

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра "Хімічна інженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота магістра
зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Обладнання хімічних виробництв і
підприємств будівельних матеріалів"

Тема роботи: «Виробництво гранульованого суперфосфату.
Розробити та модернізувати барабанну сушарку.»

Виконав:

студент групи: ХМ.м-91/1

Гончаренко Владислав Павлович

підпис

Залікова книжка

№17510079

Кваліфікаційна робота магістра
захищена на засіданні ЕК
з оцінкою _____
" ____ " _____ 20__ р.

Керівник:

канд.техн.наук, доцент

Юхименко Микола Петрович

підпис, дата

Підпис голови
(заступника голови) комісії

СУМИ 2020

РЕФЕРАТ

Тема роботи: " Виробництво гранульованого суперфосфату. Розробити та модернізувати барабанну сушарку".

Графічні матеріали: технологічна схема сушіння гранульованого суперфосфату, складальне креслення апарату, складальне креслення вузлів, всього 5 креслень і плакат розрахунку барабану з використанням ЕОМ .

Розглянуто існуючі конструкції барабанних сушарок та їх модернізації, в роботі була впроваджена модернізація перфорованого конуса в внутрішній частині барабана, що забезпечує зниження енерговитрат на процесі сушіння за рахунок більш ефективного використання сушильного агента. Наведено теоретичні основи і особливості процесу сушіння, визначено розміри барабанної сушарки, гідравлічний опір, обґрунтовано вибір матеріалу для виготовлення апарату, рекомендації до ремонту та монтажу апарату, автоматизація технологічного процесу сушки.

Проведено розрахунки на міцність корпусу сушарки.

Розділ охорони праці представляє обов'язкові умови безпеки в роботі з апаратом.

Ключові слова: Барабанна сушарка, Суперфосфат, Апарат, Сушіння.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Вступ | 4 |
| 1 Аналіз літературних джерел..... | 5 |
| 1.1 Літературний огляд..... | 5 |
| 1.2 Аналіз сучасних конструкцій барабанних сушарок..... | 7 |
| 1.3 Вибір і обґрунтування модернізації..... | 9 |
| 2 Технологічна частина..... | 11 |
| 2.1 Опис технологічної схеми виробництва гранульованого суперфосфату..... | 11 |
| 2.2 Теоретичні основи розроблюваного процесу..... | 13 |
| 2.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів..... | 14 |
| 3 Технологічні розрахунки процесу і апарата..... | 17 |
| 3.1 Тепловий розрахунок сушарки..... | 17 |
| 3.2 Матеріальний баланс і технологічні розрахунки..... | 20 |
| 3.3 Конструктивні розрахунки..... | 23 |
| 3.4 Гідравлічний опір апарату..... | 30 |
| 3.5 Вибір допоміжного обладнання..... | 31 |
| 4 Розрахунки апарата на міцність..... | 34 |
| 5 Монтаж та ремонт апарата..... | 38 |

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|---------------------|----------------|-------------|---|----------------------|-------------|---------------|
| | | | | | <i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i> | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | <i>Розрахунок барабанної сушарки Пояснювальна записка</i> | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Разраб.</i> | | <i>Гончаренко</i> | | | | | | |
| <i>Провер.</i> | | <i>Юхименко</i> | | | | | 2 | 57 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | <i>СумДУ ХМ.м-91</i> | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | | |
| <i>Утверд.</i> | | <i>Склябінський</i> | | | | | | |

| | |
|---|----|
| 5.1 Ремонт апарата..... | 38 |
| 5.2 Монтаж розробленого апарата..... | 42 |
| 6 Автоматизація технологічного процесу..... | 44 |
| 6.1 Опис контрольованих параметрів апарату..... | 44 |
| 6.2 Схема автоматизації апарату..... | 47 |
| 7 Охорона праці..... | 50 |
| Висновок..... | 54 |
| Список літератури..... | 55 |
| Додатки | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|---------------------|------|
| | | | | | XI.C.00.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | | 3 |

Вступ

Сушка - це видалення парів вологи, що утворюються при підведенні теплоти до висушуваного матеріалу (сипкого, рідкого і пастоподібного). Інтенсивність сушіння залежить від способу підведення теплоти до висушуваного матеріалу і відведення вологи, що випаровується, а також від швидкості переміщення вологи з глибинних шарів матеріалу до його поверхні. Останній показник в свою чергу визначається теплофізичними властивостями матеріалу, що висушується і формою зв'язку з ним вологи. Внаслідок великої номенклатури, підлягають висушуванню матеріали використовують багато різних за конструкцією сушильних апаратів, що ускладнює їх чітку класифікацію і типізацію. Сушарки, що застосовуються в хімічній промисловості, зазвичай класифікують за способом підведення теплоти до висушуваного матеріалу наступним чином: конвективні (для сушки матеріалу в шарі, барабанні обертові, для сушки матеріалу в режимі псевдожиженого і фонтануючого шарів, для сушки матеріалу в режимі пневмотранспорту); кондуктивні (поличні, барабанні обертові, вальцові); спеціальні (терморадіаційні, високочастотні). З цих сушарок найбільш поширені працюють при атмосферному тиску конвективні сушарки, в яких в якості сушильного агента використовують топкові гази, підігріте повітря або їх суміш. Частка цих сушарок в загальному обсязі застосовуваних сушильних апаратів складає близько 80%. Процес сушіння в таких апаратах може йти в умовах прямого або протиточного руху теплоносія і матеріалу, а також при перехресному їх русі. Найбільш економічні по тепловитратам протиточні сушарки; прямоток використовують лише в тих випадках, коли висушуваний матеріал можна піддавати дії високої температури в кінці процесу сушіння. Найбільшу частку конвективних сушарок у хімічній промисловості становлять барабанні сушарки (близько 40%). З ряду причин в біопаливній галузі, так само як і в багатьох інших галузях, де потрібне сушіння великих об'ємів сипучих матеріалів поширення набули саме сушильні агрегати барабанного типу. Ці сушарки широко застосовуються для безперервного сушіння при атмосферному тиску кускових, зернистих і сипучих матеріалів. Перевагами технології сушіння в барабані є помірна вартість, перевірена, надійна, традиційна технологія, бережлива сушка, що забезпечує збереження всіх властивостей матеріалу, висока енергоефективність.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|---------------------|------|
| | | | | | XI.C.00.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | | 4 |

1. Аналіз літературних джерел

1.1 Літературний огляд

Існує декілька десятків технологій і різноманітностей технологій, які застосовують для сушіння різних сипких матеріалів. Майже всі вони винайдені ще в першій половині ХХ століття. Їх описи та аналіз можна знайти в технічній літературі 1930-х років видання. Але багато з них в останні роки "відкриваються заново", тому що постачальники обладнання та інженерні фірми (що природно) перебувають в безперервному пошуку варіантів удосконалення технологій, які можна застосувати при виробництві. Основними завданнями, які винахідники прагнуть вирішити:

- Зменшення енергоємності процесу сушки;
- Зниження вартості обладнання;
- Спрощення технології та зменшення площ, що зайняте сушильним обладнанням;
- Підвищення вибухо- та пожежної безпеки апаратів.

По певних причинах в біопаливній галузі, так як і в більшості інших галузях, де потрібно висушити великі об'єми сипких матеріалів, найбільшого поширення набули саме сушарки барабанного типу. Ці апарати найбільше застосовуються для безперервної сушки при атмосферному тиску кускових, зернистих і сипучих матеріалів. Одиначна продуктивна здатність такої сушарки може скласти до 20 тонн на годину і більше. Перевагами сушки в барабані є помірна вартість, перевірена, надійна технологія, бережливе сушіння, що забезпечує збереження всіх властивостей матеріалу, висока енергоефективність. Сушарка барабанного типу, як правило, використовує для сушки топкові гази в суміші з повітрям. Барабанні та дискові контактні сушильні апарати працюють з використанням у вигляді теплоносія: пари, гарячої води або термомасла. Температура теплоносія на вході в сушарку становить зазвичай 400 °С, що мінімізує шкідливі викиди в атмосферу, забезпечивши максимальну якість висушеного матеріалу. В сушильний комплекс може бути включена топка на біомасі, що виробляє гарячі гази, потрібні для сушіння.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | <i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i> | Лист |
| | | | | | | 5 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Інтенсифікувати процес сушки і збільшити ефективність роботи сушильного обладнання можемо шляхом збільшення температур і швидкостей руху сушильного агента, та за рахунок максимальної герметизації сушильних трактів з метою виключення підсосів повітря. В середині барабану встановлюють насадки для його кращого заповнення матеріалом і перемішування. Внутрішня частина барабана обладнується лопатями. При обертанні барабану вони захоплюють матеріал і розсипають його тонкими паралельними каскадами (цівками), що займають весь простір барабана. Підігріті газы між каскадами падаючого матеріалу безпосередньо стикаються з вологими поверхнями його частинок. Частина матеріалу залишається на дні барабана і піддається іншому способу теплообміну, на відміну від матеріалу, який зсипається у вигляді каскадів. Число каскадів, що утворюються в сушильному барабані, залежить від кількості і форми лопатей. При конструюванні внутрішніх устаткувань барабанних сушарок враховують густину і сипкі властивості матеріалу і необхідність забезпечення його рівномірного перерозподілу в поперечному перетині барабана. На роботу барабанних сушарок істотно впливають:

- Герметичність апарату як при завантаженні, так і розвантаженні матеріалу;
- Застосування належних насадок;
- Початкова температура газів (сушильного агента);

• Швидкість обтікання підігрітими газами матеріалу в сушарці. Режими роботи барабанних сушарок в значній мірі залежать від крупності і вологості сушеного матеріалу. Коефіцієнт заповнення матеріалом перетину сушильних барабанів коливається від 0,15 до 0,25. Температура сушильного агента допускається до 1100° С, швидкість руху агента на виході з барабана — не більше 5 м/с, а для дрібного матеріалу щоб уникнути його віднесення 0,5–1 м/с, температура агента при виході з сушарки 70–150° С, тривалість сушки 15–40 хв., число обертів барабана — від 1 до 6 за 1 хв. (вибирається з таким розрахунком, щоб час перебування сушеного матеріалу в барабані при відповідному числі його обертів відповідав встановленій тривалості сушки). Система з електродвигунів, редукторів, вінцевих шестерень має багато складових, кожна з яких має відповідати високим вимогам надійності та довговічності. Також, враховуючи сучасні реалії кожен оберт сушарки повинен бути виконаний з максимальною економічною вигодою. Відповідно до вище наведеної інформації удосконалення конструкцій сушарок є важливою науково-технічною задачею.[1]

1.2 Аналіз сучасних конструкцій барабанних сушарок

Фірма «KBW Machinery» на основі сушильної машини з триходовим барабаном розробила барабанну сушарку з потрійним ходом, що зробило крок далі в технології барабанних сушарок. Поворотна сушарка з потрійним проходом (рис. 1.1) покращує ефективність експлуатаційних витрат, термін служби, енергоефективність, стійкість виробу.

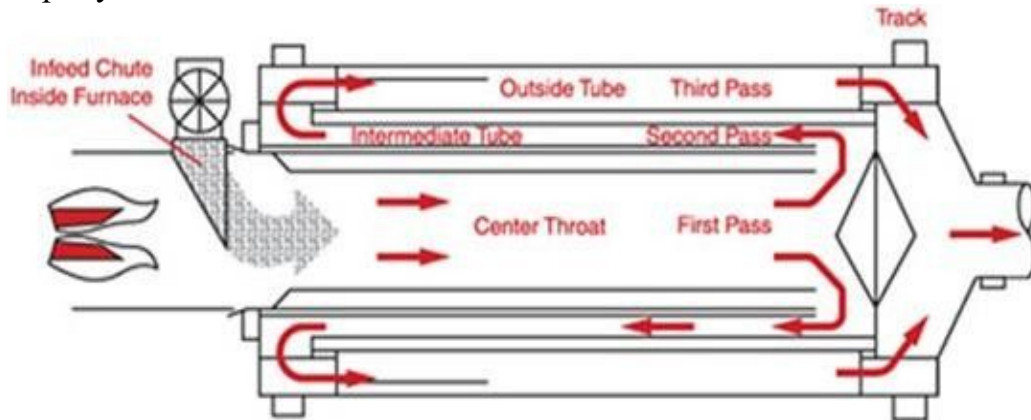


Рисунок 1.1 Триходова барабанна сушарка фірми «KBW Machinery»

Оскільки три проходи сконцентровані та з'єднані між собою, барабани повної довжини максимально збільшують ефективну тривалість та час перебування у меншій площі підлоги порівняно з сушаркою з одним проходом. Замість приводу передач або ланцюгового руху, барабанні сушарки з трьома проходами приводяться у рух роликми. Плавна передача зменшує стирання і продовжує термін служби.[1]

Перевагами триходової барабанної сушарки є :

- Вища теплова ефективність. Зовнішній барабан є також додатковою теплоізоляцією.
- Тепловіддача відбувається у вигляді конвекції, провідності, випромінювань.
- Скорочена довжина, зменшена площа підлоги.

Недоліками триходової барабанної сушарки є :

- Вологий продукт вводиться в центральний отвір сушарки, безпосередньо в «пальник» гарячих газів.
- Вологі тверді речовини постійно піддаються нагріванню, коли вони переміщуються по всій довжині барабана, що призводить до обуглювання, пересушування і навіть до пожеж.
- Подаючи в центральний отвір, вологі тверді речовини витісняються у тисний простір. Продукт має меншу відстань до падіння і має властивість утворювати скупчення.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 7 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | XI.C.00.00.00.00.ПЗ | | | | |

- Сушильний агент на початку свого руху має велику швидкість, але вона падає, коли він рухається через кільцеві проходи. Це падіння зменшує транспортуючу здатність.

Також звичайні триходові барабани можуть пересушити матеріал. Він починає висихати з великою швидкістю повітря, потім падає на кожному етапі, тому частинки можуть накопичуватись, перегріватись та засмічуватись.

Ротаційна барабанна сушарка з чотирма зонами QuadPass™ запускається з нижчою швидкістю, пізніше швидкість поступово збільшується.

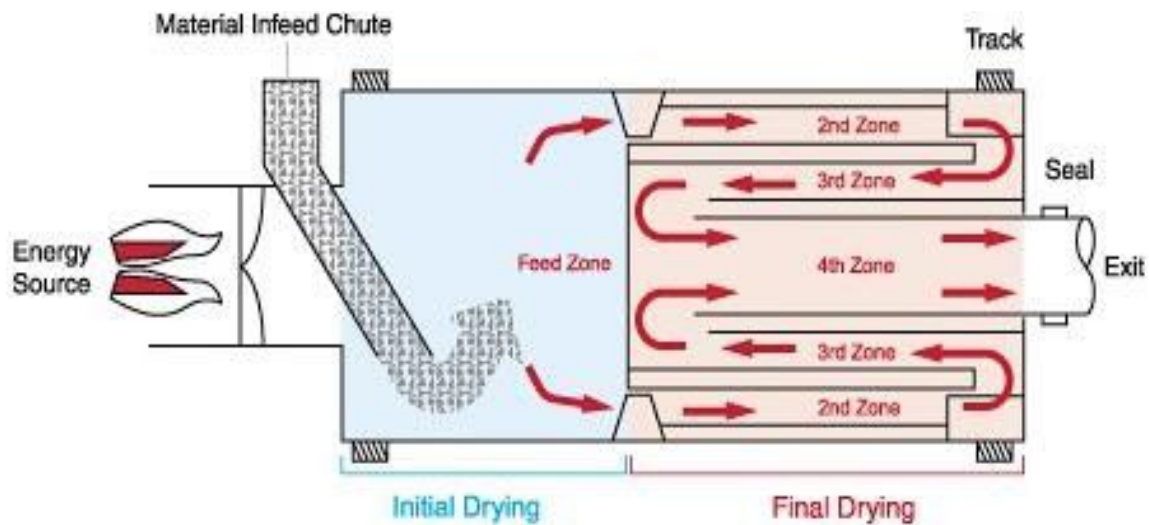


Рисунок 1.2. Барабанна сушарка фірми QuadPass™ з чотирма зонами.

Данна сушарка дозволяє висушувати кожну частину матеріалу з його індивідуальною швидкістю висихання, незалежно від розміру, щільності або вологості. Висушені частинки виходять з барабану, не перегріваючись.[1]

Перевагами барабанної сушарки з чотирма зонами є :

- Подача матеріалу дозволяє вологому матеріалу потрапляти в барабан подалі від гарячих газів.
- Вологі тверді речовини піддаються впливу високої температури контрольованими шляхами, через послідовність "підйому та падіння".
- Зона подачі – це весь діаметр барабана. Подача в такий великий об'єм дозволяє частинкам поширюватись і подорожувати окремо, а не грудками. Падіння через більшу вертикальну відстань забезпечує подачу сушильного агенту до всіх

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

поверхонь частинок.

- Швидкість руху сушильного агенту є найбільш повільною у зоні подачі, а потім зростає у кожній наступній зоні. Ця зростаюча швидкість допомагає транспортувати матеріал.
- Більші, більш вологі частинки довше залишаються в барабані і продовжують віддавати вологу, оскільки їх виштовхує повітря. Кожна частинка виходить із системи сушарки при бажаному вмісті вологи.

1.3 Вибір і обґрунтування модернізації [2]

Під час виконання магістерської роботи було проведено патентний пошук модернізованих конструкцій барабанних сушарок.

Пошук проводився на наступних відкритих ресурсах:

- <http://www1.fips.ru>
- <http://www.epo.org>
- <http://www.uipv.org>
- <https://patents.google.com>

Було знайдено кілька технічних рішень для модернізації на основі статей та патентів, обрана з них детально описана нижче.

Більш ефективно використання сушильного агента в барабанних сушарках можна досягти при його підведенні під шар матеріалу.

Данна ідея впроваджена на рисунку 3.

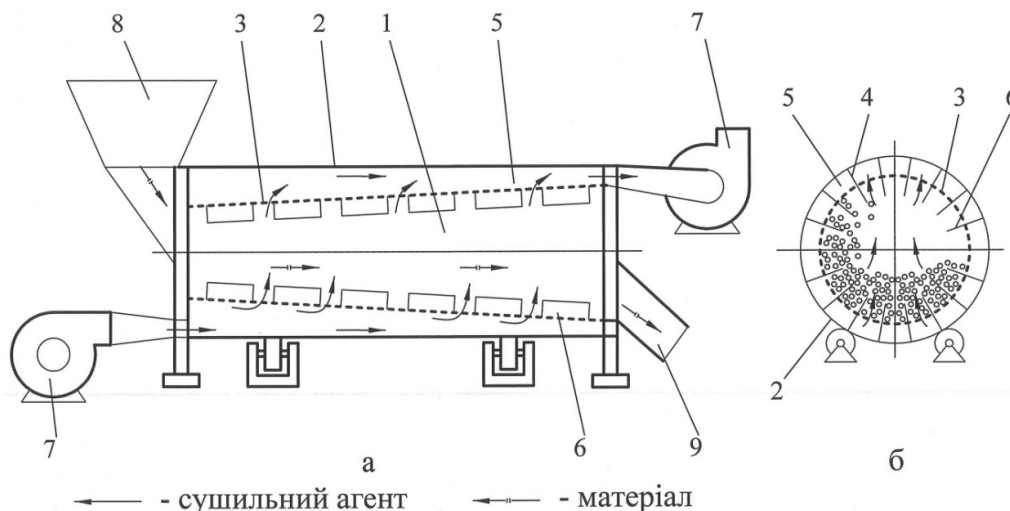


Рисунок 1.3 – Барабанна сушарка: 1 – сушильний барабан; 2 – циліндричний кожух; 3 – перфорований конус; 4 – перегородка; 5 – секція; 6 – полицка; 7 – вентилятор; 8 – завантажувальний бункер; 9 – вивантажувальний патрубок

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |

XI.C.00.00.00.00.ПЗ

Лист

9

Барабанна сушарка містить сушильний барабан, утворений циліндричним кожухом з співвісно розташованим у ньому перфорованим конусом. Перфорований конус розташований таким чином, що його менша основа знаходиться зі сторони завантаження матеріалу, а більша - зі сторони вивантаження матеріалу. Сушильний барабан обладнано перегородками, які утворюють секції, розділяючи простір між циліндричним кожухом та перфорованим конусом. Вздовж внутрішньої поверхні перфорованого конуса розташовані полички.

Запропонована конструкція забезпечує більш ефективне використання сушильного агента за рахунок проходження його через шар матеріалу. Враховуючи також, що діаметр сушильної камери значно більший за розміри частинок матеріалу, шар матеріалу в поперечному перерізі сушильної камери можна розглядати, як утворений елементарними шарами висотою в одну частинку матеріалу dh , що послідовно омиваються сушильним агентом, який рухається через них знизу вгору у площині, перпендикулярній осі сушильної камери (рис.4).

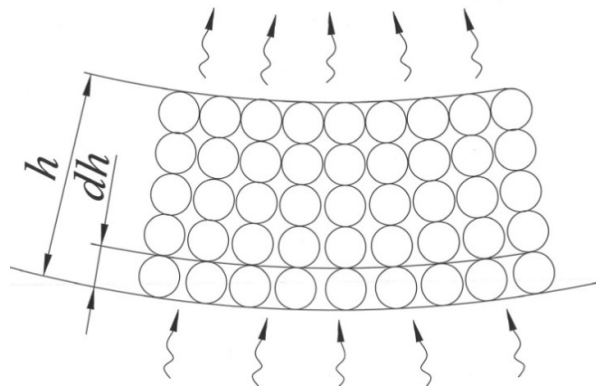


Рисунок 1.4 – Шар матеріалу в поперечному перерізі сушильної камери

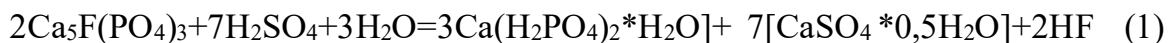
Застосування запропонованої конструкції барабанної сушарки дозволяє досягнути більш ефективного використання сушильного агента за рахунок проходження його через більший шар матеріалу та знижує енерговитрати на процес сушіння за рахунок більш ефективного використання сушильного агента.

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

2. Технологічна частина.

Сутність виробництва простого суперфосфату складається в перетворенні природного фторопатиту, нерозчинного у воді і ґрунтових розчинах, в розчинні сполуки, переважно в монокальційфосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.

Процес розкладання може бути представлений таким сумарним рівнянням:



Практично в процесі виробництва простого суперфосфату розкладання протікає в дві стадії. На першій стадії близько 70% апатиту реагує з сірчаною кислотою. При цьому утворюються фосфорна кислота і напівгідрат сульфату кальцію:



Ця стадія являє собою хімічне розчинення, ускладнене осадженням на зернах фосфату щільних, або порівняно пухких пористих кірок сульфату кальцію. Після повного використання сірчаної кислоти починається друга стадія розкладання, в якій залишився апатит (30%) розкладається фосфорною кислотою. [3]

2.1 Опис технологічної схеми виробництва гранульованого суперфосфату.

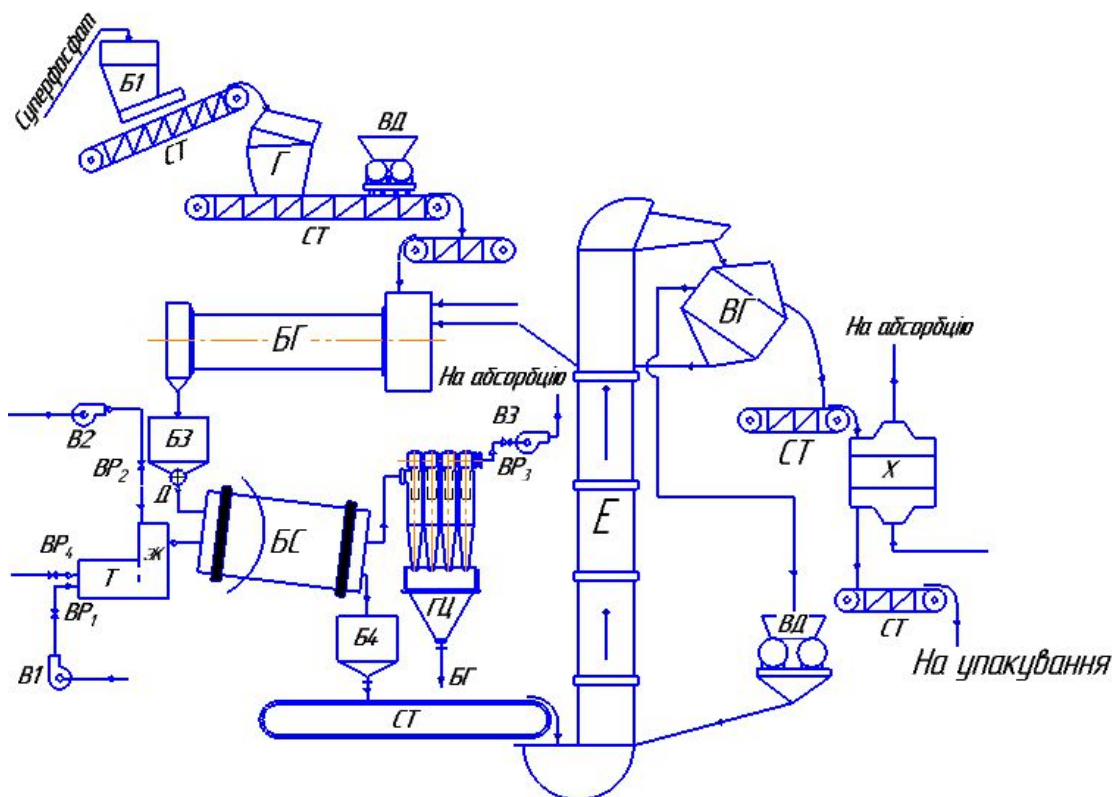


Рисунок 2.1 - Технологічна схема отримання гранульованого суперфосфату

Сірчану кислоту, підігріту до 55-65 °С, з напірного бака направляють в кислотний змішувач , де розбавляють водою до утворення 68-68,5% -ної H_2SO_4 . Через щільний витратомір сірчану кислоту безперервно подають у змішувач де протягом декількох хвилин змішують з апатитовим концентратом. Утворюється при змішуванні густа сметано-подібна пульпа при температурі 115 ° С, яка безперервно надходить в суперфосфатну камеру. Тут триває реакція розкладання фосфату сірчаною кислотою. Після затвердіння суперфосфатну масу вирізають ножами фрезера, зрізаний суперфосфат через центральну (розвантажувальну) трубу видаляють з камери і стрічковим транспортером подають на склад. З транспортера суперфосфат потрапляє на розкидач, що розбиває грудки суперфосфату. При цьому частина вологи випаровується і суперфосфат охолоджується. З камери відходять фторвмісні гази надходять на очистку в абсорбційні камери, зрошувані водою чи розведеною кремнефтористою кислотою. При циркуляції в камерах виходить 8-10% -ний розчин H_2SiF_6 , який відводять на переробку. Суперфосфат витримують протягом 5-20 діб на складах, де він зберігається в купах висотою 6-10 м. Протягом цього часу за допомогою грейферного крану суперфосфат 2-3 рази перелопачують для охолодження. Визрілий суперфосфат змішують з сухим вапняком для нейтралізації, відсівають від великих часток на грохоті і подрібнюють в валковій дробарці . Потім в барабанному грануляторі порошкоподібний суперфосфат змішують з ретуром, зволожують і при обертанні барабана формуються гранули округлої форми. Вологі гранули сушать в барабанній сушарці топковими газами. Висушений продукт класифікують на віброгрохоті. Фракція гранул розміром 1-4 мм є товарними продуктом. Його охолоджують повітрям в апараті з псевдозрідженим шаром твердої фази і подають на упакування. Дрібну фракцію знову направляють на гранулятор, а велику подрібнюють в дробарці і повертають елеватором на грохот. Простий гранульований суперфосфат - найдешевше фосфорне добриво.

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

XI.C.00.00.00.00.ПЗ

Лист

12

2.2 Теоретичні основи розроблюваного процесу.

З різноманітності можливих методів сушіння з'явилося безліч конструкцій сушарок для здійснення тих чи інших методів. За технологічними ознаками сушарки можна класифікувати наступним чином: по тиску (атмосферні і вакуумні); за періодичністю процесу (періодичного, напівбезперервного і безперервної дії); за способом підведення тепла (конвективні контактні, радіаційні і сушарки з нагріванням матеріалу струмами високої частоти); за родом сушильного агента (повітря, газові сушарки і сушарки на перегрітому або насиченому парі); у напрямку руху матеріалу і теплоносія (прямоточні, протиточні і перехресні); по тепловій схемі (калориферні, з додатковим внутрішнім обігрівом, з рециркуляцією частини відпрацьованого повітря, із ступінчастим підігрівом і комбіновані, наприклад, із ступінчастим підігрівом і рециркуляцією); за способом обслуговування (з ручним обслуговуванням і механізованим); за способом нагріву (з паровим, вогневим, газовим і електричним); по циркуляції теплоносія (з природною, штучною циркуляцією, сесіями циркуляції). Типові конструкції сушарок: шафові, камерні, тунельні, шахтні, стрічкові, барабанні, вальцеві (контактні), пневматичні, розпилюючі, з киплячим шаром, вібраційні. Вибір тиску в сушарках визначається хімічним складом продукту, умовами його окислення і розкладання, що допускається температурою нагріву. В атмосферних сушарках тиск або атмосферний, або трохи вище його. Ці сушарки використовуються для сушки більшості хімічних продуктів. Вакуумні сушарки застосовуються при сушінні хімікатів для обробки кольорової кіноплівки, барвників, крихти смоли лавсан, поліамідної крихти смоли капрон і т.д. У хімічній технології в якості сушильного агента широко використовується повітря (сушка калійних солей, анілінових барвників), топкові гази (сушка суперфосфату, солей натрію і т.д.), інертні гази (сушка полікапроніда в струмі азоту). Найбільш економічними по витраті тепла є протиточні сушарки. Прямоточні сушарки застосовуються в тих випадках, коли висушуваний матеріал не витримує високої температури в кінці сушіння. Як видно з наведеної класифікації, за конструктивними особливостями сушарки вельми різноманітні.

2.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів.

У сушильній техніці барабанні сушарки є найбільш поширеним типом. Спочатку такі сушарки представляли собою відкриту обертову трубку, через яку пропускалися гарячі димові гази, які вступали в тепло - і масообмін з рухомим по трубі матеріалом. Барабанні сушарки застосовуються для сушіння сипучих і малосипучих матеріалів (вугілля, фосфорити, мінеральні солі, руда, добрива, пісок, різні хімічні продукти і т.д.). Висока пристосовність дозволила їм знайти застосування в багатьох галузях промисловості і в сільськогосподарській, при індустріальному виробництві кормів. За конструктивним використанням барабанні сушарки дуже різноманітні. Сушарка може бути виконана у вигляді єдиної труби, може також являти собою систему, що складається з великого числа труб різних діаметрів, вставлених одна в іншу. Барабанна сушильна установка повинна розміщуватися у виробничих приміщеннях для захисту від атмосферних впливів на обладнання і скорочення теплових втрат в зимовий період.[4]

Схема барабанної сушарки представлена на рисунку 2.2.

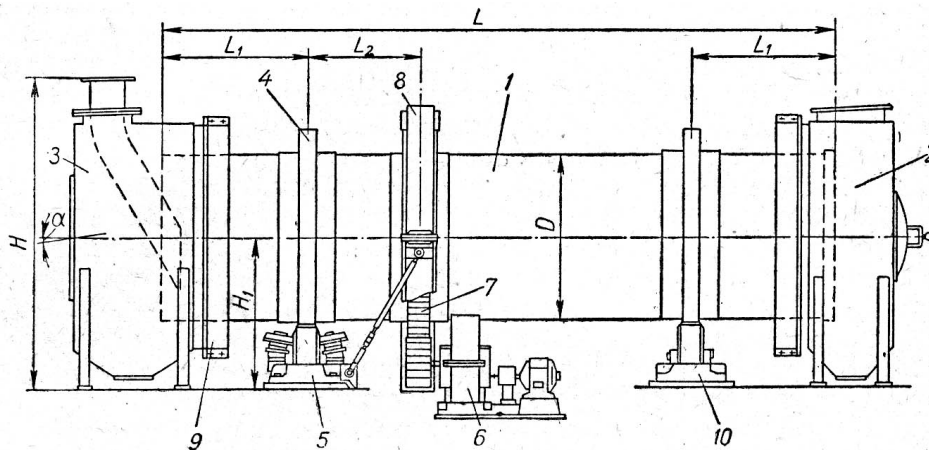


Рисунок 2.2 - Барабанна сушарка.

1 - корпус (барабан); 2 - розвантажувальна камера; 3 - приймальна камера; 4 - бандажі; 5 - опорна станція; 6 - моторно-редукторна група; 7 - зубчастий вінець; 8 - кожух; 9 - ущільнюючі пристрої; 10 - рамки.

Висушуваний матеріал надходить в приймальну камеру 3, куди подається за допомогою живильного пристрою, проходить барабан 1 і вивантажується

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

XI.C.00.00.00.00.ПЗ

Лист

14

через розвантажувальну камеру 2. Матеріал всередині сушарки пересипається за допомогою спеціальної насадки, встановленої в барабані, і пересувається до розвантажувальної камери за рахунок установки барабана під деяким нахилом (до 6°). На барабані кріпляться бандажі 4, які спираються на ролики 10, встановлені під кутом 60°. Таким чином, барабан весь час котиться по роликам. Число опор у сушарок зазвичай два.

Для запобігання від осьових зсувів барабана служать опорні ролики, які ставлять на бандаж, найближчий до приводу. Привід барабана здійснюється моторно-редукторною групою 6 через зубчастий вінець 7, укріплений на барабані. Зубчаста вінцева пара закривається кожухом 8. Для попередження виходу газів з барабана назовні і надходженню навколишнього повітря в сушарку передбачені спеціальні ущільнюючі пристрої 9.

Таблиця 2.1 - Матеріал основних деталей барабанних сушарок діаметром 1000-3500 мм.

| Деталь | Матеріал | |
|---|------------------------------------|------------------------------------|
| | Діаметр барабанної сушарки, мм | |
| | 1000 - 2200 | 2500 - 3500 |
| Корпус і насадка | Сталь В Ст. 3КП або сталь Ст. 3 | Сталь В Ст. 3КП або сталь Ст. 3 |
| Рами опорної і опорно- упірної станції | Сірий чавун СЧ 18-36 | Сталь В Ст. 3 або сталь Ст. 3 |
| бандажі | Сталь 40Л-1 | Сталь 45Л-ІІ або сталь 40 |
| ролики опорні | Сталь 40Л-І або сталь Ст. 5 | Сталь 35Л-ІІ |
| ролики упорні | Сталь Ст. 5 | сталь 35 |
| зубчастий вінець | сірий чавун СЧ 21-40 | Сталь 35Л-ІІ |
| підвінцева шестерня | Сталь Ст. 5 | сталь 45 |

Середовище всередині барабанної сушарки являє собою парово-повітряну суміш. Процес протікає при температурі 120-650°C при атмосферному тиску. Тоді у відповідності з [5] вибираємо матеріал для барабана сушарки і конструктивних елементів - сталь СтЗспЗ ГОСТ 380-94. Сталь СтЗспЗ - це вуглецева сталь звичайної якості. Сталь в заданому середовищі при робочих параметрах хімічно і корозійно-стійка, володіє гарною зварюваністю, хорошими характеристиками міцності и пластичності, характеристиками в робочих умовах, допускає холодну і гарячу механічну обробку, вельми поширена, і означає, що не є дефіцитною. Бандажі виготовляють з якісних вуглецевих сталей для того, щоб забезпечити довговічність, оскільки зміна бандажів барабанів надзвичайно важка. За [5] вибираємо сталь 35Л ГОСТ 977-86 вживання для виготовлення деталей, до яких пред'являються вимоги підвищеної міцності і високого опору зносу, працюючих під дією середніх статичних и динамічних навантажень. Вінцева шестерня являє собою вельми відповідальну деталь, працюючи при високих напруженнях. Тому вінцеві шестерні відливаються з сталі і зубці їх фрезеруються. За [5] вибираємо сталь 45Л ГОСТ 977-86 вживання для виготовлення деталей, до яких пред'являються вимоги підвищеної міцності і високого опору зносу, працюючих під дією середніх статичних і динамічних навантажень. Ролики виготовляють з матеріалу менш міцного, ніж бандаж. Ролики лише у відповідальних випадках робляться стальними, звичайно ж відливаються з чавуна і потім обточують. Застосування більш м'якого матеріалу і більшого числа обертів ролика приводять до прискореного зносу і меншої довговічності роликів в порівнянні з бандажами. Таке порушення принципу рівної міцності робиться свідомо. Справа в тому, що зміна бандажа або навіть його проточки надзвичайно трудомісткі і вимагають тривалих зупинок барабанних апаратів. Вигідніше зберегти бандаж и забезпечити його довговічність. Зміна ж зношених роликів набагато більш проста, так і самі ролики набагато дешевші за бандажі. Відповідно до рекомендацій приймаємо чавун СЧ 20 ГОСТ 1412-85. Як матеріал кріпильних деталей у вигляді болтів, шпильок, гайок і інших деталей, призначення для закріплення апарату на опорах, різних вузлів і деталей, приймаємо конструкційну вуглецеву сталь - сталь 35 ГОСТ 1050-74.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|----------------------------|-------------|
| | | | | | <i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 16 |

3. Технологічні розрахунки процесу і апарата

Розрахунки проведені відповідно методики, наведеної в [6].

3.1. Тепловий розрахунок сушарки.

Як паливо використовується сухий природний газ наступного складу:
CH₄ – 92,0 (% об.); C₂H₆ - 0,5; H₂ – 5,0; CO – 1,0; N₂ – 1,5.

Для спалювання 1 кг цього газу необхідно L₀ кг сухого повітря.

Розрахунок L₀ за наступною формулою:

$$L_0 = 138 \cdot (0,0179 \cdot CO + 0,24 \cdot H_2 + \sum(m+(n/4) C_mH_n)/(12 \cdot m + n)) \quad (3.1)$$

де CO, H₂, C_mH_n – об'ємні доли компонентів, що горять.

Звідси:

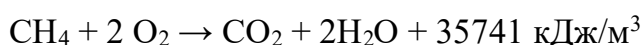
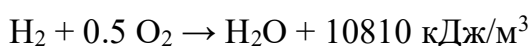
$$L_0 = 138 \cdot [(0,0179 \cdot 0,01 + 0,24 \cdot 0,09 + (1 + (4/4) \cdot 0,92)/(12 \cdot 1 + 4) + (2 + (6/4) \cdot 0,05)/(12 \cdot 2 + 6)] = 17,68 \text{ кг/кг.}$$

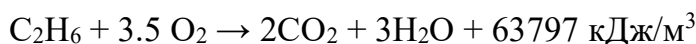
Для визначення теплоти згорання палива скористаємося характеристиками горіння простих газів:

Таблиця 3.1 - Характеристики горіння простих газів [7].

| Газ | Реакція | Тепловий ефект реакції, кДж/м ³ |
|---------------|---|--|
| Водень | H ₂ +0,5O ₂ = H ₂ O | 10810 |
| Оксид вуглецю | CO+0,5O ₂ = CO ₂ | 12680 |
| Метан | CH ₄ +2O ₂ = CO ₂ +2H ₂ O | 35741 |
| Ацетилен | C ₂ H ₂ +2,5O ₂ = 2CO ₂ +H ₂ O | 58052 |
| Етилен | C ₂ H ₄ +3O ₂ = 2CO ₂ +2H ₂ O | 59108 |
| Етан | C ₂ H ₆ +3,5O ₂ = 2CO ₂ +3H ₂ O | 63797 |
| Пропан | C ₃ H ₈ +5O ₂ = 3CO ₂ +4H ₂ O | 91321 |
| Бутан | C ₄ H ₁₀ +6,5O ₂ = 4CO ₂ +5H ₂ O | 118736 |
| Сірководень | H ₂ S+1,5O ₂ = SO ₂ +H ₂ O | 23401 |

Виходячи з теплових ефектів реакцій згорання компонентів палива:





Розрахуємо кількість тепла, що утвориться при згорянні 1 м³ газу:

$$Q_v = w_{\text{CH}_4} \cdot q_{\text{CH}_4} + w_{\text{CO}} \cdot q_{\text{CO}} + w_{\text{H}_2} \cdot q_{\text{H}_2} + w_{\text{C}_2\text{H}_6} \cdot q_{\text{C}_2\text{H}_6}, \quad (3.2)$$

де w - об'ємна доля компоненту, %;

q – питома теплота згоряння компоненту, кДж/м³.

Отримуємо:

$$Q_v = 0,92 \cdot 35741 + 0,01 \cdot 12680 + 0,05 \cdot 10810 + 0,005 \cdot 63797 = 33868 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

Щільність паливного газу визначимо за формулою:

$$\rho_n = \frac{\sum w_i \cdot M_i}{v_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_n} \quad (3.3)$$

де M_i – мольна маса компоненту, t_n – температура палива, v_0 – мольний об'єм газу.

Підставивши у формулу значення отримаємо:

$$\rho_n = \frac{(0,92 \cdot 16 + 0,005 \cdot 30 + 0,05 \cdot 2 + 0,01 \cdot 28 + 0,015 \cdot 28)}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 20} = 0,652 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Кількість тепла, що виділяється при спалюванні 1 кг газу:

$$Q = \frac{Q_v}{\rho_n} \quad (3.4)$$

$$Q = \frac{33868}{0,652} = 51945 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Маса газів, що подається до барабану у розрахунку на 1 кг палива, що горить визначається загальним коефіцієнтом надлишку повітря α , необхідного для горіння палива та розбавлення топочних газів до температури 700°C.

Значення α знаходять з рівнянь теплового та матеріального балансів:

$$Q\eta + ct_n - i_{c,r} \cdot (1 - \sum \frac{9n}{12m+n} \cdot C_m H_n) - \alpha = \frac{-i_n \cdot \sum \frac{9n}{12m+n} \cdot C_m H_n}{L_0 \cdot (i_{c,r} + i_n x_0 - I_0)} \quad (3.5)$$

де η – ККД топки (дорівнює 0,95); c – теплоємність палива при 20°C, (дорівнює 1,34 кДж/(кг·К)); I_0 – ентальпія свіжого повітря, кДж/кг; $i_{c,r}$ – ентальпія сухих газів, кДж/кг; x_0 – вологовміст свіжого повітря, кг/кг;

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

$i_n = r_0 + c_p \cdot t_{вп}$, r_0 – теплота випаровування води при 0°C , 2500 кДж/кг ; c_p – середня теплоємність водяної пари, $1,97 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$; температура пари на вході у барабан $t_{вп} = 650^\circ\text{C}$.

Для розв'язання цього рівняння необхідно розрахувати кількість вологи, що утвориться при згорянні газу. Перерахуємо об'ємні долі компонентів у масові:

$$C_{H_4} = \frac{0,92 \cdot 16 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,652 \cdot (273 + 20)} = 0,939$$

$$C_{C_2H_6} = \frac{0,005 \cdot 30 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,652 \cdot (273 + 20)} = 0,0096$$

$$H_2 = \frac{0,05 \cdot 2 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,652 \cdot (273 + 20)} = 0,0064$$

Кількість вологи, що утвориться при згорянні 1 кг палива дорівнює:

$$\sum \frac{9n}{12m + n} \cdot C_m H_n = \frac{9 \cdot 4}{12 \cdot 1 + 4} \cdot 0,939 + \frac{9 \cdot 6}{12 \cdot 2 + 6} \cdot 0,0096 + 0,0064 = 2,19 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

Вологовміст свіжого повітря знаходимо по даних вологості повітря $\varphi_0 = 70\%$, та температурі $t_{пов} = 20^\circ\text{C}$ за формулою:

$$x_0 = 0,622 \cdot \frac{\varphi_0 \cdot p_{вп}}{P - \varphi_0 \cdot p_{вп}} \quad (3.6)$$

де P – атмосферний тиск (101 кПа); $p_{вп}$ – парціальний тиск насиченої водяної пари при 20°C , (2340 Па).

Звідси:

$$x_0 = 0,622 \cdot \frac{0,7 \cdot 2340}{101000 - 0,7 \cdot 2340} = 0,0104 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

Ентальпія атмосферного повітря визначається по формулі:

$$I_0 = (1,01 + 1,97 \cdot x_0) \cdot t_{пов} + 2500 \cdot x_0 \quad (3.7)$$

або

$$I_0 = (1,01 + 1,97 \cdot 0,01) \cdot 20 + 2500 \cdot 0,01 = 46,5 \text{ кДж/кг}$$

Коефіцієнт надлишку повітря знаходимо з рівняння (3.5):

$$\alpha = \frac{51945 \cdot 0,95 + 1,34 \cdot 20 - 1,05 \cdot 650(1 - 2,19) - (2500 + 1,97 \cdot 650) \cdot 2,19}{17,68 \cdot (1,05 \cdot 650 + (2500 + 1,97 \cdot 650) \cdot 0,0104 - 46,5)} = 3,51$$

Загальна питома маса сухих газів, що утворюються при згорянні 1 кг палива та розбавлені топочних газів повітрям до температури 700°C дорівнює:

$$G_{c.g} = 1 + \alpha L_0 - \sum \frac{9n}{12m + n} \cdot C_m H_n \quad (3.8)$$

$$G_{c.g} = 1 + 3,51 \cdot 17,68 - 2,19 = 60,86 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

Питома маса водяної пари у газовій суміші при спалюванні 1 кг палива:

$$G_n = \sum \frac{9n}{12m + n} \cdot C_m H_n + \alpha x_0 L_0 \quad (3.9)$$

$$G_n = 2,19 + 3,51 \cdot 0,0104 \cdot 17,68 = 2,83 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

Вологовміст газів на вході у барабан сушарки:

$$x_1 = \frac{G_n}{G_{c.g}} \quad (3.10)$$

$$x_1 = \frac{2,83}{56,1} = 0,05 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

Ентальпія газів на вході у барабан сушарки:

$$I_1 = \frac{Q\eta + c_m t_m + \alpha L_0 I_0}{G_{c.g}} \quad (3.11)$$

$$I_1 = \frac{51945 \cdot 0,95 + 1,34 \cdot 20 + 3,51 \cdot 17,68 \cdot 46,5}{60,86} = 858,7 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

3.2. Матеріальний баланс і технологічні розрахунки

Продуктивність сушарки складає 20000 кг/год суперфосфату вологістю 3%.
З них сухого добрива:

$$G_{Ca(H_2PO_4)_2} = \frac{G_k \cdot (100 - w_k)}{100 - w_H} = \frac{20000(100 - 3)}{100 - 15} = 22823 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 6,339 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (3.12)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| | | | | | XI.C.00.00.00.00.II3 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 20 |

де G_k - продуктивність сушарки, кг/год.

ω_k – кінцева вологість отриманого суперфосфату, %.

Визначаємо кількість вологи W , що випаровується в сушарці:

$$W = G_1 \cdot \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2}, \frac{\text{кг}}{\text{с}}. \quad (3.13)$$

$$W = \frac{20000}{3600} \cdot \frac{15 - 3}{100 - 3} = 0,68 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Продуктивність сушарки по висушеному матеріалу, G_2 , становить:

$$G_2 = G_1 - W, \frac{\text{кг}}{\text{с}}. \quad (3.14)$$

$$G_2 = 6,33 - 0,68 = 5,65 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Питома витрата тепла на нагрівання висушеного матеріалу, q_m , дорівнює:

$$q_m = \frac{G_2 \cdot C_2 \cdot (t_2 - t_1)}{W}, \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}. \quad (3.15)$$

$$q_m = \frac{5,65 \cdot 962 \cdot (650 - 120)}{0,68} = 4236337 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

де C_2 - теплоємність висушеного матеріалу, Дж / (кг·К) ;

$C_2 = 962$ Дж / (кг·К);

t_1 і t_2 - початкова і кінцева температура матеріалу, °С.

Визначаємо величину внутрішнього балансу сушильної камери, Δ :

$$\Delta = C_B \cdot t_1 - (q_m + q_{\text{втр}}), \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

де C_B - питома теплоємність вологи, що видаляється з матеріалу, кДж / (кг·К) (тобто це теплоємність води при температурі t_1);

$q_{\text{втр}}$ – втрати тепла у оточуюче середовище віднесені до 1 кг випареної вологи. Згідно з ОСТ 26-01-450-78 приймаються для барабаних сушарок у межах 85 – 120 кДж/кг. Приймаємо $q_{\text{втр}} = 120$ кДж/кг.

$$\Delta = 4,22 \cdot 120 - (4236,337 + 120) = -3849,937 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Ентальпія водяної пари на виході з сушарки:

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | XI.C.00.00.00.00.ПЗ | | | | |

$$I_{п.к} = r_0 + c_{п} \cdot t_{г.к} \quad (3.16)$$

де $t_{г.к}$ – температура газів на виході з сушарки.

$$I_{п.к} = 2500 + 1,97 \cdot 120 = 2736,4 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Ентальпія вологих газів на виході з барабану сушарки:

$$I_2 = \frac{c_{г} t_{г.к} \Delta + I_{п.к} \cdot (x_0 \Delta - I_1)}{(\Delta - I_{п.к})} \quad (3.17)$$

Звідси:

$$I_2 = \frac{1,01 \cdot 120 \cdot (-4236,337) + 2736,4 \cdot (0,0104 \cdot (-4236,337) - 100,3)}{((-4236,337) - 2736,4)} = 452 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

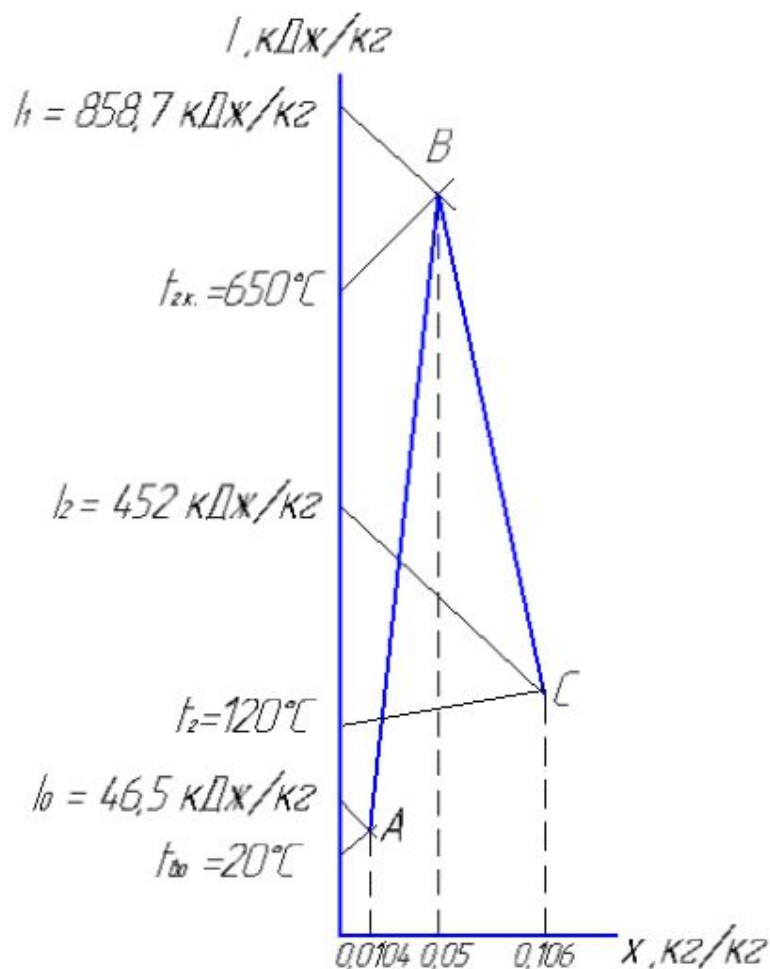


Рисунок 3.1 - Схема процесу сушіння на I - x діаграмі

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |

Вологовміст газу на виході з барабану:

$$x_2 = \frac{I_2 - I_1}{\Delta} + x_0 \quad (3.18)$$

$$x_2 = \frac{452 - 858,7}{-4236,337} + 0,0104 = 0,106 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

В процесі сушіння волога з матеріалу випаровується та уноситься агентом сушіння. При цьому вологовміст газів збільшується з x_1 до x_2 . Тому:

$$Lx_2 = Lx_1 + W$$

Витрата теплоносія:

$$L_{c.g} = \frac{W}{x_2 - x_1} \quad (3.19)$$

$$L_{c.g} = \frac{3140,7}{0,106 - 0,05} = 56083,93 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 15,57 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Витрата тепла на сушіння:

$$Q_c = L_{c.g} \cdot (I_2 - I_0) \quad (3.20)$$

$$Q_c = 56083,93 \cdot (452 - 46,5) = 22742033,61 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} = 6317,2 \text{ кВт.}$$

Витрата паливного газу:

$$G_{п.г.} = \frac{Q_c}{Q} \quad (3.21)$$

З цього

$$G_{п.г.} = \frac{22742033,61}{51945} = 437,81 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 12,16 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

3.3. Конструктивні розрахунки

Основні розміри сушильного барабану вибирають виходячи з об'єму сушильного простору. Цей об'єм складається з об'єму, необхідного для прогріву матеріалу до температури при котрій починається інтенсивне випаровування (V_n), та об'єму необхідного для процесу випаровування вологи (V_c).

Об'єм простору в який випаровується волога може бути знайдений з модифікованого рівняння масопередачі:

$$V_c = \frac{W}{K_v \cdot \Delta x'_{cp}}, \quad (3.22)$$

де $\Delta x'_{cp}$ - середня рухаюча сила масопередачі, кг/м³;
 K_v - об'ємний коефіцієнт масопередачі.

Якщо рух матеріалу та агенту сушіння прямоточний, то коефіцієнт масопередачі K_v чисельно рівний коефіцієнту масовіддачі β_v . Для барабанної сушарки коефіцієнт масовіддачі β_v може бути розрахований за емпіричним рівнянням:

$$\beta_v = \frac{1,62 \cdot 10^{-2} \cdot (\omega \rho_{cp})^{0,9} \cdot n^{0,7} \cdot \beta^{0,54} \cdot P_0}{c \cdot \rho_{cp} \cdot (P_0 - p)} \quad (3.23)$$

де ρ_{cp} – середня щільність сушильного агенту, кг/м³; c – теплоємність сушильного агенту при середній температурі в барабані (1 кДж/кг·К); β – коефіцієнт заповнення барабану матеріалом (12%); P_0 – тиск при якому проводиться процес, Па; p – середній парціальний тиск водяної пари, Па; n – частота обертів барабану, об/хв. приймаємо $n=1,5$ об/хв; ω – швидкість газового потоку в барабані, м/с.

Середня щільність сушильного агенту при середній температурі в барабані розраховується за формулою:

$$\rho_{cp} = \frac{M}{v_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_{cp}}, \quad (3.24)$$

Середню температуру знаходимо як середньоарифметичну між температурою сушильного агенту на вході (t_1) та на виході (t_2) з сушарки:

$$t_{cp} = \frac{t_1 + t_2}{2}, \quad (3.25)$$

$$t_{cp} = \frac{650 + 120}{2} = 385^\circ\text{C}$$

Тоді за (3.24):

$$\rho_{cp} = \frac{29}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 385} = 0,53 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------|------|
| | | | | | XI.C.00.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 24 |

Розрахуємо середній парціальний тиск парів води у барабані по значеннях вологовмісту на вході та на виході з барабану:

$$p = \frac{p_1 + p_2}{2}, \quad (3.26)$$

Значення парціальних тисків розрахуємо за формулами:

$$p_1 = \frac{\frac{x_1}{M_{H_2O}} \cdot P_0}{\frac{1}{M_{c.n.}} + \frac{x_1}{M_{H_2O}}} \quad \text{та} \quad p_2 = \frac{\frac{x_2}{M_{H_2O}} \cdot P_0}{\frac{1}{M_{c.n.}} + \frac{x_2}{M_{H_2O}}} \quad (3.27)$$

Звідси

$$p_1 = \frac{\frac{0,05}{18} \cdot 101325}{\frac{1}{29} + \frac{0,05}{18}} = 7553,9 \text{ Па} \quad p_2 = \frac{\frac{0,106}{18} \cdot 101325}{\frac{1}{29} + \frac{0,106}{18}} = 14803,78 \text{ Па}$$

Згідно з (3.26):

$$p = \frac{7553,9 + 14803,78}{2} = 11178,84 \text{ Па}$$

Маючи усі вихідні дані розрахуємо коефіцієнт масовіддачі β_v за (3.25):

$$\begin{aligned} \beta_v &= 1,62 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\left[1,7 \cdot \left(\frac{29}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + \frac{650 + 120}{2}} \right) \right]^{0,9} \cdot (1,5)^{0,7} \cdot 12^{0,54} \cdot 101000}{1,01 \cdot \left(\frac{29}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + \frac{650 + 120}{2}} \right) \cdot (101325 - 11178,84)} \\ &= 0,159 \text{ c}^{-1} \end{aligned}$$

Рухаючу силу масопередачі $\Delta x'_{cp}$ визначимо через рівняння:

$$\Delta x'_{cp} = \frac{\Delta P_{cp} \cdot M_{H_2O}}{P_0 v_0 \cdot \frac{T_0 + t_{cp}}{T_0}}, \quad (3.28)$$

де ΔP_{cp} – середня рухаюча сила масопередачі, Па. Її можна розрахувати за рівнянням:

$$\Delta P_{cp} = \frac{\Delta P_B - \Delta P_M}{\ln \frac{\Delta P_B}{\Delta P_M}} \quad (3.29)$$

Для прямооточних сушарок $\Delta P_B = p_1^* - p_1$ – рухаюча сила на початку процесу та $\Delta P_M = p_2^* - p_2$ – рухаюча сила наприкінці процесу. p^* – тиск водяної пари над вологим матеріалом. ($p_1^* = 19790,25$ Па; $p_2^* = 19518,3$ Па). Звідси:

$$\Delta P_{cp} = \frac{(19790,25 - 7553,9) - (19518,3 - 11178,84)}{\ln \frac{19790,25 - 7553,9}{19518,3 - 11178,84}} = 10163,7 \text{ Па}$$

Розрахуємо рухаючу силу масопередачі $\Delta x'_{cp}$ за (2.28):

$$\Delta x'_{cp} = \frac{10163,7 \cdot 18}{10^5 \cdot 22,4 \cdot \frac{273 + 385}{273}} = 0,03 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Об'єм простору необхідний для процесу випаровування знаходимо за (3.22):

$$V_c = \frac{0,68}{0,158 \cdot 0,03} = 143,76 \text{ м}^3$$

Об'єм необхідний для прогріву матеріалу знаходимо з модифікованого рівняння теплопередачі:

$$V_{II} = \frac{Q_{II}}{K_v \cdot \Delta t_{cp}}, \quad (3.30)$$

де Q_{II} – витрата тепла на прогрів матеріалу, кВт; K_v – об'ємний коефіцієнт теплопередачі, кВт/м³·К; Δt_{cp} – середня різниця температур теплоносія та матеріалу.

Витрата тепла Q_{II} дорівнює:

$$Q_{II} = G_k c_M (t_{M1} - \theta_1) + Wc(t_{M1} - \theta_1), \quad (3.31)$$

де t_{M1} – температура ; θ_1 – температура матеріалу початкова, c_M – теплоємність сухого сульфату амонію.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------|------|
| | | | | | | Лист |
| | | | | | ХІ.С.00.00.00.00.ПЗ | 26 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Отже:

$$Q_{\Pi} = 6,339 \cdot 0,2 \cdot (80 - 20) + 0,68 \cdot 4,22(80 - 20) = 248,24 \text{ кВт.}$$

Об'ємний коефіцієнт теплопередачі знаходимо за емпіричним рівнянням:

$$K_v = 16 \cdot (\omega \cdot p_{cp})^{0,9} \cdot n^{0,7} \cdot \beta^{0,54} \quad (3.32)$$

Звідси:

$$K_v = 16 \cdot (1,7 \cdot 1,07)^{0,9} \cdot 1,5^{0,7} \cdot 12^{0,54} = 138,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}} = 0,138 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$$

Для розрахунку Δt_{cp} необхідно знайти температуру, до якої охолodиться сушильний агент віддаючи тепло матеріалу сушіння. Цю температуру можна знайти з рівняння:

$$Q_{\Pi} = L_{c.r} \cdot (1 + x_1) \cdot c_r \cdot (t_1 - t_x) \quad (3.33)$$

де t_x – шукана температура.

Звідки:

$$t_x = 650 - \frac{248,24}{11,95 \cdot (1 + 0,05) \cdot 1,01} = 637,13^{\circ}$$

Підставляючи розраховані значення у (2.30) отримуємо:

$$V_{\Pi} = \frac{248,24}{0,138 \cdot 637,13} = 2,82 \text{ м}^3$$

Звідси об'єм сушильного простору барабану:

$$V_G = 143,76 + 2,82 = 146,58 \text{ м}^3$$

Відношення довжини барабану до його діаметру повинно знаходитися у межах $3,5 \div 7$. Приймаємо $L/D = 5$.

З формули:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot 5D = 3,925D^3 \quad (3.34)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{V}{3,925}}$$

Звідси діаметр барабану:

$$D = \sqrt[3]{\frac{146,58}{3,925}} = 3,33 \text{ м}$$

Довжина барабану:

$$L = 3,33 \cdot 5 = 16,65 \text{ м}$$

За ОСТ 26-01-437 – 85 вибираємо барабан сушарки 3500×18000 мм. Об'єм його сушильного простору 250 м³ [8].

Визначимо швидкість газів в барабані за формулою:

$$\omega_d = \frac{v_r}{0,785D^2 \cdot (1 - \beta - \beta_n)} \quad (3.35)$$

де β_n – коефіцієнт заповнення барабану насадкою; v_r – об'ємна витрата вологого сушильного агенту на виході з барабану, м³/с.

Він дорівнює:

$$v_r = L_{с.г.} \cdot v_0 \cdot \frac{T_0 + t_{ср}}{T_0} \cdot \left(\frac{1}{M_{с.г.}} + \frac{x_{ср}}{M_{H_2O}} \right) \quad (3.36)$$

де $x_{ср}$ – середній вологовміст сушильного агенту, кг/кг сухого.

Розраховується як середньоарифметичне між x_1 та x_2 :

$$x_{ср} = \frac{0,05 + 0,123}{2} = 0,0865 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

Тоді:

$$v_r = 11,95 \cdot 22,4 \cdot \frac{273 + 385}{273} \cdot \left(\frac{1}{29} + \frac{0,0865}{18} \right) = 25,04 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Швидкість газів в барабані:

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|---------------------|------|
| | | | | | | XI.C.00.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | 28 |

$$\omega_d = \frac{25,04}{0,758 \cdot 3,5^2 \cdot (1 - 0,12 - 0,05)} = 2,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Перевіримо, чи є дана швидкість припустимою, виходячи з того, що суперфосфат не повинен виноситися потоком газів з барабану. Швидкість уносу рівну швидкості витання знайдемо з формули:

$$\omega_{\text{вит}} = \frac{\mu_{\text{ср}}}{d\rho_{\text{ср}}} \cdot \left(\frac{Ar}{18 + 0,575\sqrt{Ar}} \right) \quad (3.37)$$

де $\mu_{\text{ср}}$ – в'язкість газу при середній температурі, (рівна 0,020 мПа·с); $\rho_{\text{ср}}$ – щільність агента сушіння при середній температурі; d – діаметр часток матеріалу; Ar – критерій Архімеда, рівний:

$$Ar = \frac{d^3 \cdot \rho_{\text{ч}} \cdot \rho_{\text{ср}} \cdot g}{\mu_{\text{ср}}^2} \quad (3.38)$$

де $\rho_{\text{ч}}$ – щільність часток матеріалу.

$$\rho_{\text{ср}} = [M_{\text{с.н.}}(P_0 - p_2) + M_{\text{в}}p_2] \cdot \frac{T}{v_0 P_0 (T + t_{\text{ср}})} \quad (3.39)$$

Звідси:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ср}} &= [29 \cdot (10^5 - 14803,78) + 18 \cdot 14803,78] \cdot \frac{273}{22,4 \cdot 10^5 (273 + 385)} \\ &= 0,506 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}. \end{aligned}$$

Розрахуємо критерій Архімеда з (2.38):

$$Ar = \frac{(4 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 1850 \cdot 0,506 \cdot 9,8}{(2,6 \cdot 10^{-5})^2} = 13600$$

Швидкість витання:

$$\omega_{\text{вит}} = \frac{2,6 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,506} \cdot \left(\frac{13600}{18 + 0,575\sqrt{13600}} \right) = 2,87 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| | | | | | ХІ.С.00.00.00.00.ІІЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 29 |

Робоча швидкість сушильного агента в сушарці $\omega_d = 2,6$ м/с менша, ніж швидкість витання $\omega_{\text{ВИТ}} = 2,87$ м/с, тому розрахунок основного обладнання закінчуємо.

Кількість матеріалу, що знаходиться у сушарці:

$$G_M = V_6 \cdot \beta \cdot \rho_M \quad (3.40)$$

$$G_M = 250 \cdot 0,12 \cdot 1120 = 33600 \text{ кг}$$

Час перебування матеріалу у барабані:

$$\tau = \frac{G_M}{G_k + \frac{W}{2}} \quad (3.41)$$

$$\tau = \frac{33600}{6,339 + \frac{0,68}{2}} = 15590 \text{ с}$$

Кут нахилу барабану розраховується за формулою:

$$\alpha = \left[\frac{30 \cdot L}{D \cdot n \cdot \tau} + 0,007 \cdot \omega_d \right] \cdot \left(\frac{180}{\pi} \right) \quad (3.42)$$

Звідси

$$\alpha = \left[\frac{30 \cdot 18}{3,5 \cdot 5 \cdot 3569} + 0,007 \cdot 2,87 \right] \cdot \left(\frac{180}{3,14} \right) = 1,64^\circ.$$

3.4. Гідравлічний опір апарату

Гідравлічний опір барабанної сушарки визначаємо за формулою [9]:

$$\Delta\rho = \lambda \cdot \frac{L_6}{D_6} \cdot \frac{\rho_c \cdot w_{\text{ВИТ}}^2}{2}, \quad (3.43)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного опору в барабані;

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | <i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i> | Лист |
| | | | | | | 30 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

$$\lambda = f(Re)$$

Коефіцієнт гідравлічного опору розраховується за формулою[9]:

$$\lambda = \frac{133}{Re} + 2,3 \quad (3.44)$$

$$Re = \frac{w_{\text{внт}} \cdot d_{\text{ср}} \cdot \rho_{\text{ср}}}{\mu} \quad (3.45)$$

$$Re = \frac{2,14 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,506}{2,6 \cdot 10^{-5}} = 92,43$$

Звідси

$$\lambda = \frac{133}{92,43} + 2,3 = 3,74$$

Тоді гідравлічний опір апарату

$$\Delta\rho = 3,74 \cdot \frac{18}{3,5} \cdot \frac{0,506 \cdot 2,14^2}{2} = 22,27 \text{ Па.}$$

3.5 Вибір допоміжного обладнання

Підбір циклону

Вибираю тип циклону ЦН-15. Для циклону ЦН-15 оптимальна швидкість повітря 4,5 м / с.

Визначимо необхідну площу перерізу циклону[10]:

$$F = \frac{v_{\Gamma}}{\omega_{\text{опт}}} \quad (3.46)$$

де v_{Γ} - об'ємна витрата вологого сушильного агента на виході з барабана, м³/с;
 $\omega_{\text{опт}}$ - оптимальна швидкість повітря в циклоні, м / с.

$$F = \frac{25,04}{3,5} = 7,15 \text{ м}^2$$

Діаметр циклону:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{F}{0,785}} \quad (3.47)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------|------|
| | | | | | XI.C.00.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 31 |

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{7,15}{0,785}} = 3 \text{ м}$$

Діаметр циклону округляємо до стандартного значення $D = 3 \text{ м}$.
Дійсна швидкість повітря в циклоні:

$$\omega_{д} = \frac{v_{г}}{0,785 \cdot D^2} \quad (3.48)$$

$$\omega_{д} = \frac{25,04}{0,785 \cdot 3^2} = 3,54 \text{ м/с}$$

Дійсна швидкість не повинна відхилитися від оптимальної більш ніж на 15%.
Дана умова збереглась.

Але так, як циклони діаметром більше одного метра малоефективні.
Тому замість одного обраного циклону застосуємо груповий циклон.

Коефіцієнт гідравлічного опору групового циклону дорівнює :

$$\xi_{ц}^{гп} = K_1 \cdot K_2 \cdot \xi_{ц}^c + K_3 = 1 \cdot 0,86 \cdot 115 + 28 = 127.$$

Значення коефіцієнтів в цій формулі згідно [11,табл. 33,34,35 і 36]
дорівнюють відповідно 1,0; 0,86 і 28. $\xi_{ц}^c$ – для циклону ЦН-15 дорівнює 115.
Гідравлічний опір групового циклону дорівнює:

$$\Delta P = \xi_{ц}^{гп} \frac{W_{ц}^2 \cdot p_t}{2} \quad (3.49)$$

$$\Delta P = 127 \cdot \frac{0,797 \cdot 3,5^2}{2} = 1124 \text{ Н/м}^2$$

Приймаємо діаметр кожного циклону рівним 900 мм.

Витрату газу через такий циклон $q_{ц}$ розраховуємо за рівнянням

$$q_{ц} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot W_{ц} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{p_t \cdot \xi_{ц}^{гп}}} \quad (3.50)$$

$$q_{ц} = 0,785 \cdot 0,9^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1124}{0,797 \cdot 127}} = 3,31 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Кількість елементів

$$n = \frac{v_{г}}{q_{ц}} \quad (3.51)$$

$$n = \frac{26,06}{2,21} = 7,87$$

Приймаємо груповий циклон ЦН-15х8УП, що складається з восьми елементів. Згідно [12,табл. 12 і 17] загальна висота кожного циклона з бункером 8750 мм, діаметр бункера – 1800 мм, висота – 2820 мм.

Підбір вентилятора

Загальний гідравлічний опір установки $P_{об}$ дорівнює сумі опорів всіх послідовно розташованих апаратів $\Delta P_{ал}$ і трубопроводів $\Delta P_{тр}$:

$$P_{общ} = \Delta P_{ал} + \Delta P_{тр}. \quad (3.52)$$

Приймаємо за літературними даними гідравлічний опір топки ΔP_T , рівний 100 Н/м²[13], а гідравлічний опір сушарки беремо з запасом – 60 Н/м².

Гідравлічний опір групи циклонів діаметром 0,9 м прийнято раніше рівним 1124 Н/м².

Загальний опір усіх апаратів складе

$$\Delta P_{ал} = 100 + 60 + 1124 = 1284 \text{ Н/м}^2$$

Гідравлічний опір трубопроводів ΔP_T складається з втрат на тертя $\Delta P_{тр}$ і втрат на місцеві опори $\Delta P_{мс}$ [13]:

$$\Delta P_T = \sum \Delta P_{тр} + \sum \Delta P_{мс},$$

$$\Delta P_{тр} = \lambda \cdot (1 + K \cdot \mu_{ср}) \cdot \frac{1}{D_{ср}} \cdot \frac{p_t \cdot W_{ср}^2}{2},$$

$$\Delta P_{мс} = \xi \cdot (1 + 0,8\mu_{ср}) \cdot \frac{p_t \cdot W_{ср}^2}{2}.$$

Детальний розрахунок втрат за цими формулами представлений в [14].

Приймаємо $\Delta P_{тр} = 100 \text{ Н/м}^2$.

$$\Delta P_{общ} = 1284 + 100 = 1384 \text{ Н/м}^2$$

Підбір повітродувної машини полягає у виборі з їх серії (відцентрових вентиляторів, повітродувок) такої машини, яка забезпечить роботу сушарки з розрахунковими параметрами при максимальному к.к.д.

Вентилятори й повітродувки вибираються за допомогою графіків-характеристик [15] по розрахунковим значенням V^k і $\Delta P_{об}$ [15] з урахуванням підсосів, які враховуються коефіцієнтом 1,3.

$$V^k = 1,3 \cdot V_c^k \cdot 3600 = 120000,8 \text{ м}^3/\text{год}$$

За [16] вибираю відцентровий вентилятор ВЦ 14-46 за розрахованою вище подачею газу.

Для нього приймаю серійний електродвигун потужністю 75 кВт, типу 4А250 S [16].

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | <i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 33 |

4. Розрахунки апарата на міцність

Розрахунки проведені відповідно до методики викладеної в [17]

Розрахунок корпусу сушилки на міцність.

При розрахунку сушильного барабану необхідно визначити товщину стінки і прогин барабану. Барабан розглядається як балка, що вільно лежить на двох опорах. Вага барабану, насадки, бандажів, матеріалу що завантажується і ізоляції являє собою рівномірно розподілені навантаження по довжині барабану, вага вінцевої шестерні - зосереджена сила.

Товщину стінки барабану вибирають по каталогу або попередньо розраховують за емпіричною формулою

$$\delta = (0,007 \dots 0,011) \cdot D_{\delta} \quad (4.1)$$

$$\delta = (0,007 \div 0,011) D_{\text{бар}} = 0,007 \cdot 3500 = 24,5 \text{ мм.}$$

Маса матеріалу в сушильному барабані

$$G_M = 0,785 \cdot D^2 \cdot L_{\delta} \cdot \beta \cdot \rho \quad (4.2)$$

$$G_M = 0,785 \cdot 3,5^2 \cdot 18 \cdot 0,12 \cdot 1120 = 23263 \text{ кг.}$$

Маса барабану

$$G_{\text{бар}} = \pi \cdot D^2 \cdot \delta \cdot \rho \cdot L_{\delta} \quad (4.3)$$

$$G_{\text{бар}} = 3,14 \cdot 3,5^2 \cdot 0,03 \cdot 1850 \cdot 18 = 38426 \text{ кг.}$$

Маса ізоляції

$$G_{\text{из}} = \pi \cdot D \cdot \delta_{\text{из}} \cdot \rho_{\text{из}} \cdot L_{\delta} \quad (4.4)$$

де $\delta_{\text{из}} = 0,01 \text{ м}$ – товщина ізоляції, яка приймається в межах $\delta_{\text{из}} = 0,01 \dots 0,02 \text{ м}$; $\rho_{\text{из}} = 400 \text{ кг/м}^3$ – щільність ізоляції [7]

$$G_{\text{из}} = 3,14 \cdot (3,5 + 2 \cdot 0,03) \cdot 0,1 \cdot 400 \cdot 18 = 8048 \text{ кг}$$

Сумарне навантаження

$$p = (G_M + G_{\text{из}} + G_{\text{бар}}) \cdot g \quad (4.5)$$

$$p = (23263 + 38426 + 8048) \cdot 9,81 = 1346,3 \cdot 10^3 \text{ Н} = 1,346 \text{ МН.}$$

Питоме навантаження на довжині барабану

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | <i>XI.C.00.00.00.00.II3</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 34 |

$$q = \frac{p}{L} \quad (4.6)$$

$$q = \frac{1,346}{18} = 61 \cdot 10^{-3} \text{ МН/м.}$$

Відстань між опорами

$$l_o = 0,586 \cdot L_o \quad (4.7)$$

$$l_o = 1,346 \cdot 9,8 = 13,2 \text{ м}$$

Згинальний момент від рівномірно розподіленого навантаження

$$M_1 = \frac{q \cdot l_o^2}{8} \quad (4.8)$$

$$M_1 = \frac{61 \cdot 10^{-3} \cdot 13,2^2}{8} = 1,32 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Для діаметра барабана $D = 3,5$ м вага вінцевої шестерні [16]: $p_{\text{вєнц}} = 26000$ Н.

Згинальний момент від зосередженого навантаження вінцевої шестерні.

$$M_2 = \frac{p_{\text{вєнц}} \cdot l_o}{4} \quad (4.9)$$

$$M_2 = \frac{26000 \cdot 13,2}{4} = 85 \cdot 10^3 \text{ МН} \cdot \text{м} = 0,085 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Сумарний згинальний момент

$$M_{\text{и}} = M_1 + M_2 \quad (4.10)$$

$$M_{\text{и}} = 1,32 + 0,085 = 1,405 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Крутний момент на барабані

$$M_{\text{кр}} = \frac{N}{2 \cdot \pi \cdot n} \cdot 10^{-3} \quad (4.11)$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{120 \cdot 10^{-3} \cdot 61}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} = 0,23 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Розрахунковий (приведений) момент

$$M_p = 0,35 \cdot M_{\text{и}} + 0,65 \cdot \sqrt{M_{\text{и}}^2 + M_{\text{кр}}^2} \quad (4.12)$$

$$M_p = 0,35 \cdot 1,405 + 0,65 \cdot \sqrt{1,405^2 + 0,23^2} = 1,41 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|----------------------------|-------------|
| | | | | | <i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 35 |

Момент опору перетину кільцевої стінки барабана

$$W = 0,785 \cdot D^2 \cdot \delta \quad (4.13)$$

$$W = 0,785 \cdot 3,5^2 \cdot 0,03 = 0,28 \text{ м}^3.$$

Напруга в стінці барабана

$$\sigma_u = \frac{M_p}{W} \quad (4.14)$$

$$\sigma_u = \frac{1,41}{0,28} = 5 \text{ МН/м}^2,$$

що знаходиться в допустимих рамках: $[\sigma_u] = 2 \div 10 \text{ МН/м}^2$.

Кільцевий момент інерції стінки барабана

$$I = \frac{\pi \cdot D_{\text{ср}}^3}{8} \cdot \delta = \frac{\pi}{8} (D + \delta)^3 \cdot \delta \quad (4.15)$$

$$I = \frac{3,14}{8} (2,8 + 0,02)^3 \cdot 0,02 = 0,1515 \text{ м}^4.$$

$$I = \frac{3,14}{8} (3,5 + 0,03)^3 \cdot 0,03 = 1,1 \text{ м}^4$$

Для вуглецевої сталі модуль пружності: $E = 1,9 \cdot 10^5 \text{ МН/м}^2$.

Прогин барабана від рівномірно розподіленого навантаження

$$f_1 = \frac{5 \cdot q \cdot l_o^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad (4.16)$$

$$f_1 = \frac{5 \cdot 47 \cdot 10^{-3} \cdot 7,03^4}{384 \cdot 1,9 \cdot 10^5 \cdot 0,1515} = 0,45 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

$$f_1 = \frac{5 \cdot 61 \cdot 10^{-3} \cdot 13,2^4}{384 \cdot 1,9 \cdot 10^5 \cdot 1,1} = 0,11 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Прогин під дією сили тяжіння вінцевої шестерні

$$f_2 = \frac{P_{\text{вещц}} \cdot l_o^3}{48 \cdot E \cdot I} \quad (4.17)$$

$$f_2 = \frac{26000 \cdot 10^{-6} \cdot 13,2^3}{48 \cdot 1,9 \cdot 10^5 \cdot 1,1} = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Загальний прогин

$$f = f_1 + f_2 \quad (4.18)$$

$$f = (0,0001 + 0,00005) = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Допустимий прогин

$$[f] = 0,0003 \cdot l_o = 0,0003 \cdot 13,02 = 19,8 \cdot 10^{-4} \text{ м,}$$

тобто умова міцності барабана виконується.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------|------|
| | | | | | ХІ.С.00.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 37 |

5. Організація монтажних та ремонтних робіт

5.1 Ремонт апарата [18]

Барабанна сушарка дуже металомістка, тому при ремонті виконується великий обсяг монтажних робіт із застосуванням підйомно-транспортного обладнання, риштувань та помосту. Частина вузлів сушарки не може бути замінена за допомогою існуючих самохідних монтажних кранів через недостатню їх вантажопідйомність і довжину стріли кранів. Це призводить до необхідності застосування при ремонтах барабанних сушарок різних такелажних пристроїв, щогл, порталів і т. д. У той же час застосування кранів замість щогл і порталів дозволяє підвищити продуктивність праці в 3-4 рази при одночасному значному скороченні термінів ремонту. Для визначення дійсного стану агрегату необхідно проводити заміри експлуатаційних параметрів вузлів і деталей барабанної сушарки в її гарячому стані, що пов'язане з рядом труднощів. Ретельне обстеження всіх вузлів і деталей барабанної сушарки перед зупинкою її на ремонт дозволяє визначити експлуатаційний стан агрегатів, які служать основою для складання відомості дефектів. Зовнішній огляд корпусу сушарки дозволяє визначити місця прогарів, корозії, великі деформації обичайок (вм'ятини, випучини), тріщини, порушення зварних і клепаних швів і т. д. Викривлення корпусу сушарки визначаються за допомогою штіхмасса, профілографа і геодезичним безконтактним методом. Останній спосіб найбільш прийнятний для визначення максимальних викривлень корпусу барабанної сушарки. На працюючої сушарці проводиться вимір биття гарячого і холодного кінців і визначається експлуатаційний стан ущільнень. Правильне положення опорного ролика щодо осі сушарки контролюється по притисненню бурту з нижньої сторони ролика до кільця підшипника без зайвого тертя. При цьому зазор між буртом верхньої шийки ролика і кільцем не повинен перевищувати 10-12 мм. Результати комплексного обстеження барабанної сушарки зводяться в єдину схему, на підставі якої складається відомість дефектів агрегату.

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|----------------------------|------|
| | | | | | | <i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | 38 |

Для скорочення тривалості простою барабанної сушарки на ремонті, підвищення якості та зниження вартості ремонту основні роботи виконують за проектом організації ремонтних робіт (ПОР), який включає: ескіз барабанної сушарки, перелік ремонтних операцій і їх зміст, технічні умови на виконання ремонтних операцій, визначення перевіркової бази і методи перевірки, перелік матеріальних ресурсів, допоміжних інструментів і пристосувань, допуски відхилень розмірів від розрахункових або зазначених у кресленнях. При виконанні ремонту барабанної сушарки обов'язкове застосування вузлового методу виробництва робіт. Цей метод передбачає заміну всіх зношених вузлів заздалегідь підготовленими новими або відремонтованими. Вузловий метод вимагає чіткого проведення організаційних заходів та підготовчих робіт, які включають складання номенклатури взаємозамінних вузлів і комплектів деталей за видами обладнання, а також перевірку придатності підготовлених до заміни вузлів і деталей.

При підготовці до ремонту проводяться такі роботи:

- 1) готуються під'їзні шляхи і засоби доставки вузлів;
- 2) встановлюються вантажопідйомні і підтримуючі пристрої;
- 3) виконується укрупнена збірка вузлів. Підготовчі роботи дозволяють зменшити тривалість капітального ремонту і провести його протягом 18-28 діб. Перед здачею в ремонт з барабанної сушарки необхідно видалити клінкер і футерівку, ретельно очистити всі підлягаючі ремонту і розбиранню вузли. Під час ревізії агрегатів перевіряється стан деталей і вузлів для уточнення відомості дефектів. Найбільш часто ремонттованими вузлами барабанної сушарки є корпус, роликоопори, бандажі, вінцева пара, привід барабанної сушарки, що транспортують і живлять механізми, вентилятори, корпус. Майже кожна зупинка барабанної сушарки на капітальний ремонт супроводжується заміною дефектних ділянок корпусу, яка зазвичай

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|--|------|
| | | | | | XI.C.00.00.00.00.IIЗ | | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | 39 |

проводиться шляхом установки нових обичайок довжиною від 1 до 20-30м, причому найбільш часто замінюються ділянки по 3-4м. При цьому потрібна установка підпор під консолі корпусу для запобігання можливого викривлення осі барабанної сушарки в місці установки нових обичайок. Стиковка їх зі старим корпусом - вельми трудомістка операція, а застосування існуючих методів перевірки стикувань (наприклад, за допомогою струн) нерідко призводить до великих неточностей. Стиковка обичайок, розгонка і підготовка стиків під зварювання є найбільш трудомісткою і часто зустрічаємою операцією при капітальних і середніх ремонтах обертових сушарок. Підготовка обичайок проводиться наступним чином. Корпус охолодженої сушарки розмічається для заміни деформованих блоків. У період зняття футерування на корпус наносяться контрольні риски. За всіма місцями розмітки натягуються троси діаметром 6мм, концентрично оперізують корпус сушарки. Ці троси є напрямними. Одночасно по всіх місцях розмітки робиться підготовчий різ корпусу на $\frac{1}{3}$ периметра. Різка ведеться під кутом, необхідним для оброблення крайів. Після виконання підготовчого різу сушарки повертається на 180° , і проводиться її демонтаж і монтаж нових блоків в установленому порядку. Бандажі замінюються в тому випадку, якщо знос їх поверхонь кочення перевищує 50% при коробчатому і 20% при суцільному перетині. Наскрізні тріщини, конусність до 50 мм, швидко прогресуючий гуркіт бандажів також є причинами їх заміни. Невелика конусність і накати на поверхні кочення усуваються шляхом проточки бандажів за допомогою супорта, що встановлюється на рамі. Доцільно замінювати бандаж в зборі з підбандажною обечайкою і підбандажними прокладками. Бандаж, надітий на обечайку, розклинюється чотирма черевиками однакової товщини, встановленими в діаметрально протилежних напрямках. Упори, що оберігають бандаж від осьового зсуву, приварюються до сушарки; після монтажу і перевірки осьового биття, який не мав би перевищувати 3 мм. Привід є найбільш відповідальним вузлом барабанної сушарки. Від надійної його роботи залежить нормальна

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|----------------------------|------|
| | | | | | | <i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | 40 |

експлуатація всього агрегату. Відповідно до кінематичної схемою приводу сушарки, що включає електродвигун, редуктор, універсальний шпindelь і вінцеву пару, найменш надійним в експлуатації і найбільш часто ремонтваних вузлом є венцових пара. Зубчастий вінець, подвенцовая шестерня і деякі інші деталі виготовляються зі сталі 35Л. Експлуатація зубчастого вінця забороняється, якщо знос зубів перевищує 30%. Заміну його при наявності відповідних вантажопідіймних засобів найбільш доцільно проводити в зборі з подвенцовой обечайкой.

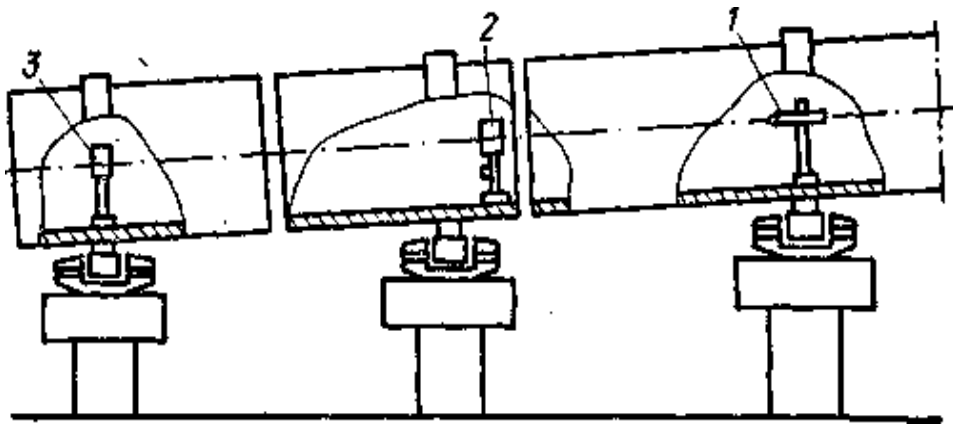


Рис. 5.1—Перевірка правильності стиковки обечайок за допомогою світлового променя:

1 — стійка з джерелом світла; 2— стійка з контрольною мішенню; 3 — стійка з мішенню.

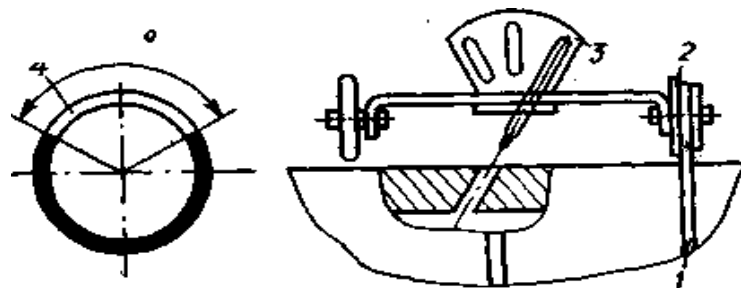


Рис. 5.2 - Різка кромки стику по копіру:

1— трос; 2— ролик; 3— різак; 4— проріз в корпусі.

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

XI.C.00.00.00.00.ПЗ

Лист

41

5.2. Монтаж розробленого апарата [19]

Перед монтажем апарат необхідно ретельно очистити від антикорозійного покриття. Барабанна сушарка встановлюється на бетонний фундамент.

Глибина залягання фундаменту залежить від якості ґрунту, але не повинен бути менш ніж 436 мм. Монтаж слід проводити по рамному рівню. Необхідна точність установки сушарки в обох напрямках 0.5 / 1000.

Після вивірки машини фундаментні болти заливаються бетоном. Після затвердіння бетону слід затягнути гайки фундаментних болтів, перевіряючи стан барабанної сушарки за рівнем. Затягування гайок повинно здійснюватися рівномірно і плавно. За тим під раму барабана підливається цементний розчин і ведеться остаточна обробка фундаменту. При обробці фундаменту необхідно передбачити підведення електроживлення до автоматичного вимикача і від автоматичного вимикача до барабану. Місце установки автоматичного вимикача вибирається із урахуванням, щоб він не заважав при роботі і ремонті. Заземляють машину до загальної системи заземлення. Перевіряють електрообладнання машини. Далі перевіряють правильність зачеплення зубчастої пари. Після підключення машини до електромережі перевіряють правильність обертання барабану відповідно для забезпечення повернення матеріалу в барабан. Барабанна сушарка доставляється на монтажний майданчик у розібраному вигляді за допомогою тягача. Для приймання призначається відповідальна особа з числа ІТП, якій здійснює приймання деталей, що надійшли на об'єкт, і записує в журнал «Прийому і огляду обладнання». Готовність апарата під монтаж оформляють актом, підписаним представниками замовника монтажної організації. Після перевірки стану конструкції підписується акт «приймання – здачі обладнання». Після підписання акту, відповідальність за обладнання несе монтажна організація. Одним із найбільш поширених способів монтажу для масивного горизонтального обладнання є підйом пневмоколісними стріловидними самохідними кранами. Цей спосіб активно використовують,

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | 42 |

XI.C.00.00.00.00.ПЗ

оскільки він не вимагає тривалих під-готовчих робіт, а також є безпечним і зручним (рис. 5.3).

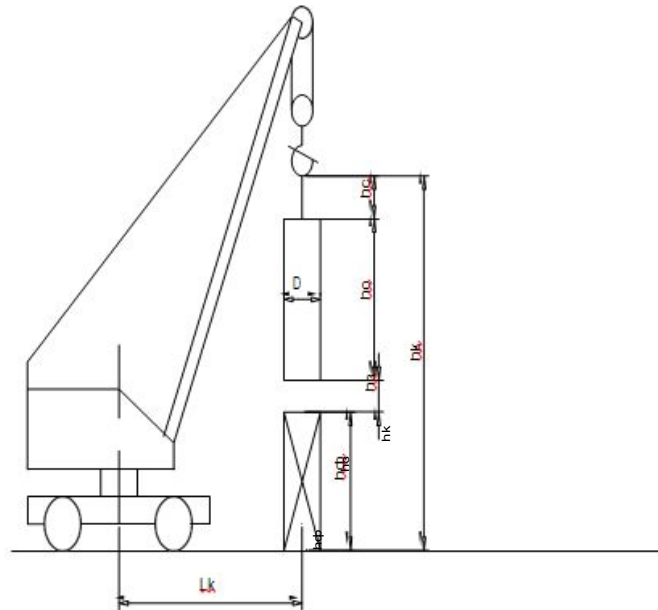


Рисунок 5.3 – Схема підйому барабанної сушарки стріловидним краном
Монтаж починають із підйому апарата з вихідного горизонтального положення без відриву його від землі. Коли установка одного з кранів із зовнішньої сторони фундаментів неможлива, монтаж апарата виконують тільки маневруванням стріли крана. У тих випадках, коли при підйомі апаратів неможливо розташувати крани із зовнішньої сторони фундаментів і проїхати між фундаментами, збільшують виліт стріли кранів або переміщують крани з піднятим апаратом в межах їх вантажної характеристики.

Заземляють машину до загальної системи заземлення. Перевіряють електрообладнання машини. Перевіряють правильність зачеплення зубчастої пари. Після підключення машини до електромережі перевіряють правильність обертання барабана відповідно для забезпечення перемішування матеріалу в барабані.

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

XI.C.00.00.00.00.ПЗ

Лист

43

6. Автоматизація технологічного процесу

6.1 Опис контрольованих параметрів апарату

Автоматизовані системи керування сушильного барабана забезпечують рішення таких задач, як контроль процесів, режимів і стан обладнання. Керування основним та допоміжним обладнанням в усіх режимах його роботи, дозволяє автоматично регулювати технологічні параметри в усьому діапазоні навантажень, включаючи пуск і зупинку обладнання, його захист при аварійних ситуаціях, сигналізує при відхиленні параметрів від допустимих значень. Крім того, з їх допомогою проводиться збір та обробка інформації для розрахунку техніко-економічних показників.

Ступінь автоматизації залежить від потужності, типу обладнання, заданих технологічних параметрів і повинна забезпечувати надійну і ефективну роботу обладнання в різних режимах без втручання обслуговуючого персоналу. Автоматична система керування дозволяє оператору своєчасно прийняти правильне рішення, забезпечує швидке виконання необхідних операцій і тим самим надійність і економічність експлуатації.

Мета і задачі автоматизації сушильної установки – це, як правило, необхідність отримання цільового продукту заданої якості при певній продуктивності. Критерієм керування (показником ефективності) процесу виступає параметр, що визначає якість продукту або його кількість. Мета керування процесу сушіння полягає в забезпеченні висушування поступаючого вологого твердого матеріалу до заданого значення вологості. В якості об'єкта керування при автоматизації процесу сушіння представлена барабанна прямоточна сушарка, в якій сушильним агентом служать топкові гази, що одержувані в топці. Показником ефективності даного процесу є вологість матеріалу, що виходить з сушарки, а метою керування – підтримання цього параметру на визначеному значенні. Основними збудниками процесу є зміна витрати матеріалу і його вологість, а також зміна витрати і початкової температури сушильного агента – теплоносія. Вологість сухого матеріалу визначається, з одного боку, кількістю вологи, що поступає з вологим матеріалом, а з іншого боку кількості вологи, що видаляється з нього в процесі сушіння. Кількість вологи, що поступає з вологим матеріалом, залежить від витрати цього матеріалу і його вологості, а також від витрати сушильного агента.

Витрати матеріалу визначає продуктивність сушарки, яка, як правило, повинна бути постійною.

Тому треба іти по шляху стабілізації витрати вологого матеріалу, що

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------|------|
| | | | | | XI.C.00.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 44 |

забезпечує задану продуктивність і усуває збудження за заданим каналом. Для цієї мети встановлюють автоматичні дозатори.

Вологість матеріалу, що поступає в сушарку, залежить від технологічного режиму попередніх процесів. З зміною цього параметра в об'єкті будуть мати місце сильні впливи.

Поверхня контакту сушильного агента і матеріалу залежить від товщини шару цього матеріалу і його гранулометричного складу. Товщина шару визначається наявністю матеріалу в барабані і при постійній витраті матеріалу і швидкості обертання барабану буде постійною.

Гранулометричний склад визначається ходом попередніх технологічних процесів, з його зміною в об'єкті вносяться збудження. Величина вологості сушильного агента залежить від витрати цього агента, що проходить крізь сушарку, чим більше витрата, тим менше вологість сушильного агента. З зміною витрати сушильного в об'єкті може вноситися збуджуючі впливи. Розрідження в барабані сушарки легко стабілізувати шляхом зміни витрати сушильного агента, що виводиться з сушарки. Температура ж визначається усіма параметрами, що мають в наявності, а також інтенсивністю процесу випарювання вологи з матеріалу. Стабілізувати її можна шляхом зміни витрати або температури сушильного агента. Необхідно відзначити, що діапазон зміни останнього параметру суттєво обмежено, що пояснюється вимогами техніки безпеки і можливістю розкладання матеріалу, що висушується.

Навантаження об'єкту за сушильним агентом підтримується на постійному значенні регулятором розрідження повітря в змішувальній камері, що впливає на клапан, встановлений на лінії відведення повітря після циклону. При постійному гідравлічному опорі барабана і відсутності підсосу повітря з атмосфери система регулювання розрідження забезпечує постійність швидкості проходження сушильного агента вздовж барабану. Оптимальне значення швидкості повітря встановлюють, з розрахунком того, що з її зростанням збільшується швидкість сушіння твердого матеріалу і одночасно зростають втрати тепла з відпрацьованим повітрям.

Таким чином, усі параметри, що впливають на показник ефективності, стабілізувати неможливо. Зокрема, збудження буде з'являтися в результаті зміни початкової вологості матеріалу та сушильного агента, гранулометричного складу матеріалу і т.і.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|---------------------|------|
| | | | | | | | | | XI.C.00.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | 45 |

В барабані може змінюватись розподілення матеріалу, а також гідравлічні умови його обтікання сушильним агентом. В зв'язку з цим в якості основного параметру, що регулюється доцільно взяти вологість твердого матеріалу, а регулюючий вплив здійснювати зміною витрати сушильного агента. Проте, при відсутності надійного приладу для неперервного вимірювання вологості матеріалу, а також при великих запізненнях в сушінні в якості регулюючого параметру використовують температуру сушильного агента в барабані. Це доцільно з точки зору динаміки, так як на збудження ця величина реагує швидше. Датчик регулятора температури встановлюють в межах першої третини довжини сушарки, так як на початку апарату температура теплоносія змінюється більш інтенсивно, ніж в його кінці. При цьому зменшується також запізнення об'єкту. Датчик монтують безпосередньо на поверхні барабана, а його вільні кінці приєднують до передатного перетворювача через спеціальний струмознімальний пристрій, з рухомими контактами. Повнота спалювання паливного газу забезпечується АЗР, відношення витрати паливного газу та первинного повітря, що керує подачею первинного повітря в топку. При зміні теплотворної властивості палива доцільно корегувати це відношення за вмістом кисню в топкових газах.

Таким чином, при керуванні процесами сушіння в прямоточній барабанній сушарці слід регулювати відношення витрати палива та первинного повітря, вологого матеріалу, температуру в сушильному агенту на вході та виході з сушарки, температуру в сушарці, розрідження в змішувальній камері. [20]

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|----------------------------|-------------|
| | | | | | <i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| | | | | | | 46 |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | |

6.2 Схема автоматизації

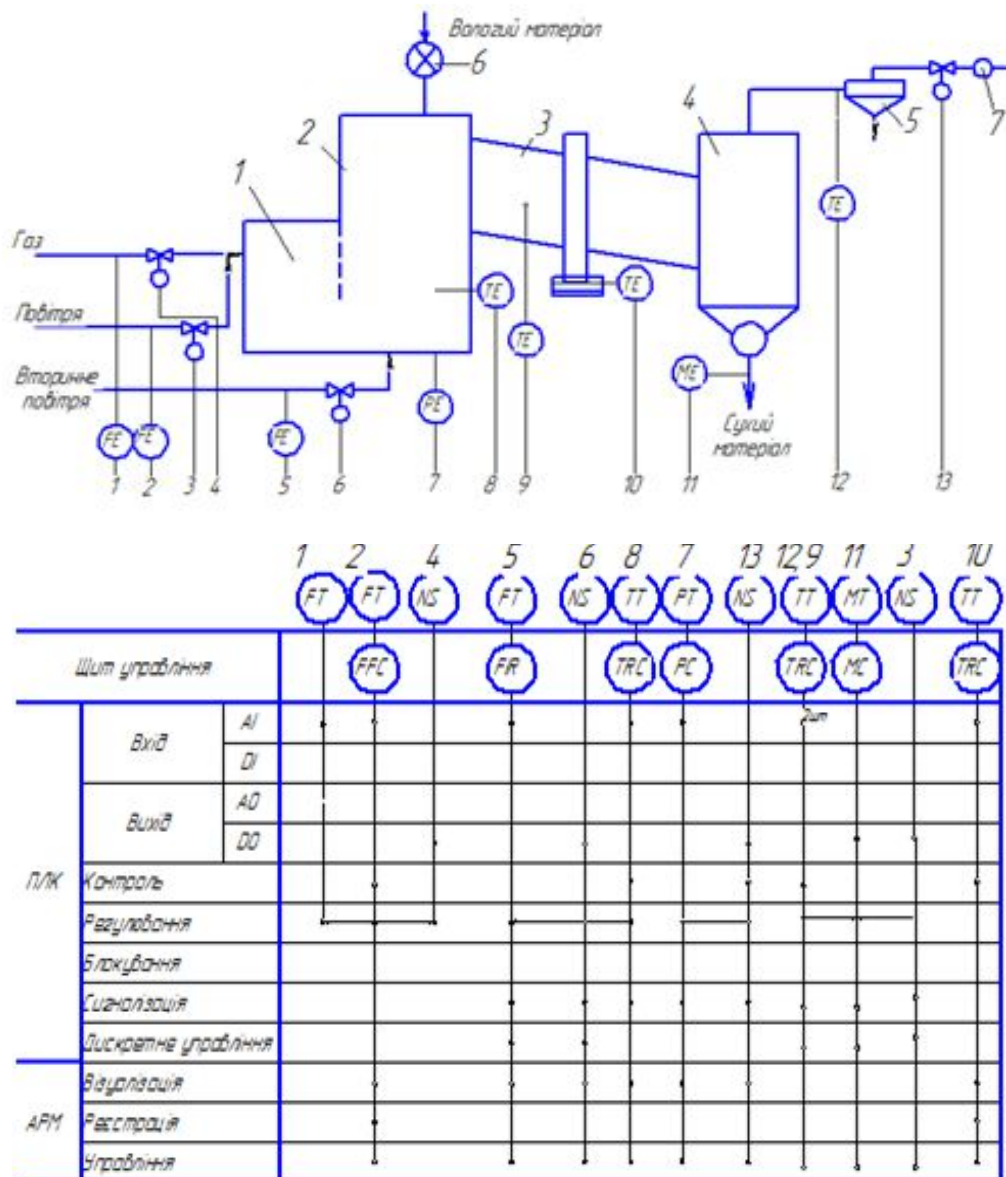


Рисунок 6.1 - Схема автоматизації барабанної сушарки

Таблиця 6.1 Автоматизовані параметри процесу сушки

| № п/п | Найменування | Призначення |
|-------|--------------|-------------------------|
| 1 | FE | Датчик виміру витрати |
| 2 | PE | Датчик виміру тиску |
| 3 | ME | Датчик виміру вологості |

| | | |
|----|-----|---|
| 5 | FT | Прилад для вимірювання витрати, безшкальний з дистанційною передачею показань. |
| 6 | NS | Пускова апаратура для керування електродвигуном. |
| 7 | FFC | Прилад для вимірювання співвідношення витрат, реєструючий, встановлений на щиті. |
| 8 | FR | Прилад для вимірювання витрат, контролюючий, встановлений на щиті. |
| 9 | TT | Прилад для вимірювання температури безшкальний з дистанційною передачею показань. |
| 10 | TRC | Прилад для вимірювання температури реєструючий, регулюючий, встановлений на щиті. |
| 11 | MC | Прилад для вимірювання вологості реєструючий, встановлений на щиті. |
| 12 | PT | Прилад для вимірювання тиску безшкальний з дистанційним передаванням показань |
| 13 | PC | Регулятор тиску, встановлений на щиті. |
| 14 | MT | Прилад для вимірювання вологості безшкальний з дистанційною передачею показань. |

В схемі автоматизації не передбачено технологічне блокування, аварійний захист електродвигуна та технологічна сигналізація. Мотор дистанційно регулюється за допомогою приладів МП (магнітні пускачі) Включення живлення електродвигуна повинно виконуватись за допомогою кнопок зеленого кольору, а виключення за допомогою червоних кнопок. Надійна та безперебійна робота електродвигуна забезпечується в першу чергу належним вибором його по номінальній потужності, режиму роботи і формі виконання.

Не менше значення має також дотримання необхідних вимог і правил при складанні електричної схеми, виборі пускорегулювальної апаратури, проводів та кабелів, монтажі та експлуатації електропривода. Аварійні режими роботи електродвигуна:

До аварійних режимів відносяться:

1) багатофазні (трьох-і двофазні) і однофазні короткі замикання в обмотках електродвигуна; багатофазні короткі замикання в вивідній коробці електродвигуна і у зовнішніх силових колах (в проводах і кабелях, на контактах комутаційних апаратів, в ящиках опорів); короткі замикання фази на корпус або нульовий провід всередині двигуна чи у зовнішніх колах - в мережах із заземленою нейтраллю; короткі замикання в колі управління; короткі замикання між витками обмотки двигуна (виткове замикання). Короткі замикання є найбільш небезпечними аварійними режимами в електроустановках. У більшості випадків вони виникають через пробій або перекриття ізоляції.

2) теплові перевантаження електродвигуна через проходження по його обмотках підвищених струмів: при перевантаженнях робочого механізму з технологічних причин, особливо важких умовах пуску двигуна під навантаженням або його застряганні при тривалому зниженні напруги мережі, випаданні однієї з фаз зовнішнього силового кола або обриві проводу в обмотці двигуна, механічних пошкодженнях в двигуні або робочому механізмі, а також теплові перевантаження при погіршенні умов охолодження двигуна.

Теплові перевантаження викликають в першу чергу прискорене старіння і руйнування ізоляції двигуна, що призводить до коротких замикань, тобто до серйозної аварії і передчасного виходу двигуна з ладу.

Види захисту асинхронних електродвигунів

Головним і найбільш дієвим засобом є електричний захист двигунів.

Захист асинхронних електродвигунів від коротких замикань

Захист від коротких замикань відключає двигун при появі в його силовому колі або в колі управління струмів короткого замикання.

Апарати, які здійснюють захист від коротких замикань (плавкі запобіжники, електромагнітні реле, автоматичні вимикачі з електромагнітним розщеплювачем), діють практично миттєво, тобто без витримки часу.[21]

7 Охорона праці [22,23]

Термін «охорона праці» у вузькому розумінні завжди означав створення для робітників здорових й безпечних умов праці. В Україні основним нормативним документом, що регламентує питання охорони праці на виробництві є Закон України «Про охорону праці». Цей закон вказує на основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи і організації або уповноваженим ним органом і працівником з питань безпеки, виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

В данній магістерській роботі за темою «Барабанна сушарка для сушіння гранульованого суперфосфату» розроблена технологічна схема виробництва гранульованого суперфосфату. Обслуговуючий персонал – оператор.

Небезпечні умови праці, що виникають на робочому місці оператора по обслуговуванню барабанної сушарки:

- повітря робочої зони;
- виробничий шум, вібрації;
- небезпека ураження електричним струмом;
- небезпека впливу елементів устаткування нагрітих до високих температур;
- надзвичайні ситуації;
- виробниче освітлення.

Температура, вологість, швидкість руху повітря і вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони повинні відповідати вимогам ДСТУ 7239:2011.

Сушарка повинна бути обладнана запобіжними пристроями у вигляді вибухових клапанів і мембран. Електрообладнання, комплектуюче сушарку, має відповідати ДСТУ 7239:2011, ДСТУ 2267:93, ДСТУ 8280:2015, і «Правил улаштування електроустановок» (ПУЕ). Сушарка повинна бути заземлена.

Електричний опір не повинен перевищувати 0,1 Ом. Лінії подачі повітря і

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | <i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 50 |

сировини в сушарку повинні бути обладнані аварійною сигналізацією та запобіжними пристроями. Сушарки з навантаженням опору понад 400 кН повинні бути обладнані гальмівними пристроями, що дозволяють зупинити барабан в будь-якому положенні. Захист обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом повинен забезпечуватися шляхом вибору ступеня захисту електрообладнання за ДСТУ 60204-1:2015. Температура робочої поверхні сушарки, доступна дотику з робочих місць обслуговуючого персоналу, не повинна перевищувати 40°C при установці всередині виробничих приміщень і 60°C при установці на відкритому майданчику. Органи управління сушаркою повинні відповідати ДСТУ 7239:2011.

Пожежа – небезпечний фактор виробництва

Основна характеристика основних вогнегасних речовин і принципи гасіння пожежі.

Гасіння пожежі є процес впливу сил та засобів, а також використання методів і прийомів для його ліквідації.

Гасіння пожежі зводиться до активного механічного, фізичного або хімічного впливу на зону горіння для порушення її стійкості одним з прийнятих засобів гасіння пожежі.

Стійкість горіння залежить в першу чергу від температури в зоні хімічної реакції, яка визначається умовами теплообміну з навколишнім середовищем.

Таким чином, порушення теплової рівноваги і зниження температури в зоні горіння при пожежогасінні може бути досягнуто або збільшенням швидкості втрат тепла або зменшенням швидкості виділень тепла в зоні горіння.

Гасіння пожеж з реакцією горіння теплового характеру зазвичай досягається збільшенням втрат тепла в навколишнє середовище.

Гасіння пожежі, що протікає по реакції горіння ланцюгового характеру, легше досягається зменшенням виділень тепла реакції горіння хімічним способом. На практиці горіння під час пожежі носить і тепловий ланцюговий характер, тому зазвичай обидва способи пожежогасіння застосовують разом

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|----------------------------|-------------|
| | | | | | <i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 51 |

Важливим компонентом ефективного пожежогасіння є правильний вибір способів і засобів пожежогасіння.

Вибір засобів пожежогасіння залежить від технології виробництва і фізико-хімічних властивостей сировини, яку застосовують, напівпродуктів і продуктів; від умов, що виключають появу шкідливих побічних явищ при реагуванні вогнегасної кошти з горючою речовиною (наприклад, вибухів, утворення токсичних газів і ін.), а також від умов протікання процесу горіння і технічних можливостей, які використовуються для гасіння пожежі.

Для гасіння пожеж широке застосування знаходять такі речовини, як вода, її пари, а також інші рідини, гази, порошки.

Вогнегасні речовини. Вогнегасна речовина - це речовина, що має фізико-хімічні властивості, що дозволяють створити умови для припинення горіння.

Вогнегасні речовини можуть бути в твердому, рідкому або газоподібному стані. (ДСТУ 7239:2011).

Вода володіє трьома властивостями огнетушення: охолоджує зону горіння, розбавляє реагують речовини в зоні горіння і ізолює горючі речовини від зони горіння.

Вода є найбільш дешевим і поширеним засобом гасіння пожеж. Однак є певні обмеження її застосування. Вода важче багатьох горючих рідин (бензину, гасу, ефіру, ацетону та ін.), Тому вони спливають на її поверхню, продовжують горіти і, розтікаючись, збільшують площу горіння.

Природна вода містить різні розчинені солі і володіє значною електропровідністю. У зв'язку з цим не слід застосовувати воду для гасіння пожеж в електроустановках, що знаходяться під напругою.

Воду не можна застосовувати для гасіння об'єктів, що містять речовини (наприклад, лужні метали, карбід кальцію, негашене вапно), які, вступаючи з нею в реакцію, сприяє поширенню пожежі, створюють небезпеку вибуху, виділяють вибухонебезпечні отруйні гази, інші шкідливі речовини.

Вогнегасна піна є система, в якій дисперсною фазою завжди є газ. Бульбашки газу можуть утворюватися всередині рідини в результаті хімічних процесів

або механічного змішування повітря з рідиною.

При гасінні пожежі піна, покриваючи палаюче місце, ізолює його від навколишнього середовища, перешкоджає проникненню горючих газів і парів в зону горіння і передачі теплоти зі сфери горіння до палаючого місця. У процесі руйнування піни утворюється рідка плівка, яка змочує і охолоджує поверхню горіння.

Широке застосування знайшли два види вогнегасних пін: хімічна і повітряно-механічна.

Вогнегасні піни широко застосовуються для гасіння пожеж при загорянні горючих і легкозайmistих рідин, а також твердих горючих речовин і матеріалів.

Інертні гази (азот, аргон, гелій, двоокис вуглецю) мають здатність швидко змішуватися з горючими парами і газами, знижуючи концентрацію кисню в зоні горіння до такої межі, при якому горіння припиняється.

Вогнегасні порошкові склади являють собою тонко подрібнені мінеральні солі з різними добавками, що служать для зменшення злежування та грудкування. Порошкові склади володіють дуже високою вогнегасною здатністю (гасіння пожеж більшості речовин і матеріалів досягається за 5-7 с), вони універсальні, тобто здатні гасити будь-які матеріали, в тому числі не гасимі усіма іншими засобами.

Вогнегасний ефект порошкових складів носить комплексний характер: інгібування (гальмування) хімічних реакцій в зоні горіння; охолодження зони горіння внаслідок витрачання теплоти на нагрів і термічний розклад частинок порошку; розбавлення горючого середовища як частинками порошку, так і продуктами його розкладання; ефект при гасінні на поверхні. Порошкові склади володіють діелектричними властивостями, практично нетоксичні, не роблять корозійної дії на метали.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------|------|
| | | | | | XI.C.00.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 53 |

Висновок

В данній роботі було розглянуто існуючі конструкції устаткування для проведення процесів сушки та їх модернізацій. В результаті було обрано та впроваджено модернізацію перфорованого конуса в внутрішній частині барабана, що забезпечує зниження енерговитрат на процесі сушіння за рахунок більш ефективного використання сушильного агенту. Були наведені теоретичні основи і особливості процесу сушіння. Проведені технологічні розрахунки барабанної сушарки, визначено розміри барабанної сушарки, гідравлічний опір, обґрунтовано вибір матеріалу для виготовлення апарату. Описана технологічна схема виготовлення гранульованого суперфосфату. Була розроблена функціональна схема автоматизації для барабанної сушарки. Наведена інформація про ремонтно-монтажні роботи. На базі розрахунків було спроектовано такі креслення: складальне креслення барабанної сушарки, складальне креслення корпусу барабану, креслення завантажувального та розвантажувального бункерів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------|------|
| | | | | | XI.C.00.00.00.00.II3 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 54 |

Список використаної літератури.

1. Ткаченко С. Й., Співак О. Ю. Т44 Сушильні процеси та установки. Навчальний посібник. - Вінниця:ВНТУ, 2007. - 76 с.
2. Дударев І. Обґрунтування технологічних параметрів барабанної сушарки // Вісник ТДТУ. – 2009. – Том 14. - №1 – ст.. 77-81. – (машинобудування, автоматизація виробництва та процеси механічної обробки).
3. Кутепов А.М. и др. Общая химическая технология 2-е изд., - М.: Высшая школа, 1990 г. – 520 с.
4. Сажин Б.С. Основы техники сушки. – М.: Химия, 1984. – 320с.
5. ГОСТ 34233.1-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочностью. Общие требования. – Введ. 08.01.2018
6. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / Под. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1991. – 493 с.
7. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1971. – 784 с.
8. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности – М.: Химия, 1970. – 429 с
9. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / Романков П.Г., Носков А.А. – Л.: Химия, 1976. – 550 с.
10. Лебедев П.Д. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий / Щукин А.А. – М.: Энергия, 1970. – 408 с.
11. Коузов П.А. Указания по расчету циклонов: Методические материалы для проектирования. – М: ГПИ, Сантехпроект, 1971. 52 с.
12. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. Л.: Химия, 1991. – 296 с.
13. И. И. Чернобыльский, Машины и аппараты химических производств, М., Машиностроение. 1975.
14. Сушильные аппараты и установки, Каталог, М., ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1988
15. Лебедев П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок. М – Л.: Госэнергоиздат, 1963.
16. А. Н. Плановский Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / П. И. Николаев, М., Химия, 1987.

17. Кувшинский М.Н. Курсовое проектирование по предмету: Процессы аппараты химической промышленности, Соболева А.П., М.: Высш. школа, 1980 – 223 с.
18. Фармазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фармазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 312 с.
19. Ермаков В.И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В.И. Ермаков, В.С. Шейн. – Л. : Химия, 1981. – 368 с.
20. Голубятников В.А. Шувалов В.В., Автоматизация производственных процессов. 2-е изд. М.: Химия, 1985.
21. Буртоликова З.Л. Александров И.А., Автоматика, автоматизация и АСУТП, Альбом структурно-логических схем к рабочей программе. М: ВЗПИ, 1988, Часть 2.
22. Кобилянська І. М., Кобилянський О. В., Яблочников С. Л. Основи охорони праці : Навчальний посібник. – Вінниця, 2007. – 171 с.
23. Безпека праці та промислова санітарія : курс охорони праці для студентів інженерного напрямку підготовки / К. Н. Ткачук, О. Л. Гуменюк, Т. П. Бивойно [та ін.]; за ред. К.Н. Ткачука і О.Л. Гуменюк – Чернігів : ЧДТУ, 2010. – 368 с.
24. Методичні вказівки до виконання комплексного курсового проекту з дисциплін спеціалізації для студентів спеціальності 7.090220, 8.090220 «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів»/Укл.: А.П. Врагов, Л.Г. Кірний. – Суми: Вид-во СумДУ, 2003 -37 с.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|----------------------------|-------------|
| | | | | | <i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 56 |