с.

До первинних найпростіших засобів гасіння осередків загорянь відносяться ручні вогнегасники: хімічнопінні, повітрянопінні (ОП-5, ОХП-10, ОПВ-5,10 та ін.), вуглекислотні ЕОУ-5,10), ящики з піском, щити з пожежним інвентарем, вовняні або азбестові ковдри та ін. [22].

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті розроблена стадія розкладання апатитового концентрату виробництва простого суперфосфату потужністю 360 тис. т/рік.

На підставі огляду сучасних способів виробництва простого суперфосфату, зіставленні їх переваг і недоліків, був вибраний безперервний спосіб виробництва з одержанням гранульованого суперфосфату в барабанному грануляторі.

В проекті подана повна характеристика вихідної сировини та готової продукції.

Згідно з завданням на дипломний проект було вивчені фізико-хімічні основи процесу виробництва, представлена технологічна схема виробництва, виконані розрахунки матеріального та теплового балансу стадії розкладання апатитового концентрату, детально розглянуто конструкцію, принцип дії, правила експлуатації та автоматизацію основного апарату стадії – суперфосфатної камери, вибране допоміжне технологічне обладнання розроблюваної стадії.

В дипломному проекті представлений спосіб переробки фторвмісних газів у фтористі солі, які мають велике значення для багатьох галузей народного господарства.

Розділ «Охорона праці» містить детальну інформацію про шкідливі виробничі фактори на проектованому виробництві та заходи запобігання цим факторам, а також виконані розрахунки вентиляції, опалення, освітлення та заземлення приміщення хімічної лабораторії виробництва гранульованого простого суперфосфату.