

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота магістра

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

Тема роботи: Операційне відділення цеху виробництва
амофосу. Розробити та модернізувати барабанний
гранулятор-сушарку

Виконав:

студент групи ХМ.м-21/1

Мальований Богдан Сергійович

підпис

Залікова книжка

№ 22510238

Кваліфікаційна робота магістра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20__ р.

Підпис голови

(заступника голови) комісії

Керівник:

канд. техн. наук, доцент

Юхименко Микола Петрович

підпис, дата

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ЩОДО ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА АМОФОСУ	5
1.1 Характеристика сировини	10
1.2 Аналіз апаратурного оформлення процесу гранулювання	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	16
2.1 Опис технологічної схеми виробництва амофосу	16
2.2 Характеристика основного технологічного обладнання установки	20
2.3 Опис об'єкта розробки	22
2.4 Технологічні розрахунки	23
2.5 Конструктивні розрахунки	29
2.6 Гідравлічні розрахунки	31
2.7 Розрахунок допоміжного обладнання	32
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	36
3.1 Вибір основних конструкційних матеріалів	36
3.2 Розрахунки апарата на міцність, стійкість та герметичність	39
4 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА	47
4.1 Обґрунтування вибору варіанта компонування обладнання	47
4.2 Обґрунтування компонування основного технологічного обладнання. Трасування трубопроводів	49
4.3 Монтаж та ремонт основного технологічного обладнання	51
5 ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ	62
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	67
ВИСНОВКИ	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Амофос є добривом, яке містить фосфор і азот у складній формі. Фосфор є важливим макроелементом для рослин, і він виконує різні функції, зокрема сприяє росту коренів, квітінню та плодоношенню рослин. Азот також є необхідним для росту і розвитку рослин. Амофос також добре поєднується з іншими добривами, що дозволяє сільським господарствам створювати складнозмішані добрива з різними співвідношеннями поживних речовин відповідно до конкретних потреб рослин [1].

Амофос може бути виготовлений з фосфорної кислоти, яка отримується з різних джерел, таких як апатитовий концентрат і фосфоритні руди. Це робить його доступним і вигідним для виробництва [1].

Використання амофосу може покращити врожайність рослин, сприяючи оптимальному забезпеченню їх фосфором та азотом. У контексті зростання суспільних потреб у продуктах праці, зокрема продуктах сільського господарства, виробництво амофосу важливо для забезпечення продуктивності і стійкості сільськогосподарського сектору.

Дана магістерська кваліфікаційна робота спрямована на вивчення технології виробництва амофосу з упарюванням амофосної пульпи і гранулюванням в барабанному гранулятор-сушарці (БГС). Для досягнення мети роботи треба виконати наступні задачі (завдання дослідження):

1. Виконати літературний огляд щодо технології виробництва амофосу та процесів упарювання і гранулювання, оцінити існуючі методи та технології.
2. Дослідити технологічний процес виробництва амофосу з упарюванням амофосної пульпи і гранулюванням в апараті БГС.
3. Провести чисельне моделювання процесу гранулювання і сушіння в апараті БГС, використовуючи математичні рівняння.

4. Використовуючи модель для оптимізації процесу гранулювання і сушіння, встановити оптимальні умови для досягнення певних цілей, таких як підвищення якості продукту та зниження енергоспоживання.
5. Проаналізувати отримані результати дослідження, порівнявши їх з існуючими, та запропонувати перспективні зміни у виробничому процесі.

Ця робота може бути важливим внеском у сферу виробництва добрив та підвищити рівень розуміння процесу виробництва амофосу. Також вона може виявитися корисною для підприємств, що займаються виробництвом амофосу, в плані оптимізації існуючих виробничих процесів.

1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ЩОДО ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА АМОФОСУ

Основний процес, що лежить в основі виробництва амофосу, полягає у нейтралізації фосфорної кислоти за допомогою рідкого аміаку під підвищеним тиском. Аміак вводиться в реактор одночасно з фосфорною кислотою. Режим проведення процесу нейтралізації обирається таким чином, щоб забезпечити отримання пульпи амофосу, яка має достатню рухливість і може легко перекачуватися через трубопроводи. В'язкість пульпи залежить від концентрації фосфорної кислоти, яка використовується, а також від конструкції використовуваного устаткування.

Щодо варіантів виробництва на основі *розбавленої екстракційної кислоти*, існують наступні методи:

1. Пульпу після нейтралізації можна піддавати сушінню в розпилюючій сушарці. Цей процес допомагає видалити зайву вологу і отримати більш концентрований продукт.

2. Упарювання пульпи у вакуум-випарних апаратах, а потім сушіння в апараті БГС (барабанно-грануляційна сушарка). Цей метод дозволяє видаляти вологу більш ефективно і отримувати продукт вищої якості.

3. Також можна використовувати метод, який включає сушіння пульпи з подальшою грануляцією в розпилюючій сушарці-грануляторі киплячого шару (РКШГ). Такий підхід дозволяє одночасно виготовляти гранули, що полегшує подальший транспорт і зберігання продукту.

Таким чином, виробництво амофосу може бути виконано за допомогою різних технологічних методів, залежно від вимог до якості та властивостей кінцевого продукту.

На основі *концентрованої фосфорної кислоти* існують різні методи виробництва амофосу, які включають такі кроки:

1. Грануляція і сушіння продукту в амонізаторі-грануляторі (АГ).

Процеси грануляції та сушіння є важливими складовими виробництва амофосу на основі концентрованої фосфорної кислоти. Під час цього процесу концентрована фосфорна кислота, яка була нейтралізована аміаком, перетворюється в готовий амофос у вигляді гранул. Ось як цей процес відбувається:

Після нейтралізації фосфорної кислоти аміаком утворюється рідка амофосна пульпа. Ця пульпа подається в амонізатор-гранулятор АГ. В амонізаторі пульпа піддається механічному обробленню і гранулюється. Це означає, що рідка пульпа перетворюється в маленькі гранули амофосу. Грануляція сприяє формуванню продукту в більш зручній для подальшого використання формі та полегшує його транспортування.

Після грануляції гранули проходять процес сушіння для видалення зайвої вологи з гранул. Цей крок важливий для збереження якості та тривалості зберігання продукту, оскільки волога може спричинити утворення грудок або збільшення в'язкості амофосу.

Отже, грануляція і сушіння продукту в амонізаторі-грануляторі АГ допомагають перетворити амофосну пульпу в готовий амофос у вигляді гранул, готових до використання у якості добрива.

2. Самовипаровування пульпи під підвищеним тиском та сушіння в апараті БГСХ. Це ще один метод виробництва амофосу на основі концентрованої фосфорної кислоти. Цей процес включає такі кроки:

Самовипаровування пульпи під підвищеним тиском. Після нейтралізації фосфорної кислоти аміаком утворюється амофосна пульпа, яка містить воду та розчинені речовини. Ця пульпа подається до спеціального обладнання, де відбувається процес самовипаровування під підвищеним тиском. Підвищений тиск допомагає воді випаровуватися при нижчих температурах, що дозволяє зменшити теплові витрати та зберегти якість продукту.

Сушіння в апараті БГСХ (барабанно-грануляційна сушарка). Після

самовипаровування пульпа переходить до апарату БГСХ для додаткового сушіння і грануляції. У цьому процесі волога, що залишилася після самовипаровування, видаляється, і амофос перетворюється в гранульовану форму, що полегшує зберігання та застосування.

Даний метод, зазвичай, використовується для отримання амофосу в порошковій або гранульованій формі з високим вмістом поживних речовин. Самовипаровування під підвищеним тиском дозволяє ефективно видаляти вологу і забезпечує якісний кінцевий продукт.

У процесі виробництва амофосу утворюються гази, які складаються з аміаку і амофосного пилу. Ці гази виділяються з різних джерел, включаючи грануляційно-сушильні апарати, обладнання для дроблення та сортування, транспортні засоби та під час процесу затарювання амофосу.

Перш ніж гази викидаються в атмосферу, вони проходять стадію очищення. Для ефективного видалення твердих частинок із забрудненого газу використовують відцентрові апарати (циклони). Однак для забезпечення високого ступеня очищення газу дуже важливо уникати накопичення пилу в конусі циклону. Навіть незначні протіки повітря через можливі нещільності в апаратурі будь-якої частини системи пилоуловлювання можуть значно погіршити функціональність циклону та в суттєвій мірі знизити його ефективність.

Ступінь очищення газу від пилу в циклонах визначається декількома факторами:

- 1. Властивості частинок газу.** Розмір, форма та хімічний склад твердих частинок газу мають велике значення. Деякі частинки можуть бути більш схильні до відцентрового видалення, ніж інші.
- 2. Швидкість руху потоку газу.** Величина швидкості руху газового потоку впливає на здатність циклона видаляти пил. Високі швидкості можуть створювати більший відцентровий ефект і поліпшувати процес очищення.

3. Розмір і конструктивні особливості циклонних апаратів. Розміри та дизайн циклону, включаючи конус і внутрішні вирізи, також впливають на його ефективність. Оптимальна конструкція циклона може забезпечити кращий відцентровий ефект та видалення пилу.

Забезпечення безперебійної роботи системи пилоуловлювання та оптимізація конструкції циклону є ключовими аспектами для досягнення високої ефективності видалення пилу з газів у виробничих процесах.

Також під час процесу сушіння у виробництві амофосу відбувається виділення аміаку, і ця реакція є наслідком термічного розкладання солей, що входять до складу амофосу. Давайте розглянемо цей процес більш детально:

- 1. Термічне розкладання солей.** У процесі виробництва амофосу діамонійфосфат, який є однією з основних складових солей, піддається термічному розкладанню. Важливо відзначити, що діамонійфосфат має низьку термічну стійкість, тобто він розкладається при підвищених температурах.
- 2. Виділення аміаку.** Під час розкладання діамонійфосфату в газову фазу основним продуктом є аміак. Це виділення аміаку в газовій формі є важливим етапом у виробництві амофосу.

Таким чином, для забезпечення якості повітря та екологічної безпеки викидів в газову фазу, які містять аміак та фтор, застосовується двоступеневе очищення газів. Абсорбер першого ступеня відіграє ключову роль у процесі очищення газів, що відходять від виробництва амофосу. Цей абсорбер зрошується кислотними розчинами фосфатів амонію, які циркулюють у закритому циклі. Його головна функція – уловлювати аміак і частково (приблизно 50 %) фтор, що містяться у викидах. Для більш чіткого розуміння розглянемо цей етап очищення газів:

- 1. Уловлювання аміаку.** Аміак, який міститься у газовій фазі, взаємодіє з кислотними розчинами фосфатів амонію, які подаються до абсорбера першого ступеня. Під час цього процесу аміак зв'язується

з розчином і видаляється з газової фази, що зменшує його викиди в атмосферу.

2. Часткове уловлювання фтору. Окрім аміаку, абсорбер першого ступеня також частково уловлює фтор. Однак лише приблизно половина фтору забирається на цьому етапі.

Для подальшого уловлювання фтору використовується абсорбер другого ступеня. Він зрошується водою або вапняним молоком, що допомагає забрати залишковий фтор, який може залишитися після першого етапу очищення.

Важливо підкреслити, що цей процес очищення газів має на меті забезпечити викиди газів у атмосферу, які відповідають нормам безпеки та стандартам охорони навколишнього середовища. Таким чином, впровадження абсорберів першого та другого ступенів є важливою складовою процесу виробництва амофосу з урахуванням екологічних вимог.

Після проходження другого ступеня очищення, коли абсорбер зрошується водою, відпрацьована рідина, що містить залишковий фтор, направляється для подальшої обробки. У залежності від типу абсорбера та складу рідини, цей процес може відбуватися за двома сценаріями:

1. Повернення до циркуляційного баку першого ступеня. Якщо абсорбер другого ступеня зрошується водою, відпрацьована рідина може бути повернута в циркуляційний бак першого ступеня. Це може бути зроблено для додаткового уловлювання фтору та зменшення втрат реактивів.

Відкачування на станцію нейтралізації стічних вод. У випадку, коли абсорбер другого ступеня зрошується вапняком або вапняним молоком, відпрацьована рідина може бути відкачана на спеціальну станцію для нейтралізації стічних вод. Тут відбувається обробка рідини з метою нейтралізації та зменшення впливу на навколишнє середовище.

1.1 Характеристика сировини [3]

Сировина є одним із ключових факторів у будь-якому технологічному процесі і визначає багато важливих аспектів, таких як економічність, техніка виробництва, якість продукту тощо. Розглянемо основні важливі аспекти:

1. Економічність. Вибір і доступність сировини може вплинути на вартість виробництва. Деякі сировини можуть бути дорогими або обмеженими за обсягом, що може підвищити витрати на виробництво.
2. Техніка виробництва. Технологічний процес часто розробляється з огляду на властивості сировини. Різні сировини можуть вимагати різних методів обробки та переробки.
3. Якість продукту. Якість сировини напряму впливає на якість кінцевого продукту. Якщо сировина має низьку якість, то і якість продукту може бути низькою, незалежно від технологічного процесу.
4. Сталість постачання. Надійність постачання сировини є важливою, оскільки переривання постачання може призвести до призупинення виробництва і фінансових втрат.
5. Вплив на навколишнє середовище. Вибір сировини може вплинути на вплив технологічного процесу на навколишнє середовище через обробку відходів і викиди.

Саме тому важливо вивчати і ретельно вибирати сировину для кожного конкретного виробничого процесу з урахуванням вищезазначених аспектів. Правильний вибір сировини може покращити якість продукту, зменшити витрати і підвищити конкурентоспроможність підприємства.

Ортофосфорна кислота (H_3PO_4) – це неорганічна кислота, яка складається з трьох атомів водню (H), одного атома фосфору (P) і чотирьох атомів кисню (O). Вона є однією з найважливіших сполук фосфору і

використовується в різних хімічних процесах та промислових застосуваннях, включаючи виробництво добрив, обробку металів, харчову промисловість і багато інших галузей. Ортофосфорна кислота має безбарвні гігроскопічні кристали, які легко звожуються в повітрі через свою здатність поглинати вологу. Ця речовина грає важливу роль в хімії та промисловості завдяки своїм хімічним властивостям і можливостям реакції з іншими речовинами.

У промисловості фосфорну кислоту отримують різними способами, серед яких термічний і екстракційний. Обидва ці способи використовуються для виробництва фосфорної кислоти, але вони базуються на різних хімічних процесах.

Термічний (фосфатний) спосіб. У цьому методі фосфорна кислота отримується шляхом обробки фосфатної сировини при високих температурах і підвищеному тиску. Процес включає в себе подальше окиснення та конденсацію фосфорної пари, яка утворюється під час термічної обробки. Одним з важливих джерел фосфатної сировини є апатитовий концентрат, який містить фосфати.

Екстракційний (мокрый) спосіб. Цей метод зазвичай використовується для отримання фосфорної кислоти з фосфоритних руд або фосфатних каменів. Процес полягає в розчиненні фосфору у водному розчині кислоти, зазвичай сульфатної або флуорсиліцієвої кислоти. Далі відбувається реакція витягування (екстракції), під час якої фосфор виділяється з розчину у вигляді фосфатної кислоти.

Обидва ці методи мають свої переваги і недоліки і можуть використовуватися в залежності від доступності сировини, технологічних можливостей і економічної ефективності.

Аміак (NH_3) є хімічною сполукою, яка відома як безбарвний газ із різким і характерним запахом, який нагадує запах нашатирного спирту. Аміак є майже вдвічі легшим за повітря, що означає, що він піднімається вгору в повітрі. Дуже розчинний у воді: його розчинність залежить від

температури, і вона зростає зі зниженням температури (при 0°C аміак розчиняється у воді приблизно в 1200 разів об'єму, а при 20°C – близько 700 разів об'єму).

Аміак відноситься до IV класу небезпеки, що означає, що він є малонебезпечною речовиною. Висока концентрація аміаку у повітрі може бути шкідливою для здоров'я і навколишнього середовища. Допустима гранична концентрація (ГДК) аміаку в повітрі становить 20 мг/м³.

Аміак використовується в різних галузях, включаючи сільське господарство як добриво, виробництво хімічних речовин, холодильну техніку та інші технологічні процеси. У зв'язку з його хімічними і фізичними властивостями, аміак потребує обережного та безпечного обходу та зберігання в промислових процесах і у виробництві.

1.2 Аналіз апаратурного оформлення процесу гранулювання [4–8]

Під час грануляції обкочуванням порошкоподібні матеріали змочуються кріпильною речовиною. Ця речовина може бути водою або іншою рідиною, яка взаємодіє з матеріалами і допомагає створювати зчеплення між частинками. Після змочування матеріали починають агломерувати або адгерентизувати, утворюючи маленькі агрегати чи гранули. Цей процес обумовлений дією капілярно-адсорбційних сил, які зчеплюють частинки разом. Ущільнення структури відбувається завдяки силам взаємодії між частинками в щільному динамічному шарі. Це призводить до утворення більш стійких та міцних гранул.

Процес грануляції обкочуванням може бути виконаний в спеціальних апаратах, таких як барабани або тарілчасті гранулятори. У барабанних грануляторах матеріали обертаються в барабані, в якому вони обробляються та зміцнюються. Тарілчасті гранулятори використовують тарілки для створення гранул.

Тарілчастий гранулятор (також відомий як дисковий гранулятор) є пристроєм, призначеним для створення гранульованих частинок з порошкоподібних матеріалів. Принцип його роботи полягає в тому, що порошкоподібна сировина обертається на поверхні обертової тарілки під дією центробежної сили і одночасно змочується кріпильною рідиною.

Сировину, яку потрібно гранулювати, завантажують в гранулятор через верхній завантажувальний штуцер. Ця сировина може бути в порошковому стані або мати певну вологість, в залежності від виробничого процесу. Кріпильну рідину (наприклад, воду або спеціалізовану рідину) розпилюють на сировину за допомогою форсунок. Ця рідина взаємодіє з порошкоподібною сировиною та допомагає їй агломерувати або злипатися разом для створення гранул.

Тарілчаста тарілка починає обертатися навколо своєї осі під час роботи гранулятора. В результаті обертання сировина розташовується на поверхні тарілки, де відбувається процес грануляції. Під час обертання тарілка створює центробежну силу, яка веде до переміщення сировини від центру тарілки до її краю. Під дією цієї сили сировина починає злипатися та утворювати гранули на поверхні тарілки. Величина та форма гранул контролюються параметрами, такими як швидкість обертання тарілки, кут нахилу тарілки, швидкість подачі сировини та вологість кріпильної рідини.

Сформовані гранули переміщуються від краю тарілки до центру під час обертання тарілки і, в кінці процесу, викидаються з гранулятора в прийомний збірник або наступний етап виробничого процесу.

Таким чином, тарілчастий гранулятор дозволяє створювати гранули з порошкоподібних матеріалів, використовуючи відцентрову силу та кріпильну рідину для агломерації сировини та формування бажаного розміру та структури гранул.

Барабанний гранулятор також призначений для створення гранульованих продуктів з порошкоподібних матеріалів. Принцип роботи

барабанного гранулятора полягає в обертанні барабану, в якому матеріал піддається обробці та агломерації, щоб утворити гранули.

Порошкоподібну сировину, яку необхідно гранулювати, завантажують в барабанний гранулятор через верхній завантажувальний отвір або вхідну шнекову конвейерну систему. Головною частиною барабанного гранулятора є циліндричний барабан, який починає обертатися навколо своєї осі. Барабан може мати спеціальні внутрішні структури, такі як пластини або ребра, які допомагають утворювати гранули.

Під час обертання барабану, сировину змочують кріпильною рідиною або в'язкими речовинами. Ця рідина сприяє злипанню порошкоподібних часток разом та формуванню гранул. Процес агломерації відбувається завдяки зчепленню та взаємодії часток в обертовому барабані. У результаті обробки у барабані сировина поступово перетворюється в гранули або пелети. Розмір та форма гранул контролюються параметрами, такими як швидкість обертання барабану, кут нахилу барабана та кількість кріпильної рідини.

Готові гранули видаляються з барабанного гранулятора через вибіркові виходи або решітку, яка дозволяє відокремити гранули від дрібних фракцій або невибраних матеріалів. Після видалення гранул з барабану, їх може бути необхідно піддати процесу сушіння, якщо кріпильна рідина містить вологу. Це може відбуватися в іншому обладнанні, такому як сушильна машина.

Барабанні гранулятори широко використовуються у різних галузях, включаючи сільське господарство, харчову промисловість, хімічну промисловість та багато інших галузей, для створення гранульованих продуктів або пелет.

Вибір між барабанним і тарілчастим гранулятором залежить від конкретних завдань та умов виробництва. Барабанні гранулятори зазвичай мають вищу продуктивність порівняно з тарілчастими грануляторами. Вони можуть обробляти більше сировини за один цикл роботи. Також барабанні

гранулятори можуть працювати з матеріалами, які містять вологу, без необхідності додаткового змочування. Це може бути корисно, якщо сировина вже містить певний рівень вологості. Барабанні гранулятори дозволяють досягати більшої різноманітності в розмірах і формах гранул, оскільки їхні обертові барабани можуть мати різні конфігурації.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис технологічної схеми виробництва амофосу

Розглянемо технологічну схему операційного відділення цеху виробництва амофосу (рис. 2.1).

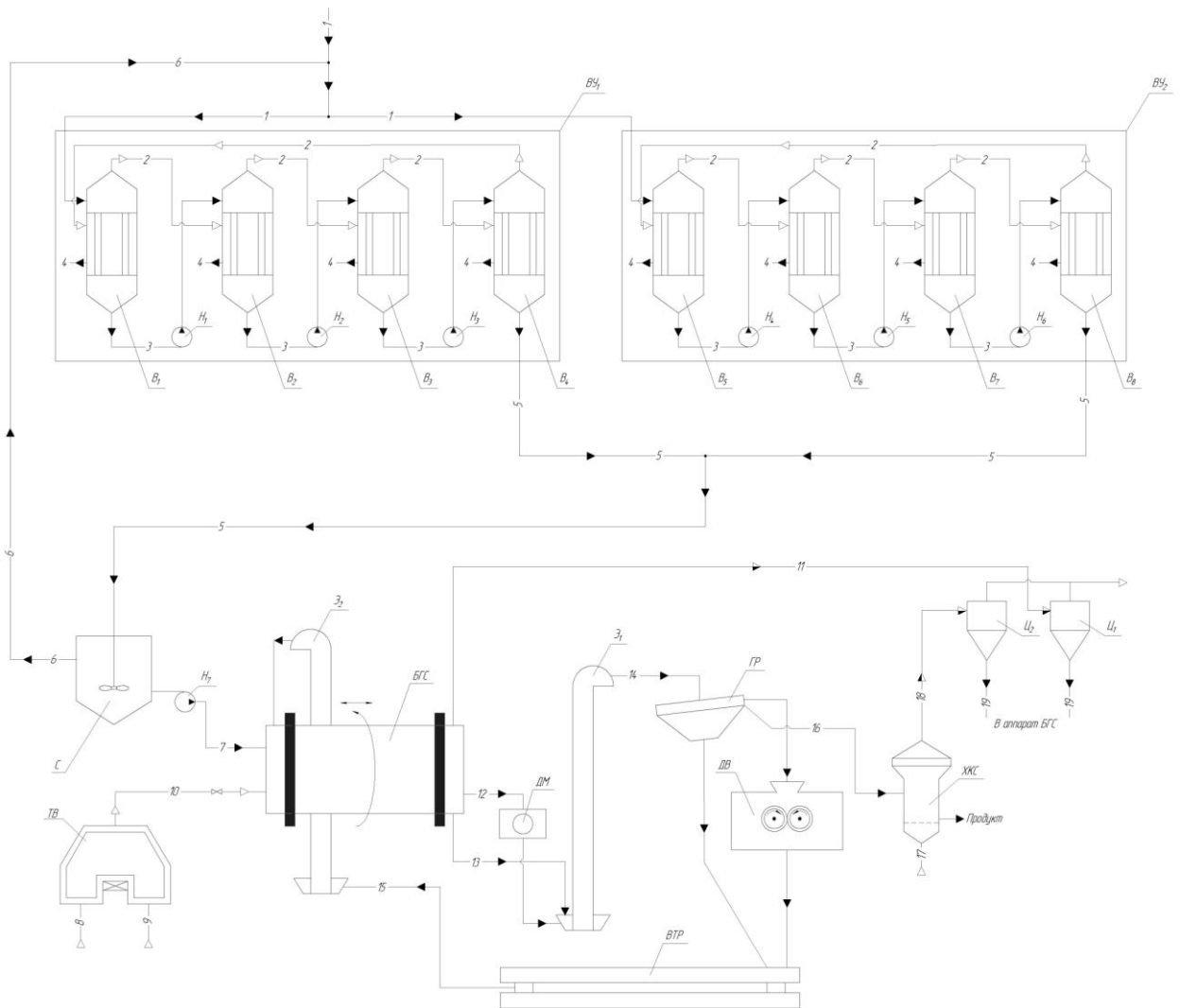


Рисунок 2.1 – Технологічна схема операційного відділення цеху виробництва амофосу

Перед початком виробництва амофосу, однією з основних задач є зменшення вологості фосфатної пульпи, яка подається до БГС. Для

досягнення цієї мети використовується процес упарювання нейтралізованої фосфатної пульпи на вакуум-випарних установках. Головною метою процесу упарювання є зменшення вологості фосфатної пульпи до рівня, який є оптимальним для подальших етапів виробництва амофосу. Зниження вологості робить пульпу більш підходящою для подальшої обробки та грануляції.

Упарювання відбувається на спеціальних вакуум-випарних установках. Вакуум створюється для зниження тиску в системі, що допомагає воді у вигляді пари випаровуватися при нижчих температурах, зберігаючи при цьому якість фосфатної пульпи. Сам процес упарювання контролюється та регулюється з метою забезпечення оптимальних умов для випаровування вологи. Це включає в себе налагодження температури, тиску та інших параметрів. Після завершення процесу упарювання, отримана більш суха фосфатна пульпа може бути готовою для подальшої обробки, такої як грануляція, яка допомагає створити кінцевий продукт – гранульований амофос.

Ефективність упарювання фосфорної кислоти може суттєво впливати на наявність домішок та інших нечистот у вихідній кислоті. Особливо це стосується фосфатної кислоти, яка отримується з різних джерел сировини.

У свою чергу, домішки та нечистоти у фосфорній кислоті можуть впливати на її хімічні властивості, зокрема термічну стійкість і здатність до випарювання. Якщо кислота містить значну кількість таких домішок, то упарювання може бути складним, оскільки ці домішки можуть виділятися у тверду фазу в результаті термічного розкладання, утворюючи кристалічні сполуки.

Нейтралізація кислоти аміаком перед упарюванням фосфатної пульпи може бути корисним кроком, оскільки це дозволяє зменшити концентрацію домішок та підготувати реакційну суміш для більш ефективного упарювання. Такий підхід може спростити процес та забезпечити більш якісний результат

у виробництві амофосу.

Принцип роботи даної установки полягає у наступному. Першочерговим завданням виробництва амофосу є вибір шляхів зниження вологості фосфатної пульпи, яка подається у БГС. Це завдання вирішується шляхом упарювання нейтралізованої фосфатної пульпи в багатокорпусних вакуум-випарних апаратах.

Установка для виробництва амофосу, схема якої представлена на рис. 2.1, працює наступним чином. Фосфатна пульпа, яка містить певний рівень вологості та можливі домішки, поступає на установку. Перед упарюванням фосфатна пульпа може піддаватися додатковій обробці, такій як нейтралізація, для підготовки до подальшого процесу. Потім фосфатна пульпа подається до багатокорпусних вакуум-випарних апаратів, де відбувається її упарювання. У цих апаратах створюється вакуум, що сприяє випаровуванню води з пульпи при низьких температурах.

Так, вакуум-упарювання нейтралізованої фосфатної пульпи є ключовою стадією цього процесу. Під час цього процесу вологість упареної пульпи значно зменшується, нерідко знижуючись більше ніж удвічі, порівняно з вологістю вихідної пульпи.

Після проходження вакуум-випарних апаратів, фосфатна пульпа, яка вже не містить багато вологи і має вологості на рівні 4 % за масою, спрямовується до спеціального збірника, обладнаного додатковим пристроєм. Упарена пульпа, яка знаходиться в збірнику, подається на форсунку за допомогою відцентрового насосу. Цей насос забезпечує потік пульпи до наступного етапу процесу.

У барабанному гранулятор-сушарці (БГС) упарена пульпа розпилюється на дрібні частинки за допомогою стисненого повітря. Це сприяє створенню дрібних гранул, які накладаються на вже існуючі гранули амофосу, що вже знаходяться в апараті БГС. На цьому етапі відбувається грануляція, яка включає обкатку та укрупнення гранул, щоб створити більш

однорідний і стійкий продукт.

Важливим аспектом виробництва амофосу є використання теплового агента для сушки та обробки фосфатної пульпи. У нашому випадку, тепловим агентом є топкові гази. Ці гази подаються прямотоком до барабанної гранулятор-сушарки з виносною топкою, і вони використовуються для забезпечення потрібної температури та енергії для сушіння та грануляції фосфатної пульпи.

Завдяки куту нахилу та обертанню барабану, готовий продукт рухається до розвантажувальної камери. Після цього, суха речовина з вологістю гранул амофосу, яка знаходиться в межах 0,3 %, спрямовується на подрібнення за допомогою молоткових дробарок. Молоткові дробарки є подрібнювальними машинами, які працюють за принципом ударної дії. У цих машин зазвичай є швидкозбіжний обертовий диск, до якого прикріплені сталеві молотки. Матеріал, який потрібно подрібнити, подається зверху до дробарки. Молотки підхоплюють цей матеріал і подрібнюють його ударом. Після відскакування від молотків, матеріал ударяється об броньову плиту і при цьому дробиться на дрібні частинки.

Готовий продукт виводиться з дробарки через розвантажувальну решітку і подається на елеватор. Після цього він направляєється на розсівання грохотами, де можуть відокремлюватися різні фракції продукту в залежності від їх розміру. Цей процес допомагає створити кінцевий продукт амофосу, який відповідає встановленим стандартам та може бути використаний у сільському господарстві та інших галузях.

У процесі сушіння гранульованого амофосу відбувається кілька важливих процесів, які впливають на якість та хімічний склад продукту. Один із цих процесів – це виділення аміаку і фтористих газів, і це відбувається через розкладання специфічних хімічних сполук, які містяться в амофосній шихті та пульпі. Зокрема, розкладання сполук $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ і H_2SiF_6 відбувається при високій температурі, яка використовується під час сушіння.

Під впливом тепла ці сполуки розпадаються на аміак і фтористі гази. Основна мета цього процесу – видалення цих речовин з гранульованого амофосу, оскільки вони можуть бути небезпечними і небажаними домішками в готовому продукті.

Контроль та управління цими хімічними реакціями дуже важливі для забезпечення якості та безпеки виробництва амофосу. Тому в процесі сушіння необхідно враховувати параметри, такі як температура, час та інші фактори, щоб забезпечити ефективне видалення аміаку і фтористих газів і запобігти їхньому негативному впливу на кінцевий продукт і навколишнє середовище.

Регулювання температури під час процесу сушіння в барабанній гранулятор-сушарці вкрай важливе для ефективного контролю виділення аміаку і фтору. Як виправдано вказано, зі збільшенням температури збільшується виділення цих речовин, і тому обмеження температури під час сушіння має велике значення для підтримання якості та безпеки процесу.

На практиці, процес сушіння в апараті БГС ведуть при таких температурних режимах: температура газів, що відходять, не більше 120°C; температура продукту на виході з барабанної гранулятор-сушарки – до 95°C. Це дозволяє утримувати розкладання $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ і H_2SiF_6 на мінімальному рівні і, таким чином, контролювати виділення аміаку і фтористих газів.

2.2 Характеристика основного технологічного обладнання установки

Цех виробництва гранульованого амофосу – це спеціалізований виробничий комплекс, де проводяться процеси грануляції та сушіння амофосу з метою виготовлення гранульованих добрив. Основною метою такого цеху є створення готового продукту, який має певні розміри та вологість, і може бути легко та ефективно використаний у сільському господарстві як добриво спеціального призначення.

Загалом, ділянка виробництва гранульованого амофосу включає в себе різноманітне технологічне обладнання для виконання різних фаз процесу виробництва в цілому. Основним технологічним обладнанням, яке зустрічається в такому цеху, можуть бути:

Барабанні гранулятор-сушарки (БГС). Це ключове обладнання для грануляції і сушіння амофосу. Вони мають барабан зі спеціальними насадками для створення гранул. Цей барабан також використовується для сушіння продукту після грануляції.

Елеватори. Елеватори використовуються для підняття та переміщення готового амофосу між різними частинами обладнання і технологічними стадіями.

Молоткові дробарки. Дробарки використовуються для подрібнення сухого амофосу після сушіння і грануляції. Вони допомагають отримати бажаний розмір частинок готового продукту.

Грохоти. Грохоти використовують для сортування та відділення різних фракцій готового амофосу, в залежності від їхнього розміру.

Циклони. Циклони використовуються для відділення пилу від газового потоку, що утворюється під час сушіння і грануляції.

Скруббери. Скруббери служать для очищення газових випусків від різних забруднень, таких як аміак і фтористі гази, що можуть виділятися під час процесу.

Вентилятори та системи подачі повітря. Вентилятори використовуються для створення потоків повітря, які необхідні для різних стадій процесу, таких як грануляція, сушіння і очищення газів.

Теплообмінне обладнання. Теплообмінники можуть використовуватися для нагріву або охолодження рідини, яка циркулює в системі для підтримки необхідних температурних режимів.

Різного роду резервуари і баки. Резервуари та баки використовуються для зберігання сировини, готового продукту та інших речовин.

Системи автоматизації і контролю. Для ефективного управління виробництвом, а також забезпечення безпеки використовуються системи автоматизації та контролю, які дозволяють моніторити та регулювати параметри процесу.

2.3 Опис об'єкта розробки

Проектована барабанна гранулятор-сушарка, як показано на рис. 2.2, складається з суцільнозварного барабану, який встановлено під кутом 4–6° до горизонту. Він служить основною робочою камерою для процесів грануляції та сушіння. Барабан встановлено під певним кутом, що допомагає в обробці матеріалу та створює специфічні умови для грануляції і сушіння.

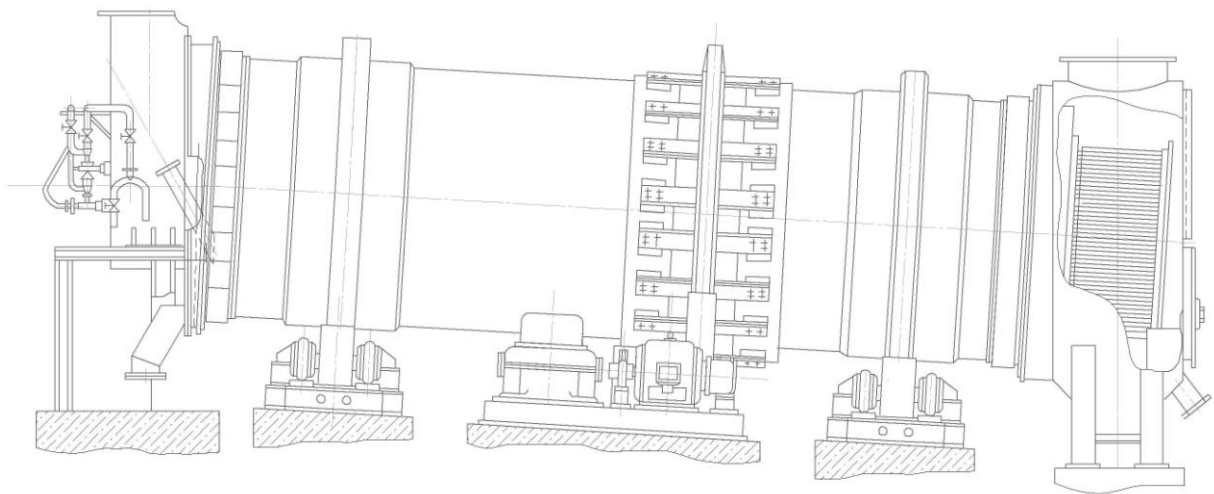


Рисунок 2.2 – Схема барабанного гранулятор-сушарки

Барабан має можливість обертатися, що забезпечує переміщення матеріалу та рівномірну його обробку. У зоні завантаження внутрішньої поверхні барабану можуть бути встановлені короткі гвинтові насадки, а на інших ділянках барабану – підйомно-лопатева насадка Г-подібної форми і зворотній шнек. Ці насадки використовуються для створення потужної зависи матеріалу та переміщення його в процесі грануляції. Під час обертання

барабана, нагріті газу або повітря подаються до гранулятор-сушарки, що дозволяє випаровувати вологу з матеріалу. Усічений конус, розташований на виході, допомагає вивести сухий продукт з барабану. Також після сушіння, готовий продукт проходить через молоткові дробарки і грохоти для подрібнення та сортування за розміром частинок.

2.4 Технологічні розрахунки [9]

Теоретична кількість сухого повітря L_0 , що витрачається на спалювання 1 кг палива, за рівнянням:

$$L_0 = 138 \cdot \left[0,0179 \cdot CO + 0,248 \cdot H_2 + \sum \frac{(m + n/4) \cdot C_m H_n}{(12m + n)} \right], \quad (2.1)$$

де склади горючих газів виражені в об'ємних частках.

Підставивши відповідні значення, отримаємо:

$$L_0 = 138 \cdot \left[0,0179 \cdot 0,01 + 0,248 \cdot 0,05 + \frac{(1+4/4)}{(12 \cdot 1 + 4)} \cdot 0,92 + \frac{(2+6/4)}{(12 \cdot 2 + 6)} \cdot 0,005 \right] =$$

$$= 17,686 \text{ кг} / \text{кг}$$

Кількість тепла Q_v , що виділяється при спалюванні 1 м³ газу:

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

де ϕ_i – об'ємна частка компонентів газу;

H_i – тепловий ефект реакції (кДж/м³).

Густина газоподібного палива ρ_T за рівнянням:

$$\rho_T = \frac{\sum C_m H_n M_i}{v_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_T}, \quad (2.2)$$

де M_i – молярна маса i -того компонента палива, кмоль / кг;

t_T – температура палива; приймаємо 20 °С;

v_0 – молярний об'єм; становить 22,4 м³/кмоль.

Підставивши значення, отримаємо:

$$\rho_T = \frac{(0,92 \cdot 16 + 0,005 \cdot 30 + 0,05 \cdot 2 + 0,01 \cdot 28 + 0,015 \cdot 28) \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 20)} = 0,65 \text{ кг/м}^3.$$

Кількість тепла, що виділяється при спалюванні 1 кг палива за рівнянням:

$$Q = \frac{Q_v}{\rho_T}; \quad (2.3)$$

$$Q = \frac{33868}{0,65} = 52105 \text{ (кДж/кг)}.$$

Кількість сухого газу, яка подається в барабанний гранулятор-сушарку (БГС) на кожен кілограм палива, що згоряє, визначається загальним коефіцієнтом надлишку повітря α , необхідного для спалювання палива та розведення топкових газів до температури суміші $t_{\text{сум}} = 250$ °С.

Значення α знаходимо із рівнянь матеріального і теплового балансів.

Рівняння матеріального балансу:

$$1 + L_0 = L_{c.z.} + \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n, \quad (2.4)$$

де $L_{c.z.}$ – маса сухих газів, що утворюються при згорянні 1 кг палива;

$C_m H_n$ – масова частка компонентів, при згорянні яких утворюється вода, кг/кг.

Рівняння теплового балансу за формулою:

$$Q \cdot \eta + c_T \cdot t_T + \alpha \cdot L_0 \cdot I_0 = [L_{c.z.} + L_0 \cdot (\alpha - 1)] \cdot i_{c.z.} + \left[\alpha \cdot L_0 \cdot x_0 + \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n \right] \cdot i_n, \quad (2.5)$$

де $\eta = 0,95$ – загальний коефіцієнт корисної дії, який враховує ефективність роботи топки і втрати тепла топкою в навколишнє середовище;

c_T – теплоємність газоподібного палива при 20°C , дорівнює $1,35 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$;

I_0 – ентальпія свіжого повітря, що дорівнює $42 \text{ кДж}/\text{кг}$;

x_0 – вологовміст свіжого повітря, ($0,01 \text{ кг}/\text{кг}$ сухого повітря), при температурі $t_0 = 20^\circ\text{C}$ і відносній вологості 75% (за діаграмою Рамзина);

$i_{c.g.}$ – ентальпія сухих газів, $\text{кДж}/\text{кг}$;

$$i_{c.g.} = c_{c.g.} \cdot t_{c.g.}; \quad (2.6)$$

$$i_{c.g.} = 1,15 \cdot 750 = 862,5 \text{ кДж}/\text{кг};$$

$c_{c.g.}$ і $t_{c.g.}$ – відповідно теплоємність і температура сухих газів; теплоємність сухих газів приймаємо рівною теплоємності сухого повітря при 250°C .

$c_{c.g.} = 1,29 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; $t_{c.g.} = 250^\circ\text{C}$;

i_{II} – ентальпія водяної пари, $\text{кДж}/\text{кг}$.

$$i_{II} = r_0 + c_{II} \cdot t_{II}; \quad (2.7)$$

r_0 – теплота випаровування води при температурі 0°C , дорівнює $2500 \text{ кДж}/\text{кг}$;

c_{II} – середня теплоємність водяної пари, що дорівнює $2,2 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$;

t_{II} – температура водяної пари $t_{II} = 250^\circ\text{C}$.

$$i_{II} = 2500 + 2,2 \cdot 250 = 3050 \text{ (кДж}/\text{кг}),$$

Вирішуємо рівняння відносно коефіцієнта надлишку повітря α :

$$\alpha = \frac{Q \cdot \eta + c_T \cdot t_T - i_{c.z.} \cdot \left(1 - \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n \right) - i_n \cdot \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n}{L_0 (i_{c.z.} + i_n \cdot x_0 - I_0)}. \quad (2.8)$$

Перерахуємо компоненти палива із об'ємних часток в масові, при згорянні яких утворюється вода:

$$\omega_i = \frac{\phi_i \cdot M_i \cdot T_0}{22,4 \cdot \rho_T \cdot (T_0 + t_T)}. \quad (2.9)$$

Підставивши відповідні значення, отримаємо:

$$\omega_{CH_4} = \frac{0,92 \cdot 16 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,65 \cdot (273 + 20)} = 0,94;$$

$$\omega_{C_2H_6} = \frac{0,005 \cdot 30 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,65 \cdot (273 + 20)} = 0,01;$$

$$\omega_{H_2} = \frac{0,05 \cdot 2 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,65 \cdot (273 + 20)} = 0,006.$$

Кількість вологи, що виділяється при згорянні 1 кг палива:

$$\sum \frac{9n}{12m+n} \cdot C_m H_n = \frac{9 \cdot 4}{12 \cdot 1 + 4} \cdot 0,94 + \frac{9 \cdot 6}{12 \cdot 2 + 6} \cdot 0,01 + \frac{9 \cdot 2}{12 \cdot 0 + 2} \cdot 0,006 = 2,3 \text{ (кг/кг)}.$$

Коефіцієнт надлишку повітря знаходимо за рівнянням:

$$\alpha = \frac{52105 \cdot 0,95 + 1,35 \cdot 20 - 322 \cdot (1 - 2,3) - 3050 \cdot 2,3}{17,686 \cdot (322 + 3050 \cdot 0,01 - 42)} = 2,9.$$

Загальна питома маса сухих газів, одержуваних при спалюванні 1 кг палива і розведенні топкових газів повітрям до температури суміші 250 °С, дорівнює за рівнянням:

$$G_{c.z} = 1 + \alpha \cdot L_0 - \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n; \quad (2.10)$$

$$G_{CT} = 1 + 2,9 \cdot 17,686 - 2,3 = 50 \text{ (кг/кг)}.$$

Питома маса водяної пари в газовій суміші при спалюванні 1 кг палива за рівнянням:

$$G_{II} = \sum \frac{9n}{12m+n} C_m H_n + \alpha \cdot x_0 \cdot L_0; \quad (2.11)$$

$$G_{II} = 2,3 + 2,9 \cdot 0,01 \cdot 17,686 = 2,81 \text{ (кг/кг)}.$$

Вологовміст газів на вході в сушарку ($x_I = x_{\text{сум}}$) на 1 кг сухого повітря:

$$x_1 = \frac{G_n}{G_{\text{с.з.}}}; \quad (2.12)$$

$$x_1 = \frac{2,81}{50} = 0,056 \text{ (кг/кг)}.$$

Ентальпію газів на вході в сушарку знаходимо як:

$$I_1 = (1010 + 1970 \cdot 0,056) \cdot 250 + 2490 \cdot 10^3 \cdot 0,056 = 419 \text{ (кДж/кг)}.$$

Оскільки коефіцієнт надлишку повітря $\alpha > 1$, фізичні властивості газової суміші, яку використовують у якості сушильного агента, практично не відрізняються від фізичних властивостей повітря. Це дає можливість використовувати в розрахунках діаграму стану вологого повітря I – x.

Визначимо витрату вологи, що видаляється з матеріалу:

$$W = G_1 \cdot (\omega_H - \omega_K); \quad (2.13)$$

$$W = 25000 \cdot (0,040 - 0,003) = 925 \text{ (кг/год)}.$$

Температура розбавлених топкових газів, що надходять у сушарку, становить $t_1 = 250 \text{ }^\circ\text{C}$, а температуру вихідних газів приймаємо $t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Складемо внутрішній тепловий баланс сушарки:

$$\Delta = c \cdot t_n + q_{\text{дон}} + (q_m + q_{\text{м}}) - q_n, \quad (2.14)$$

де Δ – різниця між питомим приходом і витратою тепла в сушильній камері;

$c = 4,19$ кДж/кг·К – теплоємність води у вологому матеріалі при температурі $t_n = 15$ °С;

$q_{дон}$ – питоме додаткове підведення тепла в сушильну камеру, кДж/кг води; при роботі сушарки по нормальному сушильному варіанту $q_{дон} = 0$;

q_m – питоме підведення тепла в сушарку транспортними засобами, кДж/кг води; у даному випадку $q_m = 0$;

q_M – питоме підведення тепла з висушуванням матеріалом, кДж/кг води:

$$q_M = \frac{G_k c_M (t_k - t_n)}{W}, \quad (2.15)$$

де $c_M = 2700$ Дж/кг·К – питома теплоємність амофосу;

$t_n = 15$ °С – початкова температура матеріалу;

$t_k = 80$ °С – кінцева температура матеріалу.

Підставивши чисельні значення у рівняння (2.15), отримаємо:

$$q_M = \frac{25000 \cdot 2700 \cdot (80 - 20)}{925} = 4,3 \cdot 10^6 \text{ (Дж/кг)}.$$

$q_n = 22,5$ кДж/кг – питомі втрати тепла в навколишнє середовище.

Підставивши чисельні значення у рівняння (2.20), отримаємо:

$$\Delta = 4,19 \cdot 15 + 4300 - 22,5 = 4340 \text{ кДж/кг води}.$$

Запишемо рівняння робочої лінії сушіння:

$$I = I_1 + \Delta(x - x_1). \quad (2.16)$$

Для побудови робочої лінії сушіння на діаграмі I – x необхідно задати

координати (I і x) мінімум двох точок.

Координати однієї точки відомі: $I_1 = 419$ кДж/кг, $x_1 = 0,056$ кг/кг. Для знаходження координат другої точки задамося довільним значенням x і визначимо відповідне значення I . Приймаємо $x = 0,1$ кг вологи/кг сухого повітря. Тоді отримуємо:

$$I = 419 \cdot 10^3 + 4,34 \cdot 10^6 \cdot (0,1 - 0,056) = 610 \text{ кДж/кг.}$$

Далі проводимо лінію сушіння на діаграмі $I - x$ через дві точки з координатами ($x_1 = 0,056$; $I_1 = 419$) і ($x = 0,1$; $I = 610$) до перетину із заданим параметром відпрацьованого повітря $t_2 = 100^\circ\text{C}$. У точці перетину лінії сушіння і ізотерми 100°C знаходимо кінцевий вологовміст відпрацьованого повітря $x_2 = 0,075$ кг/кг.

Витрата сухого газу на сушіння розраховуємо за рівнянням:

$$G_C = \frac{W}{x_2 - x_1}; \quad (2.17)$$

$$G_C = \frac{925}{0,075 - 0,01} = 14230 \text{ (кг/год.)}$$

2.5 Конструктивні розрахунки [11]

Внутрішній діаметр сушильного барабана розраховується за рівнянням:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot (1 - \psi) \cdot \omega_r}}; \quad (2.18)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 20065}{\pi \cdot (1 - 0,15) \cdot 3 \cdot 3600}} = 3,87 \text{ (м)}.$$

Прийнявши товщину футерування $\delta_\phi = 200$ мм, розраховуємо зовнішній діаметр барабанної сушарки:

$$D_3 = D + 2 \cdot \delta_{\Phi}; \quad (2.19)$$

$$D_3 = 3,87 + 2 \cdot 0,2 = 4,27 \text{ (м)}.$$

Вибираємо сушильний барабанний апарат із зовнішнім діаметром 4,5 м.
Необхідний внутрішній об'єм барабана розраховуємо за рівнянням:

$$V_B = \frac{W}{A}, \quad (2.20)$$

де $A=4,0$ кг/(м³·год.) – напруженість барабана за вологою.

$$V_B = \frac{925}{4,0} = 230 \text{ (м}^3\text{)}.$$

При цьому значенні довжина барабана буде становити:

$$L = \frac{4 \cdot V_B}{\pi \cdot D_B^2}; \quad (2.21)$$

$$L = \frac{4 \cdot 230}{\pi \cdot 4,5^2} = 14,47 \text{ (м)}.$$

Остаточно вибираємо барабанну сушарку СБ 4,5–16.

Товщина стінки барабану знаходиться у межах:

$$0,005 \cdot D_B \leq \delta \leq 0,01 \cdot D_B;$$

$$0,005 \cdot 4500 \leq \delta \leq 0,01 \cdot 4500; 22,5 \text{ мм} \leq \delta \leq 45 \text{ мм}.$$

Приймаємо $\delta = 32$ мм.

2.6 Гідравлічні розрахунки [11]

Опір барабанної сушарки – це параметр, який характеризує опір, який сушильний агент (наприклад, повітря) досвіджує під час проходження через барабан сушарки. За вашими вказівками, опір барабанної сушарки залежить від двох факторів: швидкості сушильного агента і заповнення барабану.

За прийнятим коефіцієнтом заповнення барабана $\psi = 0,15$ відносний вільний перетин барабана складе $\varphi = 0,85$.

Еквівалентний діаметр барабана для секторної насадки:

$$D_E = \frac{\pi \cdot D \cdot \varphi}{\pi + Z}, \quad (2.22)$$

де Z – відношення довжини барабана до його внутрішнього діаметра;

$$Z = 16 / (4,5 - 2 \cdot 0,15) = 3,8;$$

$$D_E = \frac{3,14 \cdot (4,5 - 2 \cdot 0,15) \cdot 0,85}{3,14 + 3,8} = 1,62 \text{ (м)}.$$

Критерій Рейнольдса для частинок розміром $\delta_{\text{СЕР}} = 2,0$ мм.

$$\text{Re} = \frac{\omega_{\Gamma} \cdot \delta_{\text{СЕР}} \cdot \rho_{\Gamma\text{СЕР}}}{\mu_{\Gamma\text{СЕР}}}; \quad (2.23)$$

$$\text{Re} = \frac{3 \cdot 2,0 \cdot 0,6}{2,4 \cdot 10^{-5}} = 1,5 \cdot 10^5.$$

Опір барабана без урахування матеріалу:

$$\Delta P_B = \lambda_B \cdot \frac{L}{D_E} \cdot \omega_{\Gamma}^2 \cdot \rho_{\Gamma\text{СЕР}}; \quad (2.24)$$

$$\Delta P_B = 2 \cdot \frac{16}{1,62} \cdot 3^2 \cdot 0,6 = 107 \text{ (Па)}.$$

Відносна масова концентрація матеріалу:

$$y = \frac{G_1 + (G_1 - W)}{2} \cdot G_C \cdot X_K; \quad (2.25)$$

$$y = \frac{6,9 + (6,9 - 0,26)}{2} \cdot \frac{14230}{3600} \cdot 0,075 = 2,0 \text{ (кг/кг)}.$$

Опір сушильного барабана при $k = 1,4$:

$$\Delta P = \Delta P_B \cdot (1 + k \cdot y); \quad (2.26)$$

$$\Delta P = 107 \cdot (1 + 1,4 \cdot 2,0) = 406 \text{ (Па)}$$

Опір барабанної сушарки варіюється від 300 до 500 Па в залежності від цих факторів. Це означає, що при різних значеннях швидкості сушильного агента і заповненні барабану опір може змінюватися в цьому діапазоні.

2.7 Розрахунок допоміжного обладнання [12, 13]

Циклонний пиловловлювач – це пристрій, який використовується для видалення пилу та інших частинок з потоку газу або повітря. Тип циклону ЦН-15 є одним із можливих варіантів циклонних пиловловлювачів. Важливо враховувати, що ефективність пиловловлювача може залежати від кількох факторів, таких як розмір і конфігурація пристрою, власності пилу, швидкість потоку і температура газу.

Визначаємо діаметр циклону за умовною швидкістю газу w_y :

$$D_u = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w_y}}, \quad (2.27)$$

де $V = 1,43 \text{ м}^3/\text{с}$ – об’ємна витрата газів.

Величину w_y визначимо, виходячи зі значення співвідношення перепаду тиску ΔP (в $\text{Н}/\text{м}^2$) до густини газу ρ_t (в $\text{кг}/\text{м}^3$), яким попередньо задаємося. Для циклонів ЦН-15 це співвідношення знаходиться в межах 550–750 [12]. Прийmemo $\Delta P / \rho_t = 750$. Коефіцієнт опору циклону $\xi = 160$ [11].

Тоді:

$$w_y = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\xi \cdot \rho_t}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 750}{160 \cdot 0,95}} = 3,14 \text{ м/с.} \quad (2.28)$$

де ρ_t – густина газів на виході з сушарки при $t_2 = 100^\circ\text{C}$ за формулою:

$$\rho_t = \frac{29}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 100} = 0,95 \text{ кг/м}^3.$$

Діаметр циклону за формулою (2.27):

$$D_u = \sqrt{\frac{1,43}{0,785 \cdot 3,14}} = 0,76 \text{ м.}$$

Приймаємо стандартизований циклон із діаметром 800 мм.

Коефіцієнт гідравлічного опору циклону визначаємо за формулою:

$$\xi_u^{cp} = K_1 \cdot K_2 \cdot \xi_{800}^c, \quad (2.29)$$

де $K_1 = 1$ – поправковий коефіцієнт на діаметр циклону;

$K_2 = 0,85$ – коефіцієнт на запиленість газу;

$\xi_{800}^c = 200$ – коефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклону діаметром 800 мм.

$$\xi_u^{zp} = 1 \cdot 0,85 \cdot 200 = 170.$$

Опір вибраного циклону становить:

$$\Delta P = \frac{\xi_u^{zp} \cdot \rho_t \cdot w_y^2}{2}; \quad (2.30)$$

$$\Delta P = \frac{170 \cdot 0,95 \cdot 3,14^2}{2} = 796 \text{ Па.}$$

Приймаємо за каталогом циклон одиночного виконання ЦН-15-800×2УП з камерою очищеного газу у вигляді «равлика» і пірамідальним бункером. Продуктивність такого циклону 4800–8500 м³/год.

Подачу повітря до топки забезпечуємо за допомогою повітрорудки, яка обирається залежно від необхідного обсягу подачі повітря і створеного тиску, необхідного для подолання опорів у повітряному тракті з метою забезпечення нормальної роботи апарату. Загальний тиск, який повітрорудка створює, визначається за формулою:

$$P = 1,05 \cdot \Delta P_1, \quad (2.31)$$

де $\Delta P_1 = 200 \text{ Па}$ – опір топки;

1,05 – коефіцієнт, що враховує втрати тиску в газопроводах (5 %).

$$P = 1,05 \cdot 200 = 210 \text{ Па.}$$

Потужність, споживана повітрорудкою:

$$N = \frac{V \cdot P}{1000 \cdot \eta}, \quad (2.32)$$

де V – об’ємна витрата повітря, необхідного для висушування матеріалу;

η – загальний ККД повітродувки, приймаємо $\eta = 0,8$.

Визначаємо об’ємну подачу повітря вентилятором:

$$V = \frac{G_c \cdot (t_{B0} + 273)}{3600 \cdot \rho_B \cdot 273} = \frac{14230 \cdot (15 + 273)}{3600 \cdot 1,25 \cdot 273} = 3,34 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.33)$$

$$N = \frac{3,34 \cdot 210}{1000 \cdot 0,6} = 0,88 \text{ кВт}.$$

Із запасом 30% вибираємо повітродувку марки ВР-280 з наступними характеристиками: продуктивність – 280 м³/хв., максимальний перепад тиску – 70 кПа, електродвигун типу АО1-1,6-2 потужністю 1,6 кВт.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір основних конструкційних матеріалів [15, 16]

Вибір матеріалу залежить від конкретних умов процесу та вимог до високої температурної стійкості, міцності та хімічної стійкості. Технічні специфікації і вимоги до матеріалу повинні бути чітко визначені на етапі проектування і конструкції обладнання.

Для виготовлення барабану барабанної гранулятор-сушарки (БГС), а також завантажувальних і розвантажувальних камер, у якості основного матеріалу зазвичай використовується вуглецева сталь. Однак, у деяких технічно обґрунтованих випадках може бути допущене використання жаростійких сталей спеціальних марок.

Вуглецева сталь часто використовується через свою міцність і стійкість до зношування, що важливо для обладнання, яке піддається інтенсивному фізичному зношуванню під час процесів грануляції та сушіння. Однак у деяких ситуаціях, де потрібна вища температурна стійкість і хімічна стійкість, може бути виправданим використання жаростійких сталей спеціальних марок.

Використання сталі 20 для виготовлення основних частин апарата, такого як барабан барабанної гранулятор-сушарки, є розумним рішенням за багатьма показниками. Сталь 20 є відносно дешевим матеріалом, що дозволяє знизити витрати на виготовлення обладнання. Вона легко обробляється, що спрощує процес виготовлення і обробки деталей. Дана сталь має задовільні фізико-механічні властивості, які роблять її прийнятним вибором для частин обладнання, що піддаються механічному навантаженню.

Сталь 20 володіє досить високою міцністю, що важливо для стійкості обладнання під час процесу грануляції та сушіння. Зазначений матеріал

широко доступний на ринку, що робить його легкодоступним для виробників обладнання.

Враховуючи вищенаведені фактори, використання сталі 20 для виробництва основних частин апарата є логічним і практичним вибором, особливо якщо вона відповідає конкретним вимогам і умовам процесу.

Виготовлення бандажів із сталі 40 чи 45Л є звичайною практикою для багатьох видів обладнання, включаючи барабанні гранулятор-сушарки.

Сталь 40 має високу міцність і відмінну стійкість до зношування, що робить його відмінним вибором для бандажів, які піддаються інтенсивному фізичному зношуванню під час обертання барабану. Сталь 45Л також має високі міцність і стійкість до зношування. Вона може бути виправданим вибором для бандажів, особливо якщо потрібна додаткова стійкість до зношування або корозії.

Прямокутна форма бандажів в поперечному перерізі може бути спеціально спроектована для оптимального контакту з матеріалом під час процесу грануляції і сушіння. Вибір між сталями 40 і 45Л залежить від конкретних умов експлуатації, вимог до міцності та стійкості до зношування, а також від інших факторів, які враховуються при проектуванні та виготовленні бандажів.

Використання чавуну СЧ 18-36 або СЧ 21-40 для виготовлення опорних роликів є розумним вибором з огляду на їхні фізичні властивості і стійкість. Чавун СЧ 18-36 має середню міцність і добре витримує навантаження. Він може бути підходящим для опорних роликів, якщо навантаження на них не є надто великим.

Чавун СЧ 21-40 має дещо вищу міцність і витривалість порівняно з СЧ 18-36. Він підходить для більш вимогливих умов і може бути кращим вибором, якщо опорні ролики піддаються інтенсивному навантаженню.

Важливо також враховувати температурний режим та хімічний вплив на опорні ролики при виборі матеріалу. Зазвичай чавун володіє хорошою

стійкістю до корозії, але у нас можуть бути специфічні вимоги, які варто врахувати при виборі конкретного типу чавуну.

Спостереження довели, що міцність роликів і бандажу не є однаковою. Фактично, ролики зазвичай піддаються більшому навантаженню та зносу порівняно з бандажами у барабанних апаратах. Тому вони можуть зношуватися швидше.

Виготовлення роликів може бути дешевше і простіше порівняно з бандажами. Однак більш витратні бандажі можуть забезпечити довший термін служби обладнання і зменшити витрати на заміну та обслуговування в майбутньому.

Вибір матеріалу для роликів і бандажів може суттєво впливати на їхню міцність і стійкість до зносу. Використання високоякісного матеріалу може підвищити тривалість служби компонентів. Застосування додаткових методів зміцнення, таких як покриття або закалка, може підвищити міцність роликів і бандажів.

Виготовлення вінця або венцевої шестерні із сталі 35Л може бути обґрунтованим в залежності від конкретних вимог та умов експлуатації обладнання. Це низьковуглецева сталь, яка має середню міцність, що робить її придатною для багатьох виробничих застосувань, де потрібна невелика міцність. Вона добре піддається обробці та формуванню і має високу пластичність, що робить її корисною для ковки та гарячого пресування.

Сталь 35 може бути досить стійкою до зносу, що робить її популярною для виробництва деталей, які піддаються тертю або термічному впливу. Ця сталь має низький вміст вуглецю, що робить її менш схильною до тріщин під час зварювання. Добре зварюється та обробляється звичайними методами зварювання і обробки металу.

Для герметизації з'єднань і роз'ємів використовуємо пароніт. Пароніт виготовляється шляхом пресування азбокаучукової маси, яка складається з різних компонентів, включаючи азбест, каучук і порошкові інгредієнти.

Склад може варіюватися залежно від конкретного типу пароніту. Він використовується для того, щоб запобігти витоку рідин, газів або пилу через з'єднання.

Існує багато різних типів пароніту, призначених для різних застосувань і умов. Вони можуть відрізнятися за складом, розмірами та властивостями. Важливо враховувати, що в багатьох країнах азбест вважається небезпечним для здоров'я, і використання пароніту, який містить азбест, може бути обмеженим або забороненим. Тому в сучасних умовах шукаються безпечні альтернативи пароніту без азбесту для забезпечення безпеки працівників і довкілля.

3.2 Розрахунки апарата на міцність, стійкість та герметичність [17]

Маса матеріалу, який знаходиться в сушарці:

$$m_M = \frac{\psi \cdot \rho \cdot L \cdot \pi \cdot D_\Phi^2}{4}, \quad (3.1)$$

де ρ – щільність амофосу; $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.

$$m_M = \frac{0,15 \cdot 1800 \cdot 16 \cdot \pi \cdot 4,036^2}{4} = 55240 \text{ (кг)}.$$

Маса барабана з футеровкою:

$$m_B = \frac{\pi \cdot (D_H^2 - D^2)}{4} \cdot L \cdot \rho_M + \frac{\pi \cdot (D^2 - D_\Phi^2)}{4} \cdot L \cdot \rho_\Phi, \quad (3.2)$$

де $D = D_H - 2 \cdot \delta = 4500 - 2 \cdot 32 = 4436 \text{ мм}$;

$D_\Phi = D - 2 \cdot \delta_\Phi = 4436 - 2 \cdot 200 = 4036 \text{ мм}$;

$\rho_\Phi = 2200 \text{ кг/м}^3$ – щільність матеріалу футеровки;

$\rho_M = 7850 \text{ кг/м}^3$ – щільність сталі.

$$m_B = \frac{\pi \cdot (4,5^2 - 4,436^2)}{4} \cdot 16 \cdot 7850 + \frac{\pi \cdot (4,436^2 - 4,036^2)}{4} \cdot 16 \cdot 2200 = 115475 \text{ (кг)}.$$

Сумарна маса барабана і матеріалу:

$$m = m_B + m_M; \quad (3.3)$$

$$m = 55240 + 115475 = 170715 \text{ (кг)}.$$

Лінійна напруга (рис. 3.1):

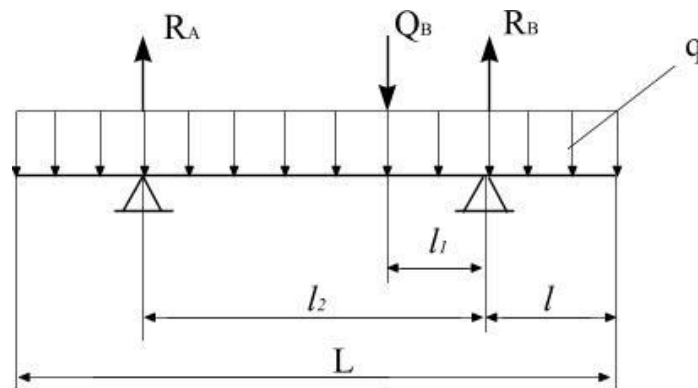


Рисунок 3.1 – Схема до визначення товщини стінки бандажа

$$q = \frac{m \cdot g}{L} = \frac{170715 \cdot 9,81}{16} = 104670 \text{ (Н/м)}. \quad (3.4)$$

Реакція на опорах:

$$R_A = \frac{q \cdot L}{2} + \frac{Q_B \cdot l_1}{l_2}, \quad (3.5)$$

$$\text{де } l_2 = 0,585 \cdot L = 0,585 \cdot 16 = 9,36 \text{ м};$$

$$l = 0,205 \cdot L = 0,205 \cdot 16 = 3,28 \text{ м};$$

$$l_1 = 0,09 \cdot L = 0,09 \cdot 16 = 1,44 \text{ м};$$

$Q_B = 20900 \text{ Н}$ – навантаження від венцової шестерні [17].

$$R_A = \frac{104670 \cdot 16}{2} + \frac{20900 \cdot 1,44}{9,36} = 840575 \text{ H},$$

$$R_B = \frac{q \cdot L}{2} + \frac{Q_B \cdot (\ell_2 - \ell_1)}{\ell_2} = \frac{104670 \cdot 16}{2} + \frac{20900 \cdot (9,36 - 1,44)}{9,36} = 855045 \text{ H}. \quad (3.6)$$

Максимальний згинальний момент, що діє на барабан:

$$M_{\max} = q \cdot L \cdot \frac{(2 \cdot \ell_2 - L)}{8} + Q_B \cdot \frac{(\ell_2 - \ell_1) \cdot \ell_1}{\ell_2}, \quad (3.7)$$

$$M_{\max} = 104670 \cdot 16 \cdot \frac{(2 \cdot 9,36 - 16)}{8} + 20900 \cdot \frac{(9,36 - 1,44) \cdot 1,44}{9,36} = 595000 \text{ (H} \cdot \text{м)}.$$

Момент опору перетину корпусу барабана:

$$W = \frac{\delta \cdot \pi \cdot D_{\text{СР}}^2}{4} = \frac{32 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot 4,268^2}{4} = 0,046 \text{ м}^3, \quad (3.8)$$

$$\text{де } D_{\text{СР}} = \frac{(D_H + D_{\Phi})}{2} = \frac{(4500 + 4036)}{2} = 4268 \text{ мм}.$$

Напруження в корпусі барабану:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{595000}{0,046} = 12,9 \text{ МПа}. \quad (3.9)$$

Допустиме напруження для апаратів з футеровкою $[\sigma] = 20 \text{ МПа}$ [17].

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (12,9 \text{ МПа} < 20 \text{ МПа}) \text{ – умова міцності виконується.}$$

Розрахунок барабана на жорсткість.

Лінійне навантаження від маси оброблюваного матеріалу:

$$q_1 = \frac{g \cdot m_M}{L} = \frac{9,81 \cdot 55240}{16} = 33870 \text{ (H/м)}. \quad (3.10)$$

Лінійне навантаження від маси барабана:

$$q_2 = \frac{g \cdot m_B}{L} = \frac{9,81 \cdot 115475}{16} = 70800 \text{ (Н/м)}. \quad (3.11)$$

Момент інерції одиночного кільця барабана:

$$I_x = \frac{\delta^3}{12} = \frac{(32 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^3\text{)}. \quad (3.12)$$

Сумарний прогин від чинного напруги:

$$y_{\max} = \frac{D_{CEP}^3}{8 \cdot E \cdot I_x} \cdot (0,04 \cdot q_1 + 0,002 \cdot q_2), \quad (3.13)$$

де $E = 1,87 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності.

$$y_{\max} = \frac{4,268^3}{8 \cdot 1,87 \cdot 10^{11} \cdot 2,7 \cdot 10^{-6}} \cdot (0,04 \cdot 33870 + 0,002 \cdot 70800) = 0,0092 \text{ м.}$$

Відносний прогин:

$$\varepsilon = \frac{y_{\max}}{D_{CP}} = \frac{0,0092}{4,268} = 2,16 \cdot 10^{-3} = 1/464. \quad (3.14)$$

$\varepsilon \leq [\varepsilon]$ ($1/464 < 1/300$) – умова жорсткості виконується.

Геометричні розміри бандажа (рис. 3.2).

Ширину бандажа визначаємо за рівнянням:

$$b_{\sigma} = \frac{R}{q_H}, \quad (3.15)$$

де $q_H = (1,0 \div 2,4) \text{ МН/м}$ – допустиме навантаження, яке приходить на одиницю довжини майданчика торкання ролика і бандажа [17];

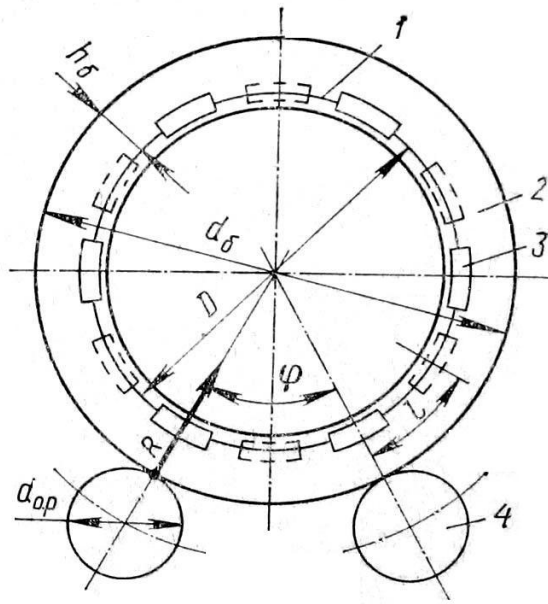


Рисунок 3.2 – Схема до розрахунку бандажа і опорних роликів

R – реакція опори ролика, МН.

$$R = \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha}{2 \cdot z \cdot \cos(\phi / 2)}, \quad (3.16)$$

де $\alpha = 3^\circ$ – кут нахилу барабана [17];

$\phi = 41^\circ$ – кут між опорними роликами [17];

$z = 1$ – кількість бандажів.

$$R = \frac{170715 \cdot 9,81 \cdot \cos 3^\circ}{2 \cdot 1 \cdot \cos(41^\circ / 2)} = 274000 \text{ Н} = 0,274 \text{ МН} .$$

$$b_0 = \frac{0,274}{2,0} = 0,135 \text{ м} .$$

Ширина опорного ролика $b_{o,p}$ повинна бути більша за ширину бандажа на 30 мм.

$$b_{o,p} = b_0 + 0,03 = 0,135 + 0,03 = 0,165 \text{ м} . \quad (3.17)$$

Діаметр опорних роликів $d_{o.p.}$ беруть в 3–4 рази меншим за зовнішній діаметр барабана:

$$d_{o.p.} = \frac{D_H}{4} = \frac{4,5}{3} = 1,5 \text{ м.} \quad (3.18)$$

Умова контактної міцності на зминання в місці торкання ролика і бандажа:

$$\sigma_{3M} = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{R}{b_{\delta}} \cdot E \cdot \frac{r_{\delta} + r_{o.p.}}{r_{\delta} \cdot r_{o.p.}}} \leq [\sigma]_{3M}, \quad (3.19)$$

де r_{δ} – зовнішній радіус бандажа:

$$r_{\delta} = \frac{D_H + 2 \cdot h_{\delta}}{2} = \frac{4,5 + 2 \cdot 0,1}{2} = 2,35 \text{ м;} \quad (3.20)$$

$r_{o.p.}$ – зовнішній радіус опорного ролика.

$$\sigma_{3M} = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{0,274}{0,135} \cdot 1,87 \cdot 10^5 \cdot \frac{2,35 + 1,5}{2,35 \cdot 1,5}} = 54,4 \text{ (МН/м}^2\text{);}$$

$$\sigma_{3M} < [\sigma]_{3M} \quad (54,4 \text{ МПа} < 300 \text{ МПа}) \text{ – умова виконується.}$$

Далі виконаємо перевірку контактної міцності на зминання в місці зіткнення упорного ролика і бандажа.

Осьова сила, яку сприймають упорні ролики:

$$T = \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha}{10^6}; \quad (3.21)$$

$$T = \frac{170715 \cdot 9,81 \cdot \sin 3^{\circ}}{10^6} = 0,088 \text{ (МН).}$$

Умова контактної міцності на зминання в місці зіткнення упорного конічного ролика і бандажа:

$$\sigma_3 = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{T \cdot E}{b_{y.p.} \cdot r_{\sigma} \cdot \sin(\frac{\gamma}{2})}} \leq [\sigma]_3, \quad (3.22)$$

де $b_{y.p.}$ – ширина упорного ролика, м; $b_{y.p.} = b_{o.p.} = 0,165$ м;
 $\gamma = 17^\circ$ – кут конусності упорного ролика.

$$\sigma_3 = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{0,088 \cdot 1,87 \cdot 10^5}{0,165 \cdot 2,35 \cdot \sin(\frac{17^\circ}{2})}} = 22,4 \text{ МПа} < 30 \text{ МПа} .$$

Умова виконується.

Перевірка міцності бандажа на вигин.

$$\sigma_{32} = \frac{M_{\sigma}}{W_{\sigma}} \leq [\sigma]_{32}, \quad (3.23)$$

де $M_{\sigma} = R \cdot \ell / 4$ – максимальний згинальний момент в місці контакту опорного ролика і бандажа, МН·м;

ℓ – відстань між сусідніми башмаками:

$$\ell = \frac{\pi \cdot D_3}{m}, \quad (3.24)$$

де $m = 24$ – загальна кількість башмаків [17].

$$\ell = \frac{\pi \cdot D_B}{m} = \frac{3,14 \cdot 4,5}{24} = 0,59 \text{ м} .$$

$$M_{\sigma} = \frac{0,274 \cdot 10^6 \cdot 0,59}{4} = 40,4 \text{ кН} .$$

W_{σ} – момент опору перерізу бандажа:

$$W_{\sigma} = \frac{b_{\sigma} \cdot h_{\sigma}^2}{6}, \quad (3.25)$$

де $h_{\sigma} = 0,1$ м – висота бандажа.

$$W_{\sigma} = \frac{0,135 \cdot 0,1^2}{6} = 2,25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Тоді:

$$\sigma_{32} = \frac{40,4 \cdot 10^3}{2,25 \cdot 10^{-4}} = 179,6 \text{ МПа}.$$

$\sigma_{32} \leq [\sigma]_{32}$ (179,6 МПа < 200 МПа) – умова виконується.

4 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА

4.1 Обґрунтування вибору варіанта компоновання обладнання [18]

Проектування хімічних виробництв є складним і багатогранним завданням, яке вимагає великої уваги до деталей і врахування численних факторів. Цей процес вимагає творчого підходу, оскільки інженери повинні знаходити оптимальні рішення для вирішення складних завдань. Досить часто проектування ведеться в умовах неповної інформації, і інженери повинні приймати рішення на основі обмежених даних.

Проектування включає в себе кілька організаційних і інженерних стадій, які пов'язані між собою і вимагають координації та співпраці. Однією з ключових аспектів проектування є вибір і компоновання обладнання, що відіграє важливу роль у функціонуванні виробництва.

Використання сучасних обчислювальних технологій і програмного забезпечення дозволяє покращити якість проектних робіт і скоротити терміни проектування. Використання математичних і комп'ютерних моделей може допомогти в аналізі і прогнозуванні різних аспектів проекту. У результаті успішного проектування хімічного виробництва досягається покращення продуктивності, зменшення витрат і підвищення якості кінцевої продукції.

При розміщенні обладнання у виробництві хімічних процесів важливо враховувати різні технологічні вимоги, які можуть значно впливати на продуктивність та ефективність виробництва. Деякі з цих вимог включають:

- 1. Зручність обслуговування обладнання.** Обладнання повинно бути розміщене таким чином, щоб забезпечити зручний доступ до нього для обслуговування, ремонту та перевірки. Це може включати в себе створення достатнього простору навколо обладнання і встановлення підйомних механізмів або сходів для доступу до верхніх частин апаратів.

2. Можливість демонтажу обладнання. При проектуванні слід передбачити можливість демонтажу окремих частин або обладнання в цілому для ремонту або заміни. Це допомагає скоротити час зупинки виробництва і знизити витрати на обслуговування.

3. Мінімізація довжини трубопроводів. Чим коротші трубопроводи між апаратами і обладнанням, тим менше втрати тепла і маси продукту під час переміщення. Також це знижує витрати на експлуатацію трубопроводів і забезпечує більш ефективний процес.

4. Безпека. При розміщенні обладнання слід дотримуватися всіх норм і вимог щодо безпеки промислового виробництва. Це включає в себе встановлення заходів захисту від можливих аварій і викидів шкідливих речовин.

5. Можливість масштабування. При розміщенні обладнання слід передбачити можливість масштабування виробництва, якщо потрібно збільшити або зменшити обсяг продукції.

6. Загальна логістика. Розташування обладнання повинно дотримуватися загальної логістики виробництва, включаючи легкий доступ до сировини і вивіз готової продукції.

Дійсно, при розміщенні обладнання необхідно дотримуватися будівельних норм, санітарних норм, норм з техніки безпеки і охорони праці, а також протипожежних норм. Це забезпечує безпечну та ефективну експлуатацію виробничих приміщень та обладнання.

Розташування обладнання може бути в трьох основних варіантах.

Закритий варіант (у приміщенні). Цей варіант найбільш популярний у виробництвах, де необхідно дотримуватися високих стандартів безпеки і якості продукції. Обладнання розташовується в спеціально обладнаних приміщеннях, що дозволяє контролювати температуру, вологість і інші параметри, а також забезпечує захист від погодних умов.

Відкритий варіант. У цьому варіанті обладнання розташовується на відкритому майданчику. Це може бути виправданим в тих випадках, коли процес виробництва не вимагає спеціальних умов і може бути відкритим для оточуючого середовища. Проте слід враховувати можливі погодні умови, зокрема опади і температурні коливання.

Змішаний варіант. У цьому варіанті частина обладнання розташована в приміщенні, а інша частина – на відкритому майданчику. Цей підхід може бути оптимальним, якщо деякі елементи виробничого процесу вимагають контрольованих умов, а інші можуть бути відкритими.

При виборі конкретного варіанту слід брати до уваги характеристики виробництва, технічні вимоги, вплив навколишнього середовища та інші фактори, що впливають на безпеку та продуктивність виробництва. Для наших потреб виробництва вибираємо закритий варіант компонування обладнання.

4.2 Обґрунтування компонування основного технологічного обладнання.

Трасування трубопроводів [18]

Технологічне або функціональне проектування хімічних виробництв включає в себе ряд важливих завдань, спрямованих на створення оптимальної технологічної системи та забезпечення високої продуктивності та якості продукції. Основні завдання цього процесу включають:

1. Розробка оптимальної технологічної схеми. Це включає в себе визначення послідовності операцій, проходжених сировиною та реагентами, і розташування апаратів та устаткування для їх виконання. Оптимальна схема повинна забезпечувати ефективність процесу та зменшувати витрати сировини та енергії.

2. Визначення оптимальних параметрів апаратів. Важливо визначити параметри апаратів, такі як розміри, матеріали, тиск і температура робочого середовища, щоб досягти найкращої продуктивності та ефективності процесу.

3. Вибір оптимальних технологічних режимів. Визначення оптимальних режимів роботи апаратів і процесів, які забезпечують необхідну якість продукції та відповідають стандартам і технологічним умовам. Це може включати в себе визначення температур, тиску, концентрації реагентів та інших факторів.

4. Забезпечення випуску заданої кількості продукції. Одним із основних завдань є забезпечення стабільного та ефективного виробництва продукції відповідно до запланованих обсягів та стандартів якості. Це включає в себе планування роботи апаратів, контроль якості і виробничих процесів.

Усі ці завдання вимагають комплексного підходу, а їх вирішення сприяє досягненню оптимальної ефективності та результативності в даному хімічному виробництві.

Важливо враховувати перепади висот між окремими апаратами та устаткуванням, оскільки це впливає на можливість транспортування сировини, напівфабрикатів та готової продукції між об'єктами. Вищі апарати можуть вимагати наявності підйомників або конвеєрів для переміщення матеріалів вгору. Треба ретельно спланувати систему транспортування сировини, проміжних продуктів і готової продукції між апаратами та ділянками виробництва. Це може включати в себе конвеєри, транспортні стрічки, трубопроводи тощо.

У хімічних процесах рідкі і сипучі матеріали можуть потребувати певних ухилів трубопроводів або використання самопливів для їх переміщення. Ці параметри повинні враховуватися при проектуванні та компонуванні обладнання для забезпечення нормального руху матеріалів.

Важливо забезпечити зручний доступ до апаратів і обладнання для їх обслуговування та ремонту. Це може включати в себе достатні простори для персоналу, відкритий доступ до клапанів, датчиків та інших компонентів, які потребують обслуговування.

Враховання вимог техніки безпеки та охорони праці є критично важливим при компонуванні обладнання. Забезпечення безпечних умов для персоналу та відповідну вентиляцію, електричне обладнання і інші аспекти безпеки повинні бути враховані в дизайні.

Умови, які забезпечують працездатність технологічної схеми виробництва, формуються зважаючи на кілька ключових джерел та вимог:

1. Технологічний регламент. Для побудови виробничих процесів і забезпечення їхньої ефективності використовується технологічний регламент. Цей документ визначає послідовність операцій, технологічні параметри і стандарти для конкретного процесу чи виробництва.

2. Норми технологічного проектування. Норми цього типу містять вимоги до розташування обладнання, його технічних характеристик, використання матеріалів і стандартів, що дотримуються під час проектування і будівництва виробничих об'єктів.

3. Експертні дані інститутів і підприємств. Важливе джерело інформації – це досвід і знання фахівців, які спеціалізуються на розробці технологій і виробництві аналогічних продуктів. Їхні рекомендації та висновки можуть бути використані для визначення оптимальних умов роботи технологічної схеми.

Загалом, для забезпечення працездатності технологічної схеми виробництва важливо поєднувати та враховувати різні джерела інформації та вимоги, щоб створити оптимальний і надійний виробничий процес.

4.3 Монтаж та ремонт основного технологічного обладнання [19, 20]

Вантажопідйомні машини, такі як крани, підйомники, екскаватори, відіграють надзвичайно важливу роль в сучасній промисловості. Адже вантажопідйомні машини значно підвищують продуктивність робочих процесів. Вони дозволяють піднімати, переміщувати і розміщувати важкі та об'ємні матеріали швидко і ефективно.

Використання вантажопідйомних машин допомагає зменшити фізичну працю і підвищити безпеку робітників, а також є можливість точно керувати підняттям і переміщенням навантаження, що дозволяє уникнути пошкоджень і забезпечити якість виробництва.

Дані машини використовуються в різних галузях, включаючи будівництво, металургію, логістику, сільське господарство та інші галузі. Вони можуть бути призначені для різних видів робіт. Наявність вантажопідйомних машин може дозволити компаніям зменшити витрати на робочу силу, оскільки для виконання певних завдань потрібно менше працівників.

Монтаж обертового барабанного апарата, яким є БГС, вимагає обладнання, досвіду та дбайливого планування, щоб забезпечити безпеку та ефективність процесу. Розглянемо загальний опис кроків, які можуть бути потрібні для монтажу БГС:

1. Підготовка майданчика. Перш ніж розпочати монтаж, потрібно підготувати майданчик, на якому буде розміщена БГС. Майданчик повинен бути рівним, стійким і здатним витримувати велику вагу сушарки та інших обладнань.

2. Підйом самого барабану. Для підняття барабану, який має значну масу, зазвичай використовують вантажопідйомні машини, наприклад, крани. Барабан слід підняти обережно і рівномірно, забезпечуючи його стабільність під час підняття.

Такі баштові крани як КБ-100, С-981Б, МСК-5-20А та інші є незамінними у великих будівельних проектах, монтажі крупногабаритних споруд, інфраструктурних об'єктах, а також у важкій промисловості. Ось деякі важливі особливості і переваги баштових кранів:

- підйомна потужність – баштові крани зазвичай мають велику підйомну потужність, що дозволяє піднімати та переміщувати важкі навантаження на значну висоту;

- велика висота підйому – вони можуть піднімати матеріали на значну висоту, що робить їх ідеальними для будівельних об'єктів, таких як високі будівлі та мости;

- маневреність – деякі баштові крани можуть пересуватися на конструкції в разі потреби, що робить їх більш маневреними та універсальними;

- виносність – вони можуть мати великі виноси (радіуси дії), що дозволяє покрити велику площу робочого майданчика без необхідності переміщення самого крана;

- можливість роботи без виносних опор – деякі моделі можуть працювати як на виносних опорах, так і без них, що робить їх гнучкими в залежності від конкретних потреб будівельного процесу;

- забезпечення безпеки – важливо враховувати безпеку при роботі з баштовими кранами, оскільки вони працюють з великими навантаженнями на висоті.

3. Встановлення роликів та опор. Після підняття барабану слід встановити чотири ролики, які підтримуватимуть його в опорах. Два з цих роликів можуть обмежувати осьове зміщення барабана.

4. Підключення камер. Камери, призначені для введення газів і завантаження/розвантаження матеріалів, слід підключити до відповідних систем, які будуть використовуватися в технологічному процесі.

5. Ущільнення. Важливо встановити спеціальні ущільнення між камерами та барабаном, щоб запобігти підсосу повітря ззовні і забезпечити герметичність процесу.

6. Тестування і відладка. Після завершення монтажу важливо провести тестування БГС і відладати всі системи, щоб забезпечити належну функціональність апарату та безпеку при його роботі.

Безпосередньо перед монтажем слід обов'язково очистити апарат від будь-якого антикорозійного покриття, яке може заважати правильному

монтажу та зміцненню. Фундаменти відіграють важливу роль у стійкості обладнання. У вашому випадку, два залізобетонних стовпи з анкерними болтами під опори – це добротний спосіб створити стійку основу для БГС. Слід також врахувати глибину залягання фундаменту (не менше 436 мм) для забезпечення стійкості та надійності.

Важливо дотримуватися вказаних точності та рівня при монтажі. Точність установки барабанного апарату в обох напрямках 0,5/1000 забезпечить правильну роботу обладнання та запобіжить можливим проблемам в майбутньому.

Барабанна гранулятор-сушарка надходить на монтажний майданчик у демонтованому стані, за допомогою спеціалізованого тягача. Для організації процесу приймання та контролю за доставкою і монтажем цього обладнання визначається відповідальна особа з числа Інженерно-технічного персоналу (ІТП). Ця відповідальна особа має на меті ретельний приймання всіх деталей та компонентів, що надійшли на об'єкт монтажу. Вона проводить огляд кожної частини обладнання та реєструє всі виявлені деталі та стан у спеціальному журналі «Прийому і огляду обладнання». Цей журнал є документом, в якому фіксуються всі важливі подробиці стану обладнання та його комплектації, а також деталі про дату та час прибуття обладнання на майданчик. Такий детальний контроль допомагає впевнитися в тому, що всі компоненти належним чином доставлені та готові до монтажу.

Після приймання обладнання і підготовки до монтажу, готовність апарата фіксується актом. Цей акт є ще однією важливою документацією, підписаною представниками як замовника, так і монтажної організації. Він підтверджує, що обладнання готове до монтажу та відповідає всім необхідним стандартам та вимогам.

Усі ці кроки спрямовані на забезпечення контролю та відповідальності під час приймання та монтажу барабанної гранулятор-сушарки, щоб гарантувати безпеку та ефективність процесу встановлення цього обладнання.

Підйом з горизонтального положення без відриву від землі – це важливий етап монтажу, оскільки підняти БГС із вихідного горизонтального положення без пошкодження апарата і фундаменту може бути складним завданням. У разі, коли монтаж зовнішнього крана неможливий, через обмежений простір, стріла крана може бути використана для маневрування апаратом. Цей процес вимагає великої точності та досвіду кранового оператора.

Якщо простір між фундаментами обмежений, але потрібно підняти апарат, то може бути використано крани зі збільшеним вилітом стріли. Це дозволяє досягти більшої відстані для підняття апарата. У деяких ситуаціях, коли неможливо розташувати крани між фундаментами, крани можуть бути переміщені з піднятим апаратом. Це вимагає особливого обладнання і професійної екіпажу.

Після монтажу слід переконатися, що обладнання стоїть стійко і безпечно на фундаменті; провести остаточну перевірку рівня та стійкості. Завжди слід зберігати документацію щодо монтажу та налаштувань для подальшого обслуговування та експлуатації. Перевірка надійності зачеплення зубчастої передачі та коректності обертання барабана є критичними етапами після монтажу барабанної гранулятор-сушарки, оскільки вони безпосередньо впливають на її функціональність та безпеку. Важливо виконати ці перевірки з уважністю та обережністю.

Той факт, що барабанна гранулятор-сушарка є металомістким обладнанням, вказує на важливість коректної монтажної стратегії та використання великого обсягу монтажних робіт під час ремонту. Великі металеві деталі можуть бути важкими та необхідними спеціальні заходи безпеки.

Зазвичай, ремонт барабанної гранулятор-сушарки включає заміну деяких вузлів або деталей. Але деякі частини можуть бути надто великими або важкими для заміни за допомогою звичайних самохідних монтажних

кранів. Використання різноманітних підйомно-транспортних засобів, таких як крани, щогли та портали, є необхідним для успішного виконання ремонтних робіт та заміни важких деталей.

Застосування кранів замість щогл і порталів може значно підвищити продуктивність робіт та скоротити час, необхідний для завершення ремонту. Це важливо для забезпечення швидкого відновлення робочого стану обладнання та продовження виробничих процесів.

Зовнішній огляд корпусу, визначення великих деформацій та інших пошкоджень є важливими етапами під час обслуговування та обстеження барабанної гранулятор-сушарки. Далі покроково розглянемо дану процедуру:

1. Візуальний огляд корпусу. Слід очистити корпус від будь-яких бруду, антикорозійного покриття або інших забруднень, щоб забезпечити кращий огляд.

2. Проводимо ретельний зовнішній огляд корпусу, звертаючи увагу на місця прогарів, корозії, великих деформацій, тріщин та можливі порушення зварних і клепаних швів.

3. Вимір биття гарячого і холодного кінців. Вимірюємо биття гарячого і холодного кінців, щоб визначити експлуатаційний стан ущільнень. Биття вказує на відхилення вала від ідеальної прямої лінії. Цей вимір важливий для забезпечення правильної роботи ущільнень та запобігання витoku матеріалу або газу.

4. Визначення викривлень корпусу. Для визначення викривлень корпусу слід використати профілограф та геодезичний безконтактний метод. Це дозволяє точно визначити будь-які викривлення чи деформації. Отримані дані допомагають визначити, чи потребує корпус виправлення або заміни.

5. Оцінка загального стану. На основі результатів огляду та вимірів проводиться оцінка загального стану барабанної гранулятор-сушарки. Якщо виявлено будь-які серйозні пошкодження, великі викривлення або інші проблеми, це може вимагати ремонту або заміни деяких частин обладнання.

Важливо регулярно проводити огляд та обстеження барабанної гранулятор-сушарки, оскільки це допомагає підтримувати її безпеку та ефективність в робочому стані. Результати огляду та вимірів слід документувати, щоб мати можливість вжити вчасних заходів з обслуговування та ремонту, якщо це необхідно.

Нормальна робота приводу барабанної гранулятор-сушарки включає в себе декілька ключових характеристик, які слід спостерігати для забезпечення ефективності та безпеки процесу. Під час роботи приводу не повинно відчуватися вібрацій, оскільки вони можуть вказувати на неправильне зчеплення, нестабільність у робочій системі або інші проблеми, які потребують уваги та регулювання. Нормальна робота не супроводжується надмірним шумом. Зазвичай, робочий процес має бути досить тихим та без явних звукових аномалій. Поява незвичайного шуму може вказувати на проблеми в системі приводу або інші дефекти.

Привід має забезпечувати плавну та рівну роботу барабанної гранулятор-сушарки, без сильних поштовхів або різких коливань, які можуть впливати на ефективність та стабільність процесу. Система змащення має забезпечувати безперебійне подавання масла в усі точки змащення. Відсутність масла або перебої в подачі може спричинити знос та поломку обладнання.

Створення проекту організації ремонтних робіт (ПОР) є важливим етапом для ефективного та безпечного проведення ремонту барабанного апарату. Цей документ містить докладну інформацію про всі аспекти та етапи ремонтних робіт, і він допомагає досягти таких цілей, як скорочення тривалості простою обладнання, підвищення якості ремонту та зниження витрат. Ось докладніше про склад ПОР:

- 1. Ескіз гранулятор-сушарки.** Це початкове зображення або опис барабанного апарату, який допомагає розуміти його устрій та особливості.

- 2. Перелік ремонтних операцій та їх зміст.** Докладно описані ремонтні операції, їх послідовність та обсяг робіт для відновлення обладнання.
- 3. Технічні умови на виконання ремонтних операцій.** Визначення технічних параметрів, на яких мають базуватися ремонтні роботи.
- 4. Визначення перевіркової бази і методів перевірки.** Установлення стандартів та методів контролю, які дозволять перевірити якість та правильність виконаних робіт.
- 5. Перелік матеріальних ресурсів, допоміжних інструментів і пристосувань.** Визначення необхідних матеріалів, інструментів і обладнання для проведення ремонту.
- 6. Допуски відхилень розмірів від зазначених у кресленнях.** Установлення припустимих меж для розмірів та параметрів відновлюваних деталей, щоб вони відповідали стандартам якості.

Зазначений ПОР слід ретельно розробити перед початком ремонтних робіт, і він служить важливим керівним документом для всіх учасників процесу. Такий підхід допомагає забезпечити ефективність, безпеку та якість робіт під час ремонту барабанної гранулятор-сушарки.

У процесі ремонту обертових вузлів, важливо застосовувати вузловий метод, який включає в себе важливий етап заміни всіх деталей, що вже зазнали зносу.

Перед початком ремонтних робіт необхідно провести ряд підготовчих заходів:

- 1. Підготовка шляхів під'їзду і доставки вузлів.** Важливо забезпечити доступність шляхів для доставки нових або відремонтованих деталей до місця ремонту. Це включає в себе організацію безперешкодного руху вантажних транспортних засобів.
- 2. Встановлення вантажопідйомних і підтримуючих пристроїв.** Для підняття важких вузлів та забезпечення їх безпечного утримання під

час монтажу необхідно встановити вантажопідйомні пристрої та підтримуючі системи.

- 3. Укрупнена збірка вузлів.** Цей етап передбачає попередню збірку нових або відремонтованих вузлів, щоб забезпечити їх готовність до встановлення в обладнанні. Це може включати в себе збірку деталей та компонентів, які потрібно буде встановити під час ремонту.

Підготовчі роботи є ключовими для зменшення тривалості капітального ремонту і можуть допомогти здійснити його в рамках визначеного графіку, зазвичай від 18 до 28 днів. Такий підхід сприяє ефективності та успішному виконанню ремонтних завдань, забезпечуючи безпеку та якість відновлення обладнання.

Перед передачею барабанної гранулятор-сушарки на ремонт, необхідно виконати кілька важливих процедур, щоб забезпечити якісну та ефективну роботу над її відновленням. Основні етапи передпланової підготовки перед ремонтом включають:

- 1. Видалення клінкеру і футеровки.** Необхідно ретельно видалити клінкер (твердий осад) і футеровку (захисний шар) з усіх деталей та внутрішніх поверхонь БГС. Це допомагає підготувати обладнання для подальшого розбору та діагностики.

- 2. Розбирання вузлів і деталей.** Важливо ретельно розібрати всі вузли та компоненти, які підлягають ремонту. Це дозволяє провести детальну оцінку їх стану та визначити, які саме деталі потребують ремонту або заміни.

Зазвичай, найбільш часто ремонтowanими вузлами та компонентами барабанної гранулятор-сушарки є:

- корпус – важливий елемент, який може потребувати ремонту або заміни через знос, корозію або викривлення;
- роликові опори – ці опори підтримують барабан у працюючому стані та можуть вимагати перевірки і регулювання.

- бандажі і венцові пари – деталі, які забезпечують стійкість та рівномірний рух барабану;
- приводи – системи приводу, включаючи механічні та електричні компоненти, які потребують обстеження і можливого ремонту;
- вентилятори і димососи – важливі для роботи системи вентиляції, які слід перевірити на наявність зносу та забруднення;
- теплообмінні пристрої і холодильники – елементи, які регулюють температуру в процесі роботи БГС;
- масляні системи і системи водяного охолодження – важливі для змащення і охолодження рухомих деталей та компонентів;
- аспіраційні пристрої – системи, які відсмоктують гази та пил під час роботи.

Заміна дефектних ділянок корпусу барабанної гранулятор-сушарки є стандартною процедурою під час капітального ремонту обладнання. Ця операція передбачає встановлення нових обичайок, що можуть мати різну довжину, від 1 до 20–30 метрів, проте найчастіше замінюються ділянки тривалістю 3–4 метри. Під час цієї процедури необхідно враховувати кілька важливих аспектів:

- 1. Установка підпор під консолі корпусу.** Для запобігання можливому викривленню осі апарата в місці установки нових обичайок, необхідно встановити підпори, які підтримують консолі корпусу. Це допомагає зберегти стійкість та рівновагу обладнання.
- 2. Складність стикування нових ділянок зі старим корпусом.** Стиковка нових ділянок зі старим корпусом може бути трудомісткою операцією через різницю в стані та геометрії матеріалів. Для досягнення точності та надійності з'єднання необхідно використовувати високопрофесійний та досвідчений персонал.

3. Перевірка стикувань. Застосування точних методів для перевірки стикувань між новими і старими ділянками є важливим етапом. Неточності можуть призвести до проблем у майбутньому експлуатації обладнання.

Заміна дефектних ділянок корпусу є важливою для збереження ефективності та надійності барабанної гранулятор-сушарки. Ця процедура вимагає обстеження, грамотного підходу до монтажу та контролю якості, щоб забезпечити безперебійну роботу обладнання після ремонту.

5 ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ [21]

У досліджуваному технологічному процесі вхідними параметрами є: витрата вологого матеріалу; витрата палива; витрата первинного і вторинного повітря; температура сушильного агента на вході у БГС; тиск в камері змішувача; швидкість обертання сушильного барабану.

Вихідними параметрами даного технологічного процесу є: вологість сушильного агента на виході з БГС та температура сушильного агента на виході з БГС.

Автоматизація барабанної гранулятор-сушарки (БГС) включає в себе використання різних систем та технологій для покращення контролю, ефективності та безпеки процесу сушіння і гранулювання. Основні аспекти автоматизації БГС можуть включати:

- 1. Системи контролю та нагляду (SCADA).** Встановлення SCADA-систем дозволяє операторам моніторити та керувати процесом сушіння і гранулювання в реальному часі. Це включає в себе відстеження температури, вологості, тиску, швидкості обертання барабану та інших параметрів.
- 2. Автоматичне керування процесом.** Автоматичні системи керування можуть регулювати подачу палива, витрату повітря, температуру та інші параметри на основі заздалегідь заданих параметрів. Це допомагає забезпечити стабільність і ефективність процесу сушіння.
- 3. Системи безпеки.** Встановлення систем безпеки, таких як аварійні зупинки, детектори витoku газу, системи вентиляції та інші, може захистити персонал і обладнання від небезпечних ситуацій.
- 4. Збір та аналіз даних.** Системи автоматизації можуть збирати і аналізувати дані про процес, що допомагає вдосконалювати ефективність, прогнозувати потреби в обслуговуванні та уникати несправностей.

- 5. Рецептури та програмування.** Оператори можуть вводити рецептури для різних типів сировини та виробів, а автоматичні системи будуть виконувати процес сушіння та гранулювання відповідно до заданих параметрів.
- 6. Дистанційне керування та моніторинг.** Деякі системи дозволяють операторам контролювати та моніторити процес з віддалених пунктів через інтернет або мережу.

Автоматизація БГС допомагає підвищити продуктивність, знизити витрати, забезпечити якість виробництва і зробити процес більш ефективним та безпечним.

Головним і надзвичайно важливим параметром для успішного функціонування барабанної гранулятор-сушарки є температура сушильного агента на вході у процес. Контроль і регулювання цього параметра здійснюються за допомогою впроваджених систем автоматизації. У рамках цієї схеми автоматизації, найбільш ефективним і оптимальним методом вимірювання температури є контактний підхід.

Ця температура відіграє ключову роль у процесі сушіння та гранулювання, оскільки вона безпосередньо впливає на якість та ефективність цих процесів. Автоматизація дозволяє точно та стабільно підтримувати температурний режим, необхідний для досягнення оптимальних результатів.

Обрана техніка вимірювання температури за допомогою термоелектричних перетворювачів є правильним інженерним рішенням для контролю температури в барабанній гранулятор-сушарці. Ці датчики, використовуючи принцип термоелектричного ефекту, забезпечують вимірювання температури у високих діапазонах, що робить їх ідеальними для ваших потреб, де висока температура може бути присутньою в процесі. Термоелектричні перетворювачі надають стандартизований вихідний сигнал, такий як мільвольт на градус Цельсія, що дозволяє зручну інтерпретацію даних і їх обробку без необхідності нормування.

Термопари мають високу чутливість до змін температури, що дозволяє точно і швидко вимірювати температуру в реальному часі. Захисна арматура термопари забезпечує захист від зовнішніх факторів, які можуть впливати на точність вимірювання, такі як вологість або механічні пошкодження.

Використання двоканальних термопар дозволяє вимірювати температуру в двох різних точках апарату, що може бути корисним для контролю процесу та забезпечення однорідності температури в барабані.

Для вимірювання температури у діапазоні 300–500°C, вибір хромель-копелевої термопари ТХК 0179 є відмінним варіантом. Хромель-копелева термопара визначається за матеріалами, з яких виготовлені її провідники. У вашому випадку, хромель і копель використовуються як провідники для створення термопари.

Основні характеристики хромель-копелевої термопари ТХК 0179 включають:

1. Широкий діапазон вимірювання. Термопара ТХК 0179 відповідає вашому діапазону температур від 300°C до 500°C.
2. Висока чутливість. Хромель-копелеві термопари мають високу чутливість до змін температури, що дозволяє точно вимірювати навіть невеликі зміни температури.
3. Стабільність і надійність. Ці термопари відомі своєю стабільністю та надійністю в роботі.
4. Відмінна віддача сигналу. Хромель-копелеві термопари генерують мільвольтний сигнал, який може бути легко інтерпретований та оброблений.
5. Використання в індустрії. Ці термопари широко використовуються в різних галузях промисловості для вимірювання температури вищих діапазонів.

Обраний тип термопари ТХК 0179 відповідає вимогам вашого процесу і допоможе точно і надійно вимірювати температуру сушильного агента у барабанній гранулятор-сушарці.

При виборі показуючого приладу ДИСК-250 для вимірювання та реєстрації активного опору, сили і напруги постійного струму, а також інших неелектричних величин, перетворених в зазначені сигнали, ви робите правильний вибір для вашого досліджуваного процесу. Ось деякі переваги обраного показуючого приладу:

1. Універсальність вимірювань. ДИСК-250 може вимірювати і реєструвати різні величини, включаючи активний опір, силу та напругу постійного струму. Це робить його універсальним приладом для вимірювання різноманітних параметрів в вашому процесі.
2. Іскробезпечність. Враховуючи те, що в вашому процесі може бути наявний певний ризик іскроутворення або вибуху, важливо використовувати прилади, які мають іскробезпечні електричні ланцюги. Це підвищує безпеку в вашому дослідженні.
3. Надійність і точність. ДИСК-250 є надійним та точним приладом, що дозволить вам отримувати надійні та вірні дані для контролю вашого процесу.
4. Зручний у користуванні. Цей прилад має інтерфейс, який спрощує налаштування і використання, що дозволяє операторам ефективно контролювати вимірювані параметри.

Вибір ДИСК-250 з іскробезпечними електричними ланцюгами відповідає вимогам нашого процесу та забезпечує безпеку та надійність вимірювань.

Візьмемо Ремиконт Р-130 у якості регулятора, який має ряд переваг, що можуть бути корисними для контролю та управління технологічним процесом. Ремиконт Р-130 є компактним, але потужним мікропроцесорним контролером, що дозволяє вам використовувати його в обмеженому просторі і в той же час мати достатньо функціональності для ваших потреб. Із наявністю 28 каналів вводу/виводу ви можете підключити і контролювати багато різних пристроїв та сенсорів, що важливо для комплексного контролю вашого процесу.

Наявність інтерфейсного каналу цифрового послідовного зв'язку дозволяє вам зв'язувати Ремиконт Р-130 з іншими пристроями та системами для обміну даними. Мікропроцесорна технологія дозволяє програмувати контролер для виконання різних завдань, що включають в себе регулювання та автоматизацію вашого процесу. Ремиконт відомий своєю надійністю, що важливо для безперебійної роботи вашого процесу.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ [22]

Охорона праці у виробництві амофосу та інших фосфатних добрив є дуже важливою, оскільки цей процес може включати в себе ряд потенційно небезпечних операцій та речовин, які можуть бути шкідливими для здоров'я робітників. Розглянемо кілька ключових аспектів охорони праці, які повинні бути враховані при виробництві амофосу:

1. Шкідливі речовини та гази. Виробництво амофосу може включати обробку та обробку речовин, які виділяють шкідливі гази та пил. Робітники, які працюють у зоні, де можуть виділятися шкідливі гази або пил, повинні бути оснащені відповідними респіраторами. Респіратори повинні відповідати стандартам та бути правильно підібрані для типу речовин, які вони фільтрують. Робітники повинні носити захисні костюми, які можуть захищати їх від проникнення пилу і хімічних речовин через шкіру. Костюми мають бути закритими і відповідати стандартам безпеки. Захист для очей допоможе запобігти потраплянню пилу та інших частинок в очі робітників. Окуляри або захисні щитки мають бути надійними та відповідати стандартам. Виробничі зони, де проводяться операції з обробки речовин, повинні бути належним чином ізольовані від робітників. Вентиляційні системи повинні видаляти шкідливі гази та пил з робочих приміщень. Робітники повинні бути навчені правилам безпеки, використанню захисного обладнання та процедурам евакуації в разі аварії. Регулярні тренінги та нагадування важливі для підтримки усвідомленості про безпеку. Робітники повинні проходити регулярні медичні огляди для виявлення можливих впливів на здоров'я через контакт зі шкідливими речовинами. У випадку виникнення аварій або викиду шкідливих речовин, повинні бути наявні системи аварійного відключення та евакуації для забезпечення безпеки робітників.

2. Вентиляція. Встановлення ефективної системи вентиляції у робочих приміщеннях у виробництві амофосу є критично важливим для забезпечення безпеки та здоров'я робітників. Вона допомагає знизити концентрацію шкідливих речовин у повітрі та забезпечує постачання свіжого повітря, необхідного для дихання. Система вентиляції повинна вміти ефективно притягувати забруднене повітря, яке містить шкідливі гази та пил, і виводити його з робочих приміщень. Встановлення в системі фільтрів допомагає утримувати пил і частинки від шкідливих речовин, що потрапляють в повітря. Це допомагає забезпечити безпечну атмосферу для дихання. Вентиляційні вентилятори і дифузори розподілені в робочих зонах, щоб забезпечити рівномірний обмін повітря та відведення шкідливих газів. У деяких випадках може бути використаний позитивний тиск у робочих приміщеннях, щоб запобігти проникненню шкідливих речовин ззовні. Система вентиляції повинна забезпечувати комфортну температуру та вологість у робочих приміщеннях. Система вентиляції повинна регулярно обслуговуватися та перевірятися на ефективність, щоб впевнитися в її безперебійному функціонуванні.

3. Безпека машин та обладнання. Машини та обладнання, які використовуються в виробництві амофосу, повинні бути належно обслуговувані та забезпечені безпечними заходами захисту. Робітники повинні бути навчені правильному використанню машин та обладнання, а також ознайомлені з інструкціями з безпеки, які стосуються кожного конкретного типу обладнання. Обладнання має бути оснащено відповідними заходами захисту, такими як захисні ковпачки, екрани, заслінки, аварійні вимикачі та інші пристрої, які можуть запобігти травмам. Робітники повинні бути навчені процедурам евакуації та знаходити місця для надзвичайних випадків, які можуть виникнути внаслідок аварій або несподіваних ситуацій. Доступ до машин і обладнання повинен бути обмеженим і дозволеним тільки кваліфікованим персоналом, який отримав відповідну підготовку. Регулярні

огляди та аудити безпеки допомагають виявляти потенційні проблеми та ризики та допомагають у виправленні їх до того, як вони стануть критичними. Деяке обладнання може мати рухомі частини, які можуть защемити руки або інші частини тіла. Робітники повинні бути навчені про заходи захисту від защемлення і використання спеціальних пристроїв захисту.

4. Освітлення. Забезпечення належного освітлення на робочих місцях важливо для уникнення травм та недоліків в оцінці ризиків. Недостатнє освітлення може призвести до травм, оскільки працівники можуть не помічати перешкоди, нерівності на підлозі або інші потенційні небезпеки. Належне освітлення допомагає зменшити ризик подібних подій. У багатьох виробничих процесах точність дуже важлива. Погане освітлення може спричинити помилки та недоліки в роботі, що може вплинути на якість та безпеку продукції. Якісне освітлення на робочих місцях сприяє покращенню комфорту працівників та підвищенню їхньої продуктивності. Гарне освітлення може підвищити настрій та збільшити концентрацію. У багатьох країнах існують нормативи та стандарти щодо рівня освітлення на робочих місцях, які повинні дотримуватися. Забезпечення належного освітлення допомагає відповідати цим нормам. Належне освітлення сприяє збільшенню видимості і допомагає уникнути потенційно небезпечних ситуацій, таких як спотворення або недоліки в оцінці ризиків.

5. Організація робочого місця. Робочі місця повинні бути організовані таким чином, щоб запобігти травмам і забезпечити зручні умови праці. Робочі місця повинні бути спроектовані з урахуванням ергономіки, що дозволяє працівникам працювати без зайвого фізичного напруження. Наприклад, стільці, робочі поверхні та інше обладнання повинні бути правильно налаштовані для забезпечення зручності та підтримки правильної позиції тіла. Робочі місця повинні бути обладнані заходами безпеки, такими як захисні загородження, огороження, аварійні вимикачі та інші пристрої,

які захищають працівників від можливих небезпек. Робочий простір повинен бути організований таким чином, щоб забезпечити оптимальну робочу площу та легкий доступ до інструментів та обладнання. Проходи та шляхи евакуації повинні бути вільними від завалів. Машини та обладнання повинні бути розміщені таким чином, щоб забезпечити безпечний доступ для обслуговування та ремонту. Простір навколо обладнання повинен бути достатнім для виконання необхідних операцій. Психологічний комфорт також має важливе значення. Робочі місця повинні бути організовані так, щоб створювати позитивне психосоціальне середовище та сприяти моралі та емоційному благополуччю працівників.

6. Навчання і підготовка. Усі робітники повинні бути навчені щодо правил безпеки, процедур екстреної евакуації та заходів, які слід приймати в разі аварії або викиду шкідливих речовин. Регулярні тренінги та навчання з охорони праці мають бути проводитися для всіх працівників, незалежно від їхнього рівня досвіду. Програми навчання повинні включати в себе інформацію щодо визначення небезпечних ситуацій, заходів безпеки та процедур евакуації. Робітники повинні бути ознайомлені з правилами та процедурами безпеки, які стосуються їхньої конкретної роботи та робочого місця. Важливо регулярно перевіряти рівень знань та навичок працівників з охорони праці шляхом проведення тестів або практичних вправ. В ідеальному випадку, проведення симуляцій аварій, де працівники вправляються у застосуванні навичок та процедур евакуації, може бути дуже корисним.

7. Медичний контроль. Робітники, які працюють у виробництві амофосу, повинні підлягати регулярному медичному огляду для виявлення можливих впливів на здоров'я внаслідок їх роботи. Перед початком роботи працівники повинні пройти попередній медичний огляд, який допомагає встановити початковий стан їхнього здоров'я та визначити, чи існують будь-які попередні захворювання або стани, які можуть бути ускладнені роботою.

У разі необхідності можуть бути проведені спеціалізовані дослідження для виявлення конкретних проблем, пов'язаних з експозицією до речовин, що містяться в амофосі. Медичний персонал повинен вести моніторинг стану здоров'я працівників та реагувати на будь-які показники, що вказують на можливість впливу роботи на їхнє здоров'я. Медичний персонал повинен надавати працівникам консультації та рекомендації щодо збереження здоров'я та безпеки на робочому місці.

8. Пожежна безпека. Пожежна безпека є надзвичайно важливою у виробництві амофосу, оскільки цей процес може включати в себе роботу з горючими матеріалами та хімічними речовинами, які можуть бути небезпечними. Дотримання пожежних заходів є обов'язковим для запобігання пожежам та забезпечення безпеки працівників. Усі працівники повинні бути навчені процедурам пожежної підготовки, включаючи використання пожежних вогнегасників, сигналізацію та процедури евакуації. Регулярні тренування та симуляції пожежних ситуацій можуть бути корисними. У виробництві амофосу слід мати належні системи пожежної безпеки, такі як пожежні тривожні системи, димові детектори, автоматичні системи гасіння пожежі та інші обладнання. Горючі матеріали повинні зберігатися в спеціальних контейнерах та зоні, де можуть бути запроваджені заходи контролю пожежі. При виявленні пожежі електрообладнання слід відключити, щоб запобігти додатковому розповсюдженню пожежі. Важливо контролювати вентиляцію та газові системи, щоб запобігти накопиченню легкозаймистих газів та парів. Працівники повинні дотримуватися правил робочого порядку та не залишати без нагляду горючі матеріали чи обладнання. Усі робочі приміщення повинні бути оснащені пожежним інвентарем, таким як вогнегасники, водяні крани, пожежні гідранти тощо. Пожежні сигналізаційні системи та засоби зв'язку повинні бути доступні для швидкого повідомлення про пожежу та координації дій.

9. Екологічна безпека. Важливо також дотримуватися екологічних стандартів та вимог для зменшення впливу виробництва амофосу на навколишнє середовище. Збереження природи та дотримання екологічних стандартів є надзвичайно важливими в сучасному виробництві амофосу або будь-яких інших продуктів. Ось кілька способів, якими можна зменшити вплив виробництва на навколишнє середовище:

- оптимізуйте процеси виробництва для зменшення витрат сировини, енергії та води;
- мінімізуйте втрати і відходи;
- інвестуйте в сучасні технології, які дозволяють знижувати викиди забруднюючих речовин у повітря і воду;
- розробіть системи збору і переробки відходів для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище;
- утилізуйте відходи, де це можливо;
- вивчайте та впроваджуйте найкращі практики з охорони навколишнього середовища, співпрацюючи з екологічними організаціями та владними установами;
- ведіть системний моніторинг впливу вашого виробництва на навколишнє середовище і регулярно звітуйте про результати;
- навчайте працівників та персонал з питань екологічної відповідальності та важливості збереження природи;
- виконуйте всі екологічні закони та нормативи, що стосуються вашої галузі.

ВИСНОВКИ

Літературний огляд вказує на те, що гранулювання мінеральних добрив, таких як амофос, є сучасною і важливою технологією виробництва. Адже гранулювання дозволяє краще контролювати хімічний склад та фізичну структуру добрива, що може покращити його розчинність та доступність для рослин. Гранульовані добрива мають менший об'єм порівняно з порошкоподібними, що робить їх більш зручними для транспортування та зберігання. Вони менше схильні до утворення пилу та агломерації. Їх легше і рівномірніше можна внести в ґрунт або додати до рідини для зрошування. Гранульовані добрива можуть бути створені з меншою кількістю небезпечних хімічних речовин, що допомагає зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

У даній кваліфікаційній проаналізовано і враховано важливі аспекти виробництва гранульованого амофосу, зосереджуючись на ефективності та вигоді для промислового виробництва. У результаті цього дослідження прийнято рішення використовувати метод упарювання амофосної пульпи в поєднанні з процесом гранулювання у барабанній гранулятор-сушарці (БГС). Цей вибір був обґрунтований його перевагами у вигляді високої продуктивності та якісної грануляції продукту.

Наступним важливим кроком у нашому дослідженні було розроблення фізичної моделі процесу гранулювання за допомогою методу обкочування в барабанній гранулятор-сушарці (БГС). Ця модель дозволила нам глибше розуміти фізичні взаємодії, які відбуваються під час процесу гранулювання, і оптимізувати його для досягнення найкращих результатів.

Оптимізація фізичних і математичних моделей, а також процесів формування та укрупнення гранул в апараті БГС вражає своєю складністю та науковою цінністю. Оптимізація таких процесів є ключовою для досягнення економічного ефекту та покращення продуктивності в промисловому

виробництві. Зменшення габаритів апарату та збереження або покращення його продуктивності може значно вплинути на ефективність виробництва і зниження витрат. Розрахунки і чисельне моделювання допомагають визначити оптимальні параметри процесу і конструкції апарату для досягнення цієї мети.

Крім того, важливо враховувати аспекти будівельно-монтажної частини, міцність і герметичність апарату, а також питання охорони праці та навколишнього середовища. Це забезпечує безпеку працівників і враховує вплив виробництва на екологію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Амофос [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%BE%D1%84%D0%BE%D1%81>
2. Азотно-фосфорное удобрение Аммофос NP (S) 10-46-(7) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://agroantal.com.ua/ru/product/ammofos-np-10:46-28848>
3. Uses of Phosphoric Acid [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://byjus.com/chemistry/uses-of-phosphoric-acid/#:~:text=Phosphoric%20acid%20is%20used%20as%20an%20electrolyte%20in%20fuel%20cells,stains%20in%20the%20construction%20industry>
4. Классен П.В. Основы техники гранулирования (Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии) / П.В. Классен, И.Г. Гришаев. – М. : Химия, 1982. – 272 с.
5. Классен П.В. Гранулирование / П.В. Классен, И.Г. Гришаев, И.П. Шомин. – М. : Химия, 1991. – 240 с.
6. Кочетков В.Н. Гранулирование минеральных удобрений / В.Н. Кочетков. – М. : Химия, 1975. – 224 с.
7. Казакова Е.А. Гранулирование и охлаждение азотсодержащих удобрений / Е.А. Казакова. – М. : Химия, 1980. – 288 с.
8. Процессы гранулирования в промышленности / Н.Г. Вилесов, В.Я. Скрипко, В.Л. Ломазов, И.М. Танченко. – К. : Техніка, 1976. – 192 с.
9. Расчет оборудования для гранулирования минеральных удобрений / М.Б. Генералов, П.В. Классен, А.Р. Степанова, И.П. Шомин. – М. : Машиностроение, 1984. – 192 с.
10. Лыков М. В. Сушка в химической промышленности / М. В. Лыков. – М. : Химия, 1970. – 432 с.

11. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи / Под общ. ред. В. Н. Соколова. – Л. : Машиностроение, 1982. – 384 с.
12. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.
13. Основные процессы и аппараты химической технологии : Пособие по проектированию / Под ред. Дытнерского Ю. И. – М. : Химия, 1983. – 272 с.
14. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М. : Химия, 1973. – 752 с.
15. Лазинский А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А. А. Лазинский, А. Р. Толчинский. – Л. : Машиностроение, 1970. – 752 с.
16. Лазинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник / А. А. Лазинский. – Л. : Машиностроение, 1981. – 382 с.
17. Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Машины та апарати хімічних виробництв» зі спеціальності 7.090220 «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» : для студ. денної та заочної форм навчання / С. І. Якушко. – Суми : СумДУ, 2007. – 57 с.
18. Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Проектування хімічних підприємств та основи САПР» / Укладачі: О. О. Ляпощенко, В. М. Маренок. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 81 с.
19. Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фарамазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 312 с.
20. Ермаков В.И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В.И. Ермаков, В.С. Шейн. – Л. : Химия, 1981. – 368 с.

21.КСК автоматизація [Електронний ресурс]. – Режим доступу :
<https://www.kck.ua/dir.html>

22.Основні ізолювальні електрозахисті засоби для роботи в електроустановках. Правила користування та терміни випробувань [Електронний ресурс]. – Режим доступу :
<https://www.kazedu.kz/referat/169461/2>