

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра «Хімічної інженерії»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ підпис, дата

Кваліфікаційна робота магістра

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

Тема роботи: Виробництво хлориду калію. Розробити та модернізувати барабанну сушарку.

Виконав:

студент групи ХМм-91

Грудинін В.Б.

П.І.П/б студента

_____ підпис

Залікова книжка

№ 118510033

Кваліфікаційна робота магістра

захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

« » _____ 20 р.

_____ підпис, дата

Керівник:

ДОЦ.К.Т.Н.

науковий ступінь, вчене звання

Юхименко М.П.

прізвище, ім'я, по батькові

Підпис голови

(заступника голови) комісії

СУМИ – 2020

Реферат

Пояснювальна записка: 70с, рис12, табл.6, Додатки 1, джерел 37.

Графічні матеріали: Схема виробництва хлорид калію, складальне креслення апарату, складальні креслення вузлів, схема автоматизації, 5 аркушів формату А1.

Тема: Виробництво хлориду калію. Розробити та модернізувати барабанну сушарку.

Наведено літературний аналіз, теоретичні основи і особливості процесу сушіння в виробництві хлорид калію, виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, виконані технологічні розрахунки апарату, визначені його розміри, проведений гідравлічний розрахунок, обґрунтований вибір матеріалу для виготовлення апарату, розраховане і вибрано допоміжне обладнання.

Розрахунками на міцність і герметичність показана надійність роботи спроектованого апарату.

Ключові слова: АПАРАТ, КОРПУС, СУШАРКА БАРАБАНА, МІЦНІСТЬ, НАПРУГА, ОХОРОНА ПРАЦІ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	5
1.1. Основні процеси сушки	5
1.2. Технічна характеристика сировини	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	17
2.1 Опис технологічної схеми виробництва.....	17
2.2 Теоретичні основи процесу.....	18
2.3 Опис конструкції проектного апарата.....	20
2.4 Технологічні розрахунки та визначення конструктивних розмірів апарата..	22
2.5 Гідравлічні розрахунки.....	28
2.6 Вибір допоміжного обладнання.....	
3 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ АПАРАТУ.....	30
3.1 Розрахунок товщини стінки і кришки	31
3.2 Розрахунок і вибір опори.....	33
4 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА	
4.1 Монтаж проектного апарату.....	41
4.2 Ремонт апарату.....	44
5 АВТОМАТИКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	
5.1 Аналіз стану автоматизації	54
5.2 Вибір і обґрунтування параметрів контролю і регулювання.....	56
6. Охорона праці.....	57
6.1 Аналіз потенційних небезпек і шкідливостей	57
6.2 Розрахунок заземлення.....	61
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	67
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	68
Додаток А. СПЕЦИФІКАЦІЇ ДО КРЕСЛЕНЬ	

Вступ

Понад 95% видобутих з надр і вироблюваних заводськими методами калійних солей використовують як добрива. Як хлоромісних калійних добрив застосовують: розмелені природні водорозчинні мінерали - силвініт, каїніт (в даний час в нашій країні їх майже не використовують), концентровані продукти заводської переробки природних руд (хлорид калію) і змішані калійні солі, одержувані змішанням згаданих природних мінералів з концентрованими солями калію; такі композиції потрібні для культур, які потребують також в натрії. Якість калійної продукції і сировини прийнято характеризувати вмістом основного компонента (наприклад, KCL) або вмістом калію в перерахунку на К О. Головним продуктом калійної промисловості є хлорид калію, близько 95% якого використовують як добриво, а решта 5% переробляють в інші сполуки - КОН, KCLO, KCN і інші, - які застосовуються в багатьох галузях промисловості: чорної і кольорової металургії, будівельній, целюлозно-паперової, скляної, лакофарбової, шкіряної, фармацевтичної та ін.

Промисловість потребує високій якості хлориду калію, регламентовано ГОСТом 4568-74, яким передбачено випуск малокристалічного продукту для технічних цілей марок К і Ф, гранульованого або крупнокристалічного продукту для сільського господарства.

На сьогоднішній день, стан промислових підприємств з випуску продукції, не дозволяє повністю задовольнити попит. В результаті цього потрібно подальший розвиток і модернізація калійної промисловості.

Для зниження цього необхідні заходи по проведенню оновлення, як в калійної промисловості, так і в промисловості хімічного машинобудування. Це оновлення буде більш ефективним, якщо воно буде проходити на основі технічного переозброєння і реконструкції, підвищення рівня механізації і автоматизації.

В даному дипломному проекті розглядається одна з можливих заходів підвищення продуктивності і збільшення терміну служби барабанної сушарки, що досягається шляхом удосконалення конструкції апарату.

В даний час значно зросла популярність застосування барабанних сушарок для термічної обробки матеріалів. Це пояснюється такими якостями апаратів даного типу, як можливість застосування в багатотонних виробництві та безперервність процесу, компактності і екологічності.

Апарати даного типу використовуються в самих різних галузях: гірничорудної, металургійної, нафтової, хімічної промисловості та ін.

Ці апарати мають досить загальну і типову зовнішню характеристику, але різні за конструкцією внутрішніх пристроїв і їх комбінаціями в залежності від типу матеріалу, що висушується і його фізичного стану, при якому він знаходиться в барабані. В даному випадку матеріалом є калій хлор.

1 Аналіз літературних джерел

1.1 Основні процеси сушки

Збагачення калійної руди проводиться двома методами: флотаційним і хімічним (галургічним)[1].

Галургічний метод дозволяє отримати хімічно чистий хлористий калій з вмістом корисного компонента 98%, який використовується в сільському господарстві і хімічній промисловості.

Флотаційний метод став використовуватися для виробництва калійних добрив для сільського господарства з вмістом корисного компонента до 95%.

Суть методу флотації полягає в поділі KCl і $NaCl$, що містяться в руді, з попереднім виділенням глинистого шлаку. Флотаційний поділ мінералів заснований на різній здатності їх поверхні змочуватися водою. Попередньо подрібнену руду взмочують в воді (або в водному розчині) і через пульпу пропускають повітря, розподіляються в ній у вигляді дрібних бульбашок. Гідрофобні мінерали налипають на бульбашки повітря і виносяться на поверхню пульпи у вигляді піни, яку потім видаляють і фільтрують для виділення твердих частинок. Гідрофільні мінерали осідають на дні флотаційної машини і виводяться через зливний отвір. Однак переважна більшість мінералів добре змочується водою, тому при збагаченні природних руд доводиться користуватися флотаційними реагентами. Під впливом цих реагентів можна цілеспрямовано змінювати змочуваність поверхні того чи іншого мінералу і таким чином регулювати процес флотації. Залежно від призначення розрізняють такі групи флотаційних реагентів: збирачі, піноутворювачі, депресори, активатори, регулятори середовища. Технологічні схеми флотаційного виробництва хлориду калію залежать від мінерального і гранулометричного складу флотуємого силвініту, вмісту в ньому домішок (глинистих шламів), розмірів компонентів і розрізняються методами обробки глинистих шламів [2].

Галургічний спосіб виділення хлориду калію з сильвініту або метод виборчого розчинення і роздільної кристалізації заснований на відмінності температурних коефіцієнтів розчинності хлоридів калію і натрію при їх сумісній присутності, тобто в системі «KCl - NaCl - H₂O». У розчинах, насичених обома солями, при підвищенні температури від 20⁰C до 100 ⁰C вміст хлориду калію зростає приблизно в два рази, а хлориду натрію дещо зменшується. При охолодженні такого гарячого розчину він стає пересиченим щодо хлориду калію, який буде кристалізуватися, а хлорид натрію залишиться в розчині. При подальшому нагріванні цього розчину він залишиться насиченим щодо хлориду натрію і стає ненасиченим щодо хлориду калію. Тому при обробці подібним розчином нової кількості сильвініту з нього буде вилучатись тільки хлорид калію, переходячи в розчин, а хлорид натрію розчинятися не буде. Це властивість системи «KCl - NaCl - H₂O» і використовується в галургічному методі вилучення хлориду калію з сильвінітових руд для організації циклічного процесу.

При розробці сучасних агрегатів для сушіння матеріалів слід враховувати наступні вимоги [3,4]:

Технологічні - забезпечення високої ефективності і рівномірності сушки при отриманні однорідного високоякісного продукту в усьому обсязі сушильної камери.

Конструктивні - мінімальне використання дефіцитних конструкційних матеріалів, компактність, низька металоємність, максимально можливе використання стандартних деталей і вузлів, технологічність споруди на машинобудівному підприємстві, зручність монтажу.

Експлуатаційні - безпека, відповідність санітарним нормам, безперервність процесу сушіння, зручність і простота обслуговування і ремонту, максимальна механізація і автоматизація, раціональне включення в енергетичну схему промислового підприємства.

Кібернетичні - відповідність вимогам автоматизації контролю, регулювання та управління процесом сушіння і роботою установки.

Техніко - економічні - максимальні продуктивність установки і питома волоємність в сушильному барабані при мінімальних витратах виробництва тепла й електроенергії на видалення вологи з матеріалу.

Розглянемо сушарки з рухомим шаром матеріалу який сушиться [5,6].

Сушарки з киплячим шаром матеріалу широко використовуються для сушіння зернистих, кускових матеріалів, суспензій і порошків.

Сушка матеріалів відбувається в так званому «киплячому шарі» зернистого матеріалу, коли під дією висхідного потоку газу (сушильного агента) частки шару переходять у завислий стан. Процес в киплячому шарі дозволяє значно збільшити поверхню контакту між частками матеріалу і сушильним агентом, інтенсифікувати випаровування вологи з матеріалу і скоротити (до декількох хвилин) тривалість сушіння. Сушарки з киплячим шаром в даний час успішно застосовуються не тільки для сушіння сильносипучих зернистих матеріалів (наприклад, мінеральних і органічних солей), але і матеріалів, схильних до комкування, а також пастоподібних матеріалів, розчинів, розплавів і суспензій.

Барабанні сушарки [7]. Ці сушарки широко застосовуються для безперервного сушіння при атмосферному тиску кускових, зернистих і сипучих матеріалів (мінеральних речовин, солей, фосфоритів і ін.).

Гази і матеріал рухаються прямою, що допомагає уникнути перегріву матеріалу, так як в цьому випадку найбільш гарячі гази стикаються з матеріалом, що має найбільшу вологість. Щоб уникнути посиленого виносу пилу з газами, останні провалюються через барабан вентилятором з середньою швидкістю, що не перевищує 2м/с. Пристрій внутрішньої насадки барабана залежить від розміру шматків і властивостей сушильного матеріалу.

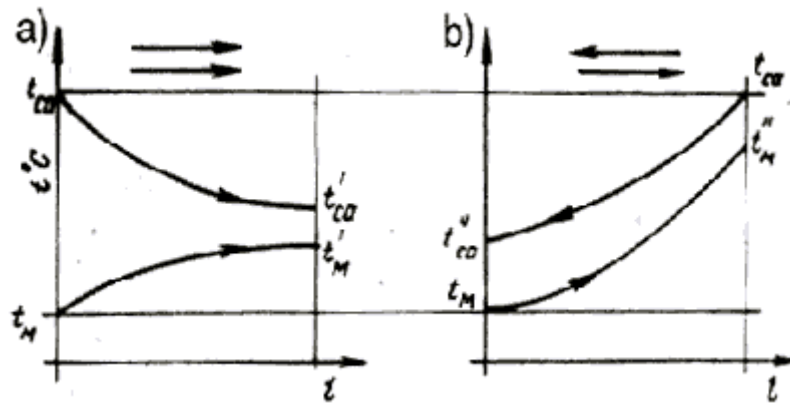
Сушилки з віброкиплячим шаром. Накладення вібрації на зважений (киплячий) шар матеріалу дозволяє поліпшити його характеристики і підвищити інтенсивність тепломасообміну в сушарках такого типу. Віброкиплячий шар може бути створений в апаратах найрізноманітніших конструкцій шляхом впливу на сипучий матеріал вібруючого дна, стінок або додаткових перегородок, а також за допомогою спеціальних вібродетелей, введених безпосередньо в сушильну камеру. Застосування в сушарках віброкиплячого шару, дозволяє поліпшити перемішування матеріалу і тим самим в кілька разів підвищити величину коефіцієнтів тепло- і масообміну[8].

Розпилювальні сушарки. До переваг цих сушарок слід віднести високу якість кінцевого продукту - висушений матеріал виходить у вигляді дрібногранульованого сипучого порошку, який легко транспортується, затарюється і має привабливий товарний вигляд. Ці сушарки в основному використовують для отримання товарної продукції - керамічних порошоків, мінеральних добавок в сухі будівельні суміші та ін. Недолік - великі габарити всієї установки і газоочисного устаткування, що входить до її складу. У цих сушарках досягається висока інтенсивність випаровування вологи за рахунок тонкого розпилення матеріалу, що висушується в сушильній камері, через яку рухається сушильний агент (нагріте повітря або топкові гази)[9].

Пневматичні сушарки. Сушарки цієї конструкції використовуються в основному для видалення поверхневої вологи з сипучих матеріалів, таких як пісок, подрібнені мінерали, порошки. Сушка здійснюється у вертикальній трубі довжиною до 20 м. Частинки матеріалу рухаються в потоці нагрітого повітря (або топкових газів), швидкість якого перевищує швидкість витання часток, і становить 10-30 м/сек. У подібних трубах-сушарках процес сушіння триває секунди і за такий короткий час з матеріалу вдається випарувати тільки частина вільної вологи.

У варіанті сушки повітрям, яке нагрівається в зовнішньому калорифері, має температуру значно нижче, ніж повітря в звичайному варіанті сушки, тобто умови сушіння матеріалу по температурі значно м'якше, що використовується для матеріалів, які не витримують високих температур. Послідовний підігрів повітря в самій сушінні дозволяє отримати параметри вологого повітря на виході такі ж як і при нормальному варіанті[10]..

Конвективні сушарки бувають протитечійної і прямотечійної дії.



a) - при прямотечії; b) - при протитечії.

В даний час значно зросла популярність застосування барабанних сушарок для термічної обробки матеріалів. Це пояснюється такими якостями апаратів даного типу, як можливість застосування в багатотонних виробництвах та безперервність процесу, компактності і екологічності.

При виробництві калійних добрив на стадії сушки широко використовуються великогабаритні барабанні сушарки.

Постійною тенденцією в процесі експлуатації цих сушарок на виробництві є подальше підвищення їх продуктивності.

1.2 Технічна характеристика сировини

Сировиною для виробництва калійних добрив та інших калієвмісних продуктів служать природні калійні руди.

Калій поряд з азотом і фосфором - один з важливих елементів, необхідних для живлення та розвитку рослин. Крім того, калій є ефективним засобом проти накопичення радіонуклідів цезію і стронцію в рослинах. Калій зважаючи на високу хімічної активності в чистому вигляді в природі не зустрічається, а тільки у вигляді сполук. Понад 90% калію, що виробляється у вигляді розчинних солей, застосовують в сільському господарстві як мінеральні добрива. Як джерело калію найбільше значення має калійна руда - сильвініт - природна механічна суміш Сильвіна KCl , Галіт $NaCl$, є розчинними солями і глинисто-піщаних домішок, так званого нерозчинного осаду (ПЗ). Зміст хлористого калію в сильвініте близько 30%, решта становить галіт, нерозчинний осад і інші домішки. Калійне добриво - калій хлористий, що отримується з сильвініту, містить 95% KCl . Тому калійна руда піддається переробці і збагаченню з отриманням кінцевого продукту відповідного технічним умовам[10].

При комбайновому способі видобутку калійна руда надходить на збагачувальну фабрику шматками розміром 0-150 мм.

Хлорид калію - хімічна сполука, неорганічне з'єднання складу KCl . Є середньої калієвої сіллю соляної кислоти.

Утворює білу кристалічну речовину без запаху, добре розчинний у воді. Відноситься до структурному типу $NaCl$. У природі зустрічається у вигляді мінералів сильвіна і карналіту, а також входить до складу сильвініту.

Хлорид калію також отримують з сильвініту методами галургії і флотації.

Галургічного метод заснований на різній розчинності KCl і $NaCl$ у воді при підвищених температурах. При нормальній температурі розчинність хлоридів калію і натрію майже однакова. З підвищенням температури розчинність

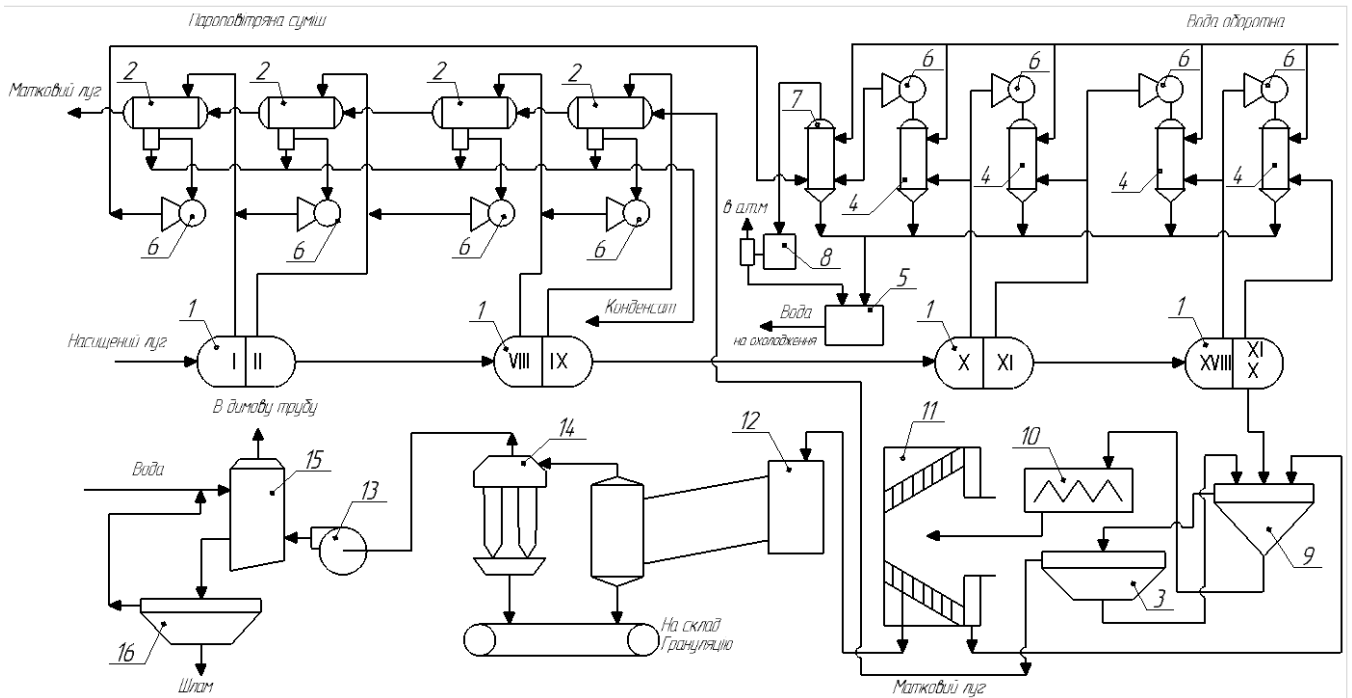
хлориду натрію майже не змінюється, а розчинність хлориду калію різко зростає. На холоді готується насичений розчин обох солей, потім він нагрівається, і сильвініт обробляється отриманим розчином. В процесі обробки розчин додатково насичується хлоридом калію, а частина хлориду натрію витісняється з розчину, випадає в осад і відокремлюється фільтруванням. Кристали відокремляються на центрифугах і сушаться, а матковий розчин йде на обробку нової порції сильвініту.

Флотаційний метод полягає в розділенні мінералів подрібненої руди на основі різної їх здатності утримуватися на межі поділу фаз в рідкому середовищі.

2. Технологічна частина

2.1 Опис технологічної схеми установки

Схема виробництва хлорид калію показана на рисунку 2.1.



Рисунко 2.1 - Схема виробництва хлорид калію

Технологічна схема отримання калію хлористого голургічним методом (відділення кристалізації, центрифугування і сушки): 1 - горизонтальні вакуум-кристалізатори (I-IV ступеня); 2 - поверхневі конденсатори; 3 - згущувач; 4 - конденсатори змішання; 5 - бак-гідрозатвор; 6 - ежекторні насоси; 7 - зведений конденсатор; 8 - вакуум-насос; 9 - відстійник типу «Брандес»; 10 - мішалка; 11 - центрифуга; 12 - сушильний барабан; 13 - димосос; 14 - батарейний циклон; 15 - комбінований очищувач пилу; 16 - шламівий згущувач

Насичений луг, очищений від сольового і глинистого шламів, з температурою $t = (95 \pm 2) ^\circ \text{C}$ направляєється на кристалізацію. Кристалізація калію хлористого здійснюється в ряді послідовно встановлених вакуум-кристалізаторах 1 (рис. 2.1), які розділені вертикальними перегородками на кілька щаблів. Вакуум-кристалізаційна установка (ВКУ) представлена дев'ятнадцятьма ступенями випаровування (I-XIX). Гарячий, очищений,

насичений луг з масовою часткою калію хлористого до 20% подається в I ступінь вакуум-кристалізатора 1 і далі послідовно проходить всі XIX ступенів. В кожному ступені луг кипить за рахунок подачі вакууму і за рахунок випаровування охолоджується. В результаті випаровування частини води і охолодження лугу кристалізується калій хлористий. З останньої XIX ступені охолоджена до температури $(37 \pm 5)^\circ \text{C}$ хлоркалієвая суспензія направляється на згущення. Паровоздушна суміш перших дев'яти ступенів випаровування надходить в міжтрубний простір поверхневих конденсаторів 2. На кожному ступені випаровування призначений окремий поверхневий конденсатор. У трубне простір поверхневого конденсатора IX ступені випаровування подається з згущувача 3 матковий луг, який пройшовши всі поверхневі конденсатори, на виході нагрівається до $t = 70-80^\circ \text{C}$. Таким чином здійснюється утилізація тепла сокового пара перших дев'яти ступенів СКУ. Конденсат сконденсованого в перших дев'яти поверхневих конденсаторах сокового пара через гідрозатвор направляється для промивання устаткування та ін. Дев'ять ступенів випаровування і дев'ять ступенів конденсації складають I частина СКУ. Наступні десять ступенів випаровування (X-XIX) пов'язані з конденсаторами змішання 4 і складають II частина СКУ. Тут також на кожному ступені випаровування доводиться окремий конденсатор змішання [11].

У конденсаторах змішання, зрошуваних зворотною водою, яка надходить з трубопроводу, відбувається конденсація сокового пара, що надійшов з (X-XIX) ступенів вакуум-кристалізаторів. Вода разом зі сконденсованим паром прямує в бак-гідрозатвор 5 і далі на охолодження. Несконденсовані пари і гази всіх конденсаторів відсмоктуються ежекторними насосами 6, причому ежектруемая суміш відсмоктується з конденсатора наступному рівні і нагнітається в конденсатор попереднього ступеня. З конденсатора XIX ступені випаровування паровоздушна суміш переганяється таким чином в конденсатор X ступені і далі до зведеного конденсатора 7, також зрошувану водою. Аналогічно відсмоктуються гази з I частини СКУ, починаючи IX ступені випаровування. Після проходження поверхневого конденсатора I ступені парогазова суміш

направляється до зведеного конденсатор змішання 7, звідки сконденсовані пар і вода також надходять в бак-гідрозатвор 5, а гази вакуум-насосом 8 викидаються в атмосферу.

Хлоркалієвая суспензія з СКУ надходить у відстійники 9 типу «Брандес» для поділу на кристали і матковий луг. Згущена суспензія перекачується в мішалку 10 і звідти надходить в центрифугу 11. Злив відстійників 9 направляється в згущувач 3, де відстоюється і згущується мелкодисперсна частина кристалізату, яка повертається назад в відстійник 9. Злив згущувача 3, т. Е. Матковий луг, направляється в поверхневий конденсатор 2 IX ступені випаровування для підігріву і повторного використання у відділенні розчинення. Отфуговать в центрифугі 11 вологий осад з масовою часткою води до 8% подається на сушку. Фугат перекачується в відстійники 9. На центрифугах для отримання продукту, що містить до 98% KCl, кристали промивають водою для видалення маточного розчину і зниження вмісту NaCl.

Калій хлористий після зневоднення в центрифугах з масовою часткою води не більше 8% подається в сушильний барабан 12. У сушильному барабані лопатевої насадкою, розташованої в циліндричній частини барабана, калій хлористий при обертанні барабана переміщається до вивантаження. Паралельно з хлористим калієм в сушильному барабані рухаються гарячі топкові гази, які і сушать матеріал. 21 Висушена і нагріте калій хлористий вивантажується з сушильних барабанів з масовою часткою води не більше 0,5% і надходить на склад або подається на грануляцію і облагороджування гранул (див. Технологічну схему переробки і збагачення калійної руди флотаційним методом рис. 1). Відходять димові гази з сушильного барабана відсмоктуються димососом 13 і піддаються двухстадийной очищення: сухий - в батарейних циклонах 14 і мокрій - в комбінованих очисники пилу 15. Вловлена в циклонах пил вивантажується на конвеєр готового продукту, а очищені гази викидаються в атмосферу через димову трубу. На мокрій стадії очищення уловлюються пил калію хлористого і хлористий водень. Шламований продукт комбінованих очищувачів пилу після нейтралізації 2% -м розчином кальцинованої соди

перекачується на освітлення в згущувач 16, слив згущувача повертається на комбіновані очисники пилу. 4.9.

2.2 Теоретичні основи процесу

Сушка різних матеріалів в барабанних сушарках набула широкого поширення завдяки специфіці процесу. По-перше, цим методом можна висушувати зернисті, сипучі, пастоподібні і рідкі матеріали; по-друге, процес протікає дуже інтенсивно. Об'ємний коефіцієнт теплообміну, віднесений до шару матеріалу, дорівнює $500 \text{ ккал} / (\text{м}^3 \cdot \text{год} \cdot \text{град})$. Знімання вологи з 1 м^2 сітки в залежності від дисперсності матеріалу і температурного режиму сушіння дорівнює $A_F = 60-3000 \text{ кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{год})$ [12,13].

В установках можна одночасно проводити кілька процесів: сушку і випалення, сушку і класифікацію за розмірами частинок, сушку і гранулювання і т. д. Однак ці сушарки мають і недоліки: підвищена витрата електроенергії (а в деяких випадках і палива), невисока інтенсивність процесу при сушінні тонкодисперсних продуктів і ін.

Ці сушарки широко застосовуються в хімічній промисловості для сушіння зернистих, сипучих, а в ряді випадків і пастоподібних матеріалів. Вапняк, пісок, паливо, сульфат амонію, хлористий калій, поліетилен, а також ряд інших продуктів. Внаслідок безперервності процесу сушіння в деяких виробництвах сушарки з киплячим шаром витісняють сушарки барабанного типу (наприклад, при сушінні палив). Переваги цього способу сушіння - в інтенсивному перемішуванні твердих частинок і теплоносія, у великій поверхні контакту фаз і простоті конструкції сушарки

У барабанних сушарках зазвичай сушиться продукт з розмірами зерен від 0,1 до 5 мм. Як правило, ці сушарки відрізняються високою надійністю. Вони можуть працювати як холодильники для продукту в струмі холодного повітря. Сушарки поділяються за технологічним призначенням на періодичні,

напівбезперервні і безперервні. Найбільш поширені сушарки безперервної дії. Сушарки періодичної дії використовуються в основному для дрібних виробництв. По виду теплоносія сушарки поділяються на повітряні, газові. Сушка проводиться гарячим повітрям або гарячими димовими або інертними газами[14,15].

При сушінні процес передачі речовини з однієї фази в іншу (тобто випаровування рідини) супроводжується процесом теплопередачі. При цьому температури фаз не однакові. На початку сушіння тепло, яке передається від газоподібного сушильного агента до рідини шляхом конвекції, буде витрачатися на нагрів матеріалу, що висушується.

У міру нагрівання починається випаровування вологи. Кількість випаровується рідини визначиться з відомого рівняння масопередачі:

$$M = K \cdot F \cdot \Delta X, \text{ кг / м}^2. \quad 2.1$$

де: K - коефіцієнт масопередачі, F - поверхня випаровування, ΔX - рушійна сила масопередачі.

Фізична сутність сушильного процесу полягає в наступному: рушійною силою процесу видалення вологи з матеріалу є різниця парціальних тисків парів над матеріалом і в навколишньому середовищі (повітряному або газової).

$$\Delta p = p_r^m - p_r^n \quad 2.2$$

Ця кількість рідини переходить у вигляді пари в газову фазу і передає від рідини до газу тепло, відповідне теплоті випаровування рідини. Сушка йде до тих пір, поки виконується умова $p_m > p_n$.

Якщо $p_m = p_n$ процес обміну вологою між матеріалом і газовим середовищем припиняється.

Зв'язок вологи з матеріалом може бути механічною, фізичною і хімічною (гідратірованієм матеріалу). Останній вид вологи зазвичай при сушінні не видаляється, для цього потрібна більш висока температура.

Залежно від температури процесу, на практиці в якості сушительного агента найчастіше використовують [16,17]:

- 1) сушку підігрітим повітрям;
- 2) Сушка топковим газами ;

Кінетика сушіння багато в чому залежить від напрямку руху агента, тобто розрізняють схеми сушіння:

- 1) при прямотоці, коли висушуваний матеріал і сушительний агент рухаються в одному напрямку;

- 2) при протivotоке, коли висушуваний матеріал рухається назустріч сушительному агенту.

Розрізняють два періоди сушки: період постійної швидкості і період падаючої швидкості процесу. Протягом першого періоду волога випаровується з усієї поверхні вологого матеріалу. У цей період швидкість сушіння постійна і визначається лише швидкістю зовнішньої дифузії, тобто дифузії парів вологи з поверхні матеріалу в газову фазу[18,19].

У промисловості найчастіше застосовують такі типи конвективних сушарок:

- 1) барабанні сушарки;
- 2) розпилювальні сушарки;
- 3) сушарки з киплячим (псевдорідинному) шаром;
- 4) пневматичні сушарки;

Найбільш поширені барабанні сушарки і сушарки киплячого шару.

2.3 Опис конструкції проектованого апарата

2.3.1 Новизна проектної розробки

Метою даного проекту є удосконалення конструкції сушарки БР загального призначення. Тип насадки видозмінюється в міру зміни фізичних властивостей матеріалу, що висушується так, щоб все більшу частину матеріалу перевести у зважений стан. Рівномірність розподілу матеріалу, що висушується в обсязі апарату зростає як по перетину, так і по довжині апарату.

Пропоноване технічне рішення дозволяє при більш м'яких умовах експлуатації сушильного барабана підвищити продуктивність, знизити витрату палива, знизити споживану потужність на валу приводу барабана, інтенсифікувати теплообмінні процеси сушіння сипучих матеріалів.

Лопастна насадка може бути успішно замінена на менш матеріаломісткі секторну насадку меншої довжини, яка буде виконувати ті ж функції.

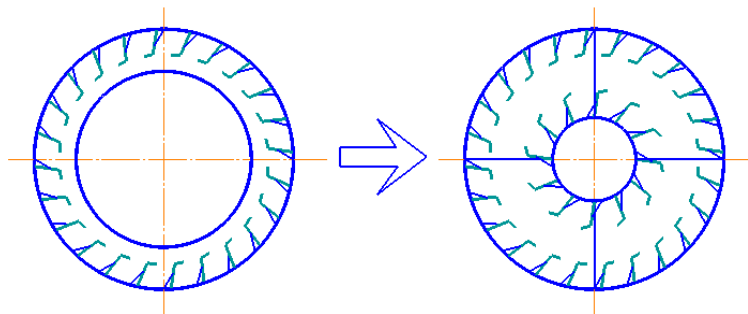


Рисунок 2.2 – Схема модернізація барабанної сушарки

Подальше підвищення продуктивності і пов'язане з цим збільшення маси випаровується вологи вимагає більш інтенсивного розвитку поверхні контакту фаз.

Об'ємний коефіцієнт теплообміну залежить від рівномірності розподілу зсипають матеріалу по перетину барабана. Чим рівномірніше розподіляється матеріал, тим більше що бере участь в теплообміні поверхню частинок.

За рахунок застосування трьох типів периферійної підйомно-лопатевої насадки, оптимальні розміри якої наведені в [3,4], в модернізованому сушильному барабані передбачено збільшення маси зваженого по перетину барабана матеріалу з 6-10% до 30% від маси, що знаходиться в завалі. Фактично

ця величина за рахунок конструктивних змін насадки може бути доведена до 50%. У модернізованому барабані для цих цілей застосовано більше число лопаток по колу, ніж це рекомендується в літературі [5] і встановлюється на практиці в сушильних барабанах. Зона рівномірного розподілу матеріалу в модернізованому барабані складає ~ 60% від довжини барабана, що має забезпечити зниження потужності на валу приводу барабана.

Барабанна сушарка (рис. 2.3) має циліндричний барабан 1, встановлений з невеликим нахилом до горизонту ($1/15-1/50$) і спирається за допомогою бандажів 2 на ролики 3. Барабан приводиться в обертання електродвигуном через зубчасту передачу 4 і редуктор. Число оборотів барабана зазвичай не перевищує 5-8 об / хв; становище його в осьовому напрямку фіксується наполегливими роликами 5. Матеріал подається в барабан живильником 6, попередньо підсушується, перемішуючись лопатями 7 приймально-гвинтвовий насадки, а потім надходить на внутрішню насадку, розташовану вздовж майже всієї довжини барабана.

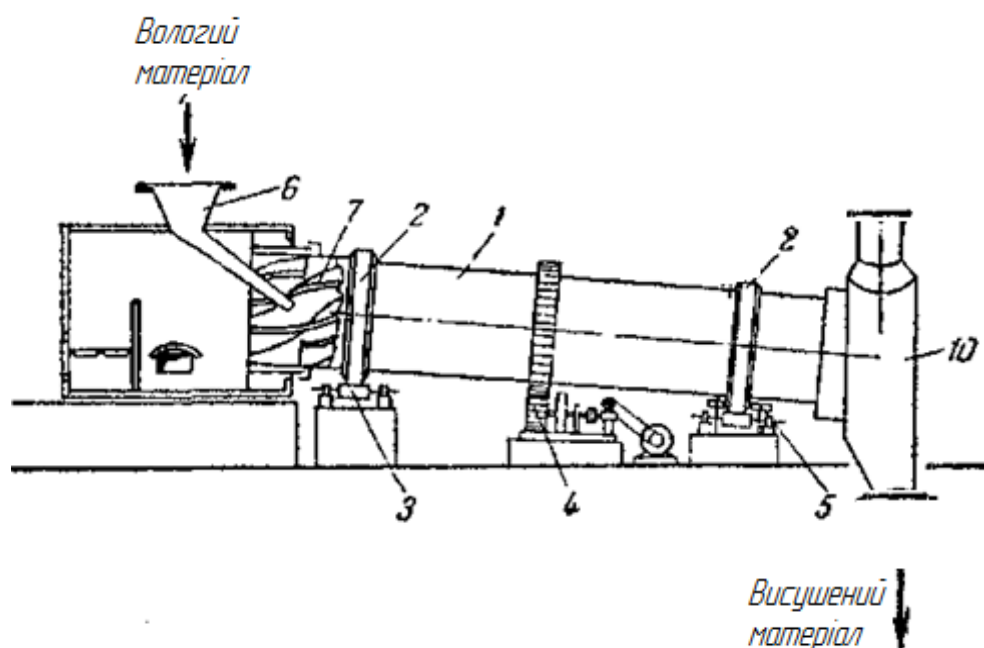


Рисунок 2.3 - Барабанна сушарка:

1 - барабан; 2 - бандажі; 3 - опорні ролики; 4 - передача; 5 - опорно-наполегливі ролики; 6 - живильник; 7 - лопаті 10 - розвантажувальна камера;

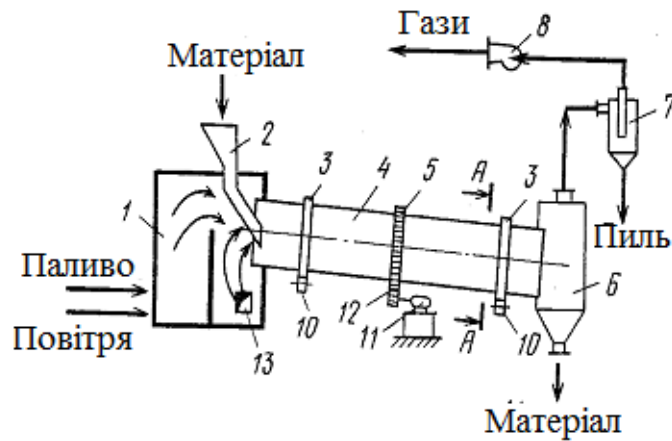


Рисунок 2.4 – Схема барабанної сушарки з компановкою:

1 - топка; 2 - живильник; 3 - бандажі; 4 - барабан; 5 - зубчастий вінець; 6 - завантажувальна камера; 7 - циклон; 8 - вентилятор; 9 - підйомно-Лопасня насадка; 10 - опорні рамки; 11 - електродвигун; 12 - шестерна передача; 13 - вікно для подачі вторинного повітря.

Насадка забезпечує рівномірний розподіл і хороше перемішування матеріалу по перетину барабана, а також його тісне зіткнення при пересипанні з сушильним агентом - топковим газами. Газы і матеріал особливо часто рухаються прямоюкою, що допомагає уникнути перегріву матеріалу, так як в цьому випадку найбільш гарячі газы стикаються з матеріалом, що має найбільшу вологість. Щоб уникнути посиленого виносу пилу з газами останні просасиваються через барабан вентилятором 8 із середньою швидкістю, що не перевищує 2-3 м/сек. Перед викидом в атмосферу відпрацьовані газы очищаються від пилу в циклоні. На кінцях барабана часто встановлюють ущільнюючі пристрої (наприклад, лабіринтові), що утрудняють витік сушильного агента [20,21].

У розвантажувального кінця барабана є підпирний пристрій у вигляді суцільного кільця або кільця, утвореного кільцеподібне розташованими поворотними лопатками (у вигляді жалюзі). Призначення цього кільця - підтримувати певний рівень заповнення барабана матеріалом; як правило, ступінь заповнення не перевищує 20%. Час перебування зазвичай регулюється швидкістю обертання барабана і рідше - зміною кута його нахилу. Висушений

матеріал видаляється з камери 10 через розвантажувальний пристрій 11, за допомогою якого герметизується камера 10 і запобігає надходження в неї повітря ззовні. Підсосі повітря призвели б до марної збільшення продуктивності і енергії, споживаної вентилятором 8.

Пристрій внутрішньої насадки барабана залежить від розміру шматків і властивостей матеріалу, що висушується.

2.4 Технологічні розрахунки та визначення конструктивних розмірів апарату [22]

Вихідні дані:

- висушуваний матеріал - хлорид калію
- кількість вологого матеріалу - $G = 15000$ кг / год;
- вологість матеріалу, % мас.,
початкова - 5;
кінцева - 0,3;
- температура матеріалу, ° С:
початкова - 20;
кінцева - 90;
- сушильний агент - топкові гази
Початкова температура- 700^0 ;
кінцева температура- 120^0 ;

2.4.1.1 Параметри топкових газів, що подаються в сушарку

Прийmemo, що в якості палива використовується природний сухий газ (як найбільш екологічно чисте паливо) наступного складу (в об'ємних %): 92,0% CH_4 ; 0,5% C_2H_6 ; 5,0% H_2 ; 1,0% CO ; 1,5% N_2 [4, с.163]

Теоретична кількість сухого повітря L_0 , що витрачається на спалювання 1 кг палива, дорівнює [4, X.1]:

$$L_0 = 138 \cdot (0,0179\text{CO} + 0,24\text{H}_2) + \sum \frac{m + \frac{n}{4}}{12 \cdot m + n} C_m H_n, \quad (2.3)$$

де склади топкових газів виражені в об'ємних частках. Підставляючи відповідні значення, отримаємо:

$$L_0 = 138 \cdot (0,0179 \cdot 0,01 + 0,248 \cdot 0,05 + \frac{1 + \frac{4}{12 \cdot 1 + 4}}{4} \cdot 0,92 + \frac{2 + \frac{6}{12 \cdot 2 + 6}}{4} \cdot 0,005) = 17,68 \text{ кг/кг.}$$

Для визначення теплоти згорання палива скористаємося характеристиками горіння простих газів [4, с.163]:

Таблиця 2.1 - Характеристика процесу горіння газів

Газ	Реакція	Тепловий ефект реакції, кДж / м ³
Водень	$\text{H}_2 + 0,5\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$	10810
Окис вуглецю	$\text{CO} + 0,5\text{O}_2 = \text{CO}_2$	12680
Метан	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	35741
Етан	$\text{C}_2\text{H}_6 + 3,5\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	63797

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

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

Густина газоподібного палива ρ_T [4]

$$\rho_T = \frac{\sum C_m H_n \cdot M_i}{V_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_T}, \quad (2.4)$$

де M_i – молярна маса палива, кмоль/кг; t_T – температура палива, $t_T = 18^\circ\text{C}$;

V_0 – молярний об'єм, $V_0 = 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$. Тоді

$$\rho_m = \frac{(0,92 \cdot 16 + 0,005 \cdot 30 + 0,05 \cdot 2 + 0,01 \cdot 28 + 0,015 \cdot 28) \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 18)} = 0,656 \text{ кг/м}^3.$$

Кількість тепла, що виділяється при спалюванні 1 кг палива

$$Q = \frac{Q_v}{\rho_T} \quad (2.5)$$

$$Q = \frac{33868}{0,656} = 51606 \text{ кДж/кг.}$$

Маса сухого газу, що подається в сушарку, в розрахунку на 1 кг палива, що спалюється, визначається загальним коефіцієнтом надлишку повітря α , необхідного для спалювання палива та розведення топкових газів до температури суміші $t_1 = 700^\circ\text{C}$. Значення коефіцієнта α [4]:

$$\alpha = \frac{Q \cdot \eta + c_T \cdot t_T + i_{c.g.} \cdot (1 - \sum \frac{9 \cdot n}{12 \cdot m + n} C_m H_n) - i_{п.} \cdot \sum \frac{9 \cdot n}{12 \cdot m + n} C_m H_n}{L_0 \cdot (i_{c.g.} + i_{п.} \cdot x_0 - I_0)}, \quad (2.6)$$

де η – ккд топки, $\eta = 0,95$; c_T – теплоємність газоподібного палива при температурі $t_T = 18^\circ\text{C}$, $c_T = 1,34$ кДж/кг·К; I_0 – ентальпія свіжого повітря, кДж/кг; $i_{c.g.}$ – ентальпія сухих газів, кДж/кг;

$$i_{c.g.} = c_{c.g.} \cdot t_{c.g.}; \quad (2.7)$$

$c_{c.g.}$ – теплоємність сухих газів, $c_{c.g.} = 1,05$ кДж/кг·к; $t_{c.g.}$ – температура сухих газів, $t_{c.g.} = 700^\circ\text{C}$; $x_0 = 0,0092$ кг/кг – вологовміст свіжого повітря при місцевих умовах: температурі 18°C і відносній вологості $\varphi_0 = 72\%$; $i_{п.}$ – ентальпія водяної пари, кДж / кг;

$$i_{п.} = r_0 + c_{п.} \cdot t_{п.}, \quad (2.8)$$

r_0 – теплота випаровування води при температурі 0°C , $r_0 = 2500$ кДж/кг; $c_{п.}$ – середня теплоємність водяної пари, $c_{п.} = 1,97$ кДж/кг·к; $t_{п.}$ – температура водяної пари,

$$t_{п.} = t_{c.g.} = t_1 = 700^\circ\text{C}.$$

Перерахуємо зміст компонентів палива, при згорянні яких утворюється вода, з об'ємних часток в масові:

$$CH_4 = \frac{0,92 \cdot 16 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,656 \cdot (273 + 18)} = 0,939;$$

$$C_2H_6 = \frac{0,005 \cdot 30 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,656 \cdot (273 + 18)} = 0,0096;$$

$$H_2 = \frac{0,05 \cdot 2 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,656 \cdot (273 + 18)} = 0,0064.$$

Кількість вологи, що виділилася при згоранні 1 кг палива дорівнює:

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

$$= 2,19 \text{ кг/кг.}$$

Коефіцієнт надлишку повітря

$$\alpha = \frac{51606 \cdot 0,95 + 1,34 \cdot 18 - 1,05 \cdot 700 \cdot (1 - 2,19) - (2500 + 1,97 \cdot 700) \cdot 2,19}{17,68 \cdot [1,05 \cdot 700 + (2500 + 1,97 \cdot 720) \cdot 0,0092 - 41,9]} = 2,98.$$

Загальна питома маса сухих газів, що отримується при спалюванні 1 кг палива і розведенні топкових газів повітрям до температури суміші $t_1 = 700^\circ\text{C}$, дорівнює:

$$G_{c.g} = 1 + \alpha \cdot L_0 - \sum \frac{9 \cdot n}{2 \cdot m + n} \cdot C_m H_n \quad (2.9)$$

$$G_{c.g} = 1 + 2,98 \cdot 7,68 - 2,19 = 51,49 \text{ кг/кг.}$$

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

$$G_n = \sum \frac{9 \cdot n}{12 \cdot m + n} \cdot C_m H_n + \alpha \cdot x_0 \cdot L_0 \quad (2.10)$$

$$G_n = 2,19 + 2,98 \cdot 0,0092 \cdot 7,68 = 2,67 \text{ кг/кг.}$$

Вологовміст газів на вході в сушарку

$$x_1 = \frac{G_n}{G_{c.g}} \quad (2.11)$$

$$x_1 = \frac{2,67}{51,49} = 0,052 \text{ кг/кг.}$$

Оскільки коефіцієнт надлишку повітря α великий, фізичні властивості газової суміші, яку використовують як сушильний агент, практично не відрізняються від фізичних властивостей повітря. Це дає можливість використовувати в розрахунках діаграму стану вологого повітря I - x.

За параметрами газової суміші на вході в сушарку ($x_1 = 0,052 \text{ кг/кг}$ і $t_1 = 700^\circ\text{C}$) визначаємо ентальпію суміші:

Тоді температура повітряної суміші на виході з сушарки по I - x діаграмі:

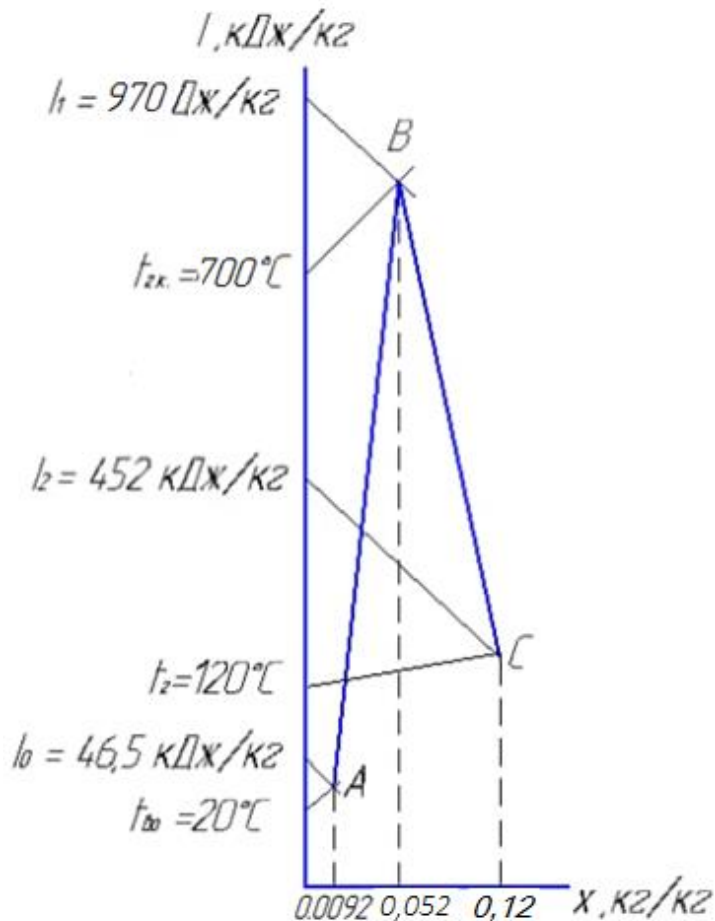


Рисунок 2.3 - Схема реального процесу сушіння

$t_2^{\text{с}} = 120^\circ\text{C}$; $I_1 = 970$ кДж/кг; $x_1 = 0,052$ кг/кг. $x_2 = 0,12$ кг/кг.

1.4.1.2 Параметри відпрацьованих газів. Матеріальний баланс. Витрата сушильного агента.

З рівняння матеріального балансу сушарки визначимо витрата вологи W , видаляється з матеріалу, що висушується:

$$W = G_H \frac{\omega_H - \omega_K}{100 - \omega_K} \quad (2,12)$$

$$W = 15000 * \frac{5 - 0,3}{100 - 0,3} = 707,1 \text{ кг/г или } 0,196 \text{ кг/с}$$

Кількість висушеного матеріалу

$$G_K = G_H - W \quad (2,13)$$

$$G_K = 15000 - 707,1 = 14292,9 \text{ кг/г или } 3,97 \text{ кг/с}$$

Витрата тепла:

тепло на випаровування вологи

$$Q_{исп} = W \cdot r \text{ кВт}, \quad (2.14)$$

$$Q_{исп} = 0,196 \times 2391 = 335 \text{ кВт},$$

де $r = 2391 \text{ кДж/кг}$ – питома теплота випаровування при середній температурі матеріалу

$$t_{cp} = \frac{t_{нм} + t_{км}}{2} = \frac{10 + 90}{2} = 55^\circ\text{C};$$

тепло на нагрівання вологи

$$Q_{нагр} = W \cdot c_{п} \cdot (t_2' - t_{нм}) \quad (2.15)$$

$$Q_{нагр} = 0,196 \times 1,89 \times (120 - 20) = 26,5 \text{ кВт},$$

де $c_{п} = 1,89 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$ – питома теплоємність пара;

тепло на нагрівання матеріалу

$$Q_{м} = G_{к} \times c_{м} \times (t_{км} - t_{нм}) \quad (2.16)$$

$$Q_{м} = 3,97 \times 0,712 \times (90 - 20) = 197,7 \text{ кВт},$$

де $c_{м} = 0,712 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$ – питома теплоємність матеріалу.

Загальна витрата тепла з урахуванням втрат

$$Q = 1,09 \times (Q_{исп} + Q_{нагр} + Q_{м}) = 1,09 \times (335 + 26,5 + 197,7) = 660,5 \text{ кВт}.$$

Питома витрата тепла

$$q = \frac{Q}{W} \quad (2.17)$$

$$q = \frac{660,5}{0,197} = 3353 \text{ кВт/кг}.$$

Витрата сушильних газів

$$L = \frac{Q}{c_{г} \cdot (t_1 - t_2)} \quad (2.18)$$

$$L = \frac{660,5}{1,05 \times (700 - 120)} = 0,93 \text{ кг/с}.$$

Питома витрата газів

$$\ell = \frac{L}{W} \quad (2.19)$$

$$1 = \frac{0,93}{0,196} = 4,75 \text{ кг/кг.}$$

2.4.2 Конструкційні розрахунки

Основні розміри барабана вибирають за нормативами і каталогам-довідників відповідно до обсягу сушильного простору. Обсяг сушильного простору V складається з обсягу V_n , необхідного для прогріву вологого матеріалу до температури, при яких починається інтенсивне випаровування вологи (до температури мокрого термометра сушильного агента), і обсягу V_c , необхідного для проведення процесу випаровування вологи, тобто:

$$V = V_c + V_n$$

Обсяг сушильного простору може бути обчислений за модифікованим рівнянням масопередачі:

$$V_c = \frac{W}{K_v \cdot \Delta x'_{cp}} \quad (2.20)$$

де $\Delta x'_{cp}$ – середня рушійна сила масопередачі, кг вологи /м³; K_v – об'ємний коефіцієнт масопередачі, 1/с.

При сушінні кристалічних матеріалів відбувається видалення поверхневої вологи, т. Е. Процес протікає в першому періоді сушіння, коли швидкість процесу визначається тільки зовнішнім дифузійним опором. При паралельному русі матеріалу і сушильного агента температура вологого матеріалу дорівнює температурі мокрого термометра. У цьому випадку коефіцієнт масопередачі чисельно рівний коефіцієнту масовіддачі $K_v = \beta_v$.

Для барабанної сушарки коефіцієнт масотдачі β_v може бути обчислений по емпіричному рівнянню:

$$\beta_v = 1,62 \cdot 10^{-2} \cdot (\omega \rho_{cp})^{0,9} \cdot n^{0,7} \cdot \beta^{0,54} \cdot \frac{P_0}{[c \rho_{ch} (P_0 - P)]} \quad (2.21)$$

де ρ_{cp} – середня щільність сушильного агента, кг / м³; c - теплоємність сушильного агента при середній температурі в барабані, що дорівнює 1 кДж / кгК; β - оптимальне заповнення барабана висушують матеріалом, %; P_0 - тиск, при якому здійснюється сушка, Па; p - середній парціальний тиск водяної пари в сушильному барабані, Па.

Дане рівняння справедливо для значень $\omega \rho_{cp} = 0,6-1,8$ кг/м²с, $n=1,5-5,0$ об/хв, $\beta=10-25$ %

Робоча швидкість сушильного агента в барабані залежить від дисперстності і щільності матеріалу, що висушується. Для вибору робочих швидкостей (ω , м/с) при сушінні монодисперсних матеріалів можна керуватися даними, наведеними в табл. 9.1. [1].

Для частинок насипною щільністю $\rho_m = 1000$ кг/м³ зазвичай приймають швидкість газів в барабані $\omega = 1$ м/с

Щільність сушильного агента при середній температурі в барабані:

$$t_{cp} = \frac{700 + 120}{2} = 410^\circ\text{C}$$

Практично відповідає щільності повітря при цій температурі:

$$\rho_{cp} = \frac{M}{v_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t}$$

$$\rho_{cp} = \frac{29}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 410} = 0,52 \text{ кг/м}^3$$

При цьому

$$\omega\rho_{\text{cp}} = 1 \cdot 0,52 = 0,52 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$$

що чи не порушує справедливості рівняння.

Частота обертання барабана зазвичай не перевищує 5-8 об / хв; приймаємо $n = 5$ об / хв.

Оптимальне заповнення барабанависушіваним матеріалом β для різних конструкцій перевалочних пристроїв по-різному. Для даної конструкції сушильного барабана $\beta = 12\%$.

Процес сушіння здійснюється при атмосферному тиску, т. Е. При $P_0 = 10^5$ Па. Парціальний тиск водяної пари в сушильному барабані визначимо як середньоарифметична величину між парціальними тисками на вході газу в сушарку і на виході з неї.

Парціальний тиск водяної пари в газі визначимо за рівнянням:

$$p = \left(\frac{x}{M_B} \right) \cdot \frac{P_0}{\frac{1}{M_{\text{с.в}}} + \frac{x}{M_B}} \quad (2.22)$$

Тоді на вході в сушарку

$$p_1 = \left(\frac{0,052}{18} \right) \cdot \frac{10^5}{\frac{1}{29} + \frac{0,052}{18}} = 2773,464 \text{ Па}$$

На виході з сушарки

$$p_2 = \left(\frac{0,258}{18} \right) \cdot \frac{10^5}{\frac{1}{29} + \frac{0,258}{18}} = 6759,907 \text{ Па}$$

Звідси:

$$p = (p_1 + p_2)/2$$
$$p = \frac{2773,464 + 6759,907}{2} = 4766,685 \text{ Па}$$

Таким чином, об'ємний коефіцієнт масоотдачі дорівнює:

$$\beta_v = 1,62 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{0,789^{0,9} \cdot 5^{0,7} \cdot 12^{0,54} \cdot 10^5}{1 \cdot 0,52 \cdot (10^5 - 4766,685)} = 0,203 \text{ с}^{-1}$$

Рушійну силу масопередачі $\Delta x'_{\text{cp}}$ визначимо за рівнянням:

$$\Delta x'_{\text{cp}} = \frac{\Delta x'_6 - \Delta x'_m}{\ln \frac{\Delta x'_6}{\Delta x'_m}} = \frac{\Delta P_{\text{cp}} \cdot M_B}{P_0 \cdot v_0 \cdot (T_0 + t_{\text{cp}}) / T_0} \quad (2.23)$$

де $\Delta x'_6 = x^* 1 - x'1$ - рушійна сила на початку процесу сушіння, кг / м²;
 $\Delta x'_m = x^* 2 - x'1$ - рушійна сила в кінці процесу сушіння, кг / м³; $x^* 1$, $x^* 2$ -
 рівноважний вміст вологи на вході в сушарку і на виході з неї, кг / м³.

Середня рушійна сила ΔP_{cp} , виражається через одиниці тиску (Па),
 дорівнює:

$$\Delta P_{\text{cp}} = \frac{\Delta P_6 - \Delta P_m}{\ln \frac{\Delta P_6}{\Delta P_m}} \quad (2.24)$$

Для прямооточного руху сушильного агента і висушується маємо: - рушійна
 сила на початку процесу сушіння, Па; - рушійна сила в кінці процесу сушіння,
 Па; , - давоєніє насичених парів над вологим матеріалом на початку і в кінці
 процесу сушіння, Па. $\Delta P_6 = p_1^* - p_1$ $\Delta P_m = p_2^* - p_2$

Значення і визначають по температурі мокрого термометра сушильного
 агента на початку (t_{m1}) і в кінці (t_{m2}) процесу сушіння. За діаграмою Іх знайдемо:
 $t_{m1} = 20^\circ \text{ C}$, $t_{m2} = 90^\circ \text{ C}$; при цьому, $p_1^* = 9581,604 \text{ Па}$, $p_2^* = 8197,95 \text{ Па}$.

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{cp}} &= \frac{(9581,604 - 2773,464) - (8197,95 - 6759,907)}{\ln ((9581,604 - 2773,464) / (8197,95 - 6759,907))} \\ &= 3453,804 \text{ Па} \end{aligned}$$

Висловимо рушійну силу в кг/м³ за рівнянням

$$\Delta x'_{\text{cp}} = \frac{3453,804 \cdot 18}{10^5 \cdot 22,4 \cdot (273 + 410) / 273} = 0,0179 \text{ кг/м}^3$$

Обсяг сушильного барабана знаходимо, необхідний для проведення процесу випаровування вологи, без урахування апарату, необхідного на прогрів вологого матеріалу, знаходимо за рівнянням

$$V_c = \frac{0,196}{0,203 \cdot 0,0179} = 53,9 \text{ м}^3$$

Обсяг сушарки, необхідний для прогріву вологого матеріалу, знаходять за модифікованим рівнянням теплопередачі:

$$V_{\Pi} = \frac{Q_{\Pi}}{K_v \cdot \Delta t_{cp}} \quad (2.25)$$

Q_{Π} - витрата тепла на прогрів матеріалу до температури t_{m1} , кВт; - об'ємний коефіцієнт теплопередачі, кВт / м³К; Δt_{cp} - середня різниця температур, град. K_v

Витрата тепла Q_{Π} дорівнює:

$$Q_{\Pi} = G_k c_m (t_{m1} - \theta_1) + W_b c_b (t_{cm1} - \theta_1) \quad (2.26)$$

$$Q_{\Pi} = 3,97 \cdot 0,712 \cdot (90 - 20) + 0,196 \cdot 4,185 \cdot (90 - 20) = 408,388 \text{ кВт}$$

Об'ємний коефіцієнт теплопередачі визначають по емпіричному рівнянню:

$$K_v = 16(\omega \rho_{cp})^{0,9} n^{0,7} \beta^{0,54} \quad (2.27)$$

$$K_v = 16 \cdot 0,52^{0,9} \cdot 5^{0,7} \cdot 12^{0,54} = 167,8277 \text{ Вт/м}^3\text{К} \text{ или } 0,168 \text{ кВт/м}^3\text{К}$$

Для обчислення Δt_{cp} необхідно знайти температуру сушильного агента t_x , до якої він охолоне, віддаючи тепло на нагрівання матеріалу, що висушується до t_{m1} . Цю температуру можна визначити з рівняння теплового балансу:

$$Q_{\Pi} = L_{c.r} (1 + x_1) c_r (t_1 - t_x) \quad (2.28)$$

$$408,3879 = 8,9(1 + 0,052)1,05(700 - t_x)$$

$$t_x = 628,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Середня різниця температур дорівнює:

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t_1 - \theta_1) + (t_x - t_{m1})}{2} \quad (2.29)$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{(700 - 20) + (628,6 - 90)}{2} = 656,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

Підставами отримане значення в рівняння:

$$V_{п} = \frac{408,388}{0,168 \cdot 656,8} = 6 \text{ м}^3$$

Загальний обсяг сушильного барабана:

$$V = 53,9 + 6 = 59,9 \text{ м}^3$$

При відсутності розрахункових залежностей для визначення коефіцієнтів масо-і теплопередачі обсяг сушильного барабана може бути орієнтовно визначено за допомогою об'ємного напруги по волозі A_v , кг / м³ч. При використанні величини A_v обсяг сушильного барабана сушильного барабана розраховують за рівнянням

$$V = \frac{3600W}{A_v} \quad (2.30)$$

де $A_v = 10$ кг / м³ч

$$V = \frac{707,1}{1} = 70,71 \text{ м}^3$$

Розбіжність з результатом, отриманим при використанні кінетичних закономірностей, з відмінностями параметрів сушильного агента, що істотно відбивається на рушійну силу сушки. Цей результат задовільно збігається з отриманим в прикладі.

У [1] наведені основні характеристики барабанних сушарок, що випускаються заводами «Уралхиммаш» і «Прогрес». По таблиці вибираємо барабанну сушилку №7208 з наступними характеристиками: об'єм $V = 86,2$ м³, діаметр $d = 2,8$ м, довжина $l = 14$ м.

Визначимо дійсну швидкість газів в барабані:

$$\omega_d = \frac{v_\Gamma}{0,785d^2} \quad (2.31)$$

Об'ємна витрата вологого сушильного агента на виході з барабана (в м³ / с) дорівнює:

$$v_{\Gamma} = L_{c,\Gamma} v_0 \frac{(T_0 + t_{cp})}{T_0} \left(\frac{1}{M_{c,\Gamma}} + \frac{x_{cp}}{M_B} \right) \quad (2.32)$$

де x_{cp} - середній вміст води в сушильній агенті, кг / кг сухого повітря. Підставивши отримаємо:

$$v_{\Gamma} = 4,75 \cdot 22,4 \cdot \frac{273 + 410}{273} \cdot \left(\frac{1}{29} + \frac{0,158}{18} \right) = 9,7 \text{ м}^3/\text{с}$$

тоді:

$$\omega_{\Delta} = \frac{9,7}{0,785 \cdot 2,8^2} = 1,55 \text{ м}^3/\text{с}$$

Визначимо середній час перебування матеріалу в сушарці:

$$\tau = \frac{G_M}{G_K + W/2} \quad (2.33)$$

Кількість що знаходиться в сушарці матеріалу (в кг) дорівнює:

$$G_M = V \beta \rho_M$$

$$G_M = 86,2 \cdot 0,12 \cdot 1000 = 10344 \text{ кг}$$

Звідси

$$\tau = \frac{10344}{3,97 + 0,196/2} = 2543 \text{ с}$$

Знаючи час перебування, розрахуємо кут нахилу барабана:

$$\alpha' = \left[\frac{30l}{dn\tau} + 0,007 \omega_{\Delta} \right] \left(\frac{180}{\pi} \right) \quad (2.34)$$

$$\alpha' = \left[30 \cdot \frac{14}{2,8 \cdot 5 \cdot 2543} + 0,007 \cdot 1,55 \right] \left(\frac{180}{3,14} \right) = 2,285^{\circ}$$

Далі необхідно перевірити допустиму швидкість газів, виходячи з умови, що частинки, що висушується найменшого діаметра не повинні нестися потоком

сушильного агента з барабана. Швидкість виносу, рівну швидкості вільного витання ос.в, визначають за рівнянням:

$$\omega_{\text{с.в.}} = \frac{\mu_{\text{ср}}}{d\rho_{\text{ср}}} \left(\frac{Ar}{18 + 0,575\sqrt{Ar}} \right) \quad (2.35)$$

де $\mu_{\text{ср}}$ і $\rho_{\text{ср}}$ - в'язкість і щільність сушильного агента ін середній температурі; d - найменший діаметр частинок матеріалу, м; Ar - критерій Архімеда; $\rho_{\text{ч}}$ - щільність частинок матеріалу, що висушується, рівна для хлориду калію 2000 кг / м³.

Середня щільність сушильного агента дорівнює:

$$\rho_{\text{ср}} = [M_{\text{с.в.}}(P_0 - p) + M_{\text{в.р}}] \frac{T}{v_0 P_0 (T + t_{\text{ср}})}$$

$$\rho_{\text{ср}} = [29 \cdot (10^5 - 4766,685) + 18 \cdot 4766,685] \cdot \frac{273}{22,4 \cdot 10^5 \cdot (273 + 410)} = 0,86 \text{ кг/м}^3$$

Критерій Архімеда:

$$Ar \approx d^3 \rho_{\text{ч}} \rho_{\text{ср}} g / \mu_{\text{ср}}^2$$

$$Ar = \frac{(1 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 2000 \cdot 0,789 \cdot 9,81}{(2,6 \cdot 10^{-5})^2} = 997,23$$

Тоді швидкість виносу:

$$\omega_{\text{с.в.}} = \frac{2,6 \cdot 10^{-5}}{0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,86} \left(\frac{997,23}{18 + 0,575(\sqrt{597,23})} \right)$$

$$\omega_{\text{с.в.}} = 2,875 \text{ м/с}$$

Робоча швидкість сушильного агента в сушарці менше, ніж швидкість виносу частинок меншого розміру, тому розрахунок основних розмірів сушильного барабана закінчуємо.

2.5 Розрахунок гідравлічного опору сушарки

Визначимо еквівалентний діаметр сушильного барабана. Довжина лопаті $l_0 = 380$ мм, кількість лопатей $z = 8$, отже, периметр поверхні, що контактує з сушильним агентом

$$\Pi = \pi \cdot D + 2 \cdot z \cdot l_0 \quad (2.36)$$

$$\Pi = 3,14 \cdot 2,8 + 2 \cdot 8 \cdot 0,28 = 13,27 \text{ м.}$$

Вільна площа перетину корпусу сушарки без урахування товщини лопатей

$$f = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (2.37)$$

$$f = \frac{3,14 \cdot 2,8^2}{4} = 6,1 \text{ м}^2.$$

Еквівалентний діаметр сушильного барабана

$$d_{\text{екв}} = \frac{4 \cdot f}{\Pi} \quad (2.38)$$

$$d_{\text{екв}} = \frac{4 \cdot 6,1}{13,27} = 1,83 \text{ м.}$$

Уточнимо швидкість руху сушильного агента по прийнятому діаметру барабана ($D = 2800$ мм):

$$\omega_{\Gamma} = \frac{4 \cdot L}{\pi \cdot \rho_B \cdot (1 - \beta) \cdot D^2} \quad (2.39)$$

$$\omega_{\Gamma} = \frac{4 \cdot 4,75}{3,14 \cdot 0,52 \cdot (1 - 0,2) \cdot 2,8^2} = 2,55 \text{ м / с.}$$

В'язкість сушильного агента при середній температурі $t_{\text{ср}} = 410^{\circ}\text{C}$ по табл. XIII [1]: $\mu = 0,0238 \cdot 10^{-3}$ Па.

Значення критерію Re для сушильного агента

$$Re = \frac{\omega_{\Gamma} \cdot d_{\text{екв}} \cdot \rho_B}{\mu_B} \quad (2.40)$$

$$Re = \frac{2,55 \cdot 1,83 \cdot 0,52}{0,0438 \cdot 10^{-3}} = 37136 > Re = 10000,$$

отже, режим руху турбулентний.

Коефіцієнт тертя

$$\lambda = \frac{0,316}{\text{Re}^{0,25}} \quad (2.41)$$

$$\lambda = \frac{0,316}{37136^{0,25}} = 0,0246$$

Втрата тиску на довжині сушильного барабана

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{L}{d_{\text{экв}}} \cdot \frac{\omega_{\Gamma}^2 \cdot \rho}{2} \quad (2.42)$$

$$\Delta p = 0,0246 \cdot \frac{4,75}{1,83} \cdot \frac{2,55^2 \cdot 0,52}{2} = 122 \text{ Па.}$$

За досвідченими даними опір барабанної сушарки $\Delta p = 100 \dots 200$ Па при швидкості повітря $\omega_{\Gamma} = 2,55$ м / с і коефіцієнті заповнення $\beta = 0,2$. В даному випадку також враховується гідравлічний опір пересипаного з лопатей матеріалу.

2.6 Вибір допоміжного обладнання

У сушильному барабані відбувається часткове стирання матеріалу. Найбільш дрібні частинки виносяться з барабана потоком газу. Для уловлювання таких часток використовують циклони. Найчастіше для цієї мети використовуються циклони НИИОГАЗ. Циклони НИИОГАЗ є найбільш поширеними апаратами для пиловловлювання і працюють в системах газоочистки, що знаходяться під атмосферним і близьким до нього тиском.

Об'ємний витрата вологих газів на вході і виході з барабана:

$$V_{\text{вх}} = \frac{L \cdot (1 + x_1)}{\rho_1},$$

де $\rho_1 = 0,345$ кг/м³ - щільність димових газів на вході при $t = 700$ °С;

$$V_{\text{вх}} = \frac{2 \cdot (1 + 0,052)}{0,345} = 6,05 \text{ м}^3 / \text{с} \text{ або } 21787,83 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

$$V_{\text{вих}} = \frac{L \cdot (1 + x_2)}{\rho_2},$$

де $\rho_2 = 0,859 \text{ кг / м}^3$ - щільність димових газів на виході ($t_2 = 120 \text{ }^\circ\text{C}$) з сушарки.

$$V_{\text{вих}} = \frac{2 \cdot (1 + 0,12)}{0,859} = 2,61 \text{ м}^3 / \text{с} \text{ або } 9387 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Примітка: розрахунок ρ_1 і ρ_2 проводився за формулою $\rho = 1,293 \cdot \frac{T}{T + t}$, Придатної для повітря, через що вийшов дещо завищений витрата газів через барабан, так як щільність димових газів більше щільності повітря через підвищеного вмісту CO_2 .

Нехай кількість циклонів для очищення газу дорівнюватиме 4. Тоді витрата пилогазової суміші, що припадає на один циклон, буде дорівнює:

$$\frac{9387}{4} = 2347,9 \text{ м}^3 / \text{г.}$$

Прийmemo циклон ЦН -24.

Вентилятор вибирається по максимально можливого витраті газу, необхідного для сушіння матеріалу.

Максимальне навантаження по газу $V_{\text{вих}} = 9,7 \text{ м}^3 / \text{с}$. Нехай швидкість газу, що надходить в вентилятор дорівнює 10 м/с . Розрахуємо внутрішній діаметр трубопроводу:

$$d = \sqrt{4 \cdot V / \pi \cdot \omega}; \quad (2.41)$$

$$d = \sqrt{4 \cdot 9,7 / 3,14 \cdot 10} = 1,1 \text{ м.}$$

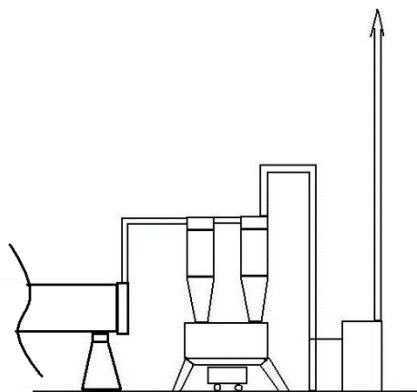


Рисунок 2.4 - Схема трубопроводу до розрахунку вентилятора.

Для вибору вентилятора необхідно розрахувати гідравлічне опір системи сушарка - циклон - вентилятор $\Delta P_{\text{об}}$ (Рисунок 5.1):

$$\Delta P_{\text{об}} = \Delta P_{\text{суш}} + \Delta P_{\text{ц}} + \Delta P_{\text{м.с.}} + \Delta P_{\text{пр}}, \quad (2.43)$$

де $\Delta P_{\text{суш}} = 100$ Па (приймаємо);

$\Delta P_{\text{ц}} = 757$ Па - опір циклону;

$\Delta P_{\text{м.с.}}$ - сума гідравлічних втрат на місцевих опорах, Па;

$\Delta P_{\text{пр}}$ - опір прямих ділянок.

Опір прямих ділянок:

$$\Delta P_{\text{пр}} = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho_{\text{г}} \cdot \omega^2}{2}, \quad (2.44)$$

де λ - коефіцієнт тертя, що залежить від числа Рейнольдса і шорсткості e ;

L - довжина прямих ділянок, м.

$$\text{Re} = \omega \cdot d \cdot \rho / \mu, \quad (2.45)$$

де ρ - щільність, кг / м³;

μ - в'язкість, Па · с, пилогазового потоку беруться при кінцевій температурі сушіння 120 ° С.

$$\rho = 0,759 \text{ кг / м}^3;$$

$$\mu = 0,03 \text{ МПа} \cdot \text{с};$$

$$\text{Re} = 9 \cdot 1,1 \cdot 0,759 / 0,03 \cdot 10^{-3} = 164928.$$

Прийmemo $e = 0,8$ мм (труби суцільнотягнені сталеві, які зазнали значної корозії) [15]. знайdemo відносну шорсткість стінки трубопроводу:

$$\varepsilon = E / d = 0,8 \cdot 10^{-3} / 1,1 = 1,25 \cdot 10^{-3};$$

$$1 / e = 1250; 10 \cdot 1 / e = 12500; 560 \cdot 1 / e = 700000;$$

$$12500 < \text{Re} = 164928 < 700000.$$

тоді розрахунок λ слід проводити для зони змішаного тертя по формулі:

$$\lambda = 0,11 \cdot (E + 68 / \text{Re})^{0,25}; \quad (2.46)$$

$$\lambda = 0,11 \cdot (0,8 \cdot 10^{-3} + 68 / 164928)^{0,25} = 0,021.$$

Прийmemo довжину прямих ділянок рівної $L = 20$ м. Опір прямих ділянок одно:

$$\Delta P_{\text{пр}} = 0,021 \cdot \frac{20}{0,64} \cdot \frac{0,859 \cdot 9^2}{2} = 22,8 \text{ Па.}$$

Сума гідравлічних втрат на місцевих опорах:

$$\Delta P_{\text{м.с.}} = \sum \xi \cdot \rho_{\text{г}} \cdot \omega^2 / 2, \quad (2.47)$$

де $\sum \xi$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів, визначається по технологічній схемі.

$$\sum \xi = \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{вых}} + 3 \cdot \xi_{\text{пов}}, \quad (2.48)$$

де $\xi_{\text{вх}}, \xi_{\text{вых}}, \xi_{\text{пов}}$ – коефіцієнти мастного опорів для входу в трубу, виходу з труби і поворотів відповідно. $\xi_{\text{âô}} = 0,2$; $\xi_{\text{âô}} = 1$; $\xi_{\text{îâ}} = 1,1$ [15].

$$\sum \xi = 0,2 + 1 + 3 \cdot 1,1 = 4,7;$$

$$\Delta P_{\text{м.с.}} = 4,7 \cdot 0,789 \cdot 10^2 / 2 = 163,51 \text{ Па.}$$

Підставивши отримані значення в формулу (5.4) визначимо $\Delta P_{\text{об}}$:

$$\Delta P_{\text{â}} = 100 + 808 + 163,51 + 22,8 = 1094,31 \text{ Па.}$$

Так як характеристики вентиляторів складені для стандартних умов повітря, тобто для $t = 20^\circ \text{C}$ і $P = 760 \text{ мм. рт. ст.}$, то необхідно гідравлічний опір перерахувати на стандартні умови:

$$\Delta P_{\text{ст}} = \Delta P \cdot \rho_{\text{ст}} / \rho, \quad (2.49)$$

де $\rho_{\text{но}} = 1,20 \text{ кг / м}^3$ - щільність повітря при стандартних умовах.

$$\Delta P_{\text{ст}} = 1094,31 \cdot 1,2 / 0,859 = 1528,72 \text{ Па.}$$

По витраті газу $V = 2,817 \text{ м}^3 / \text{С}$ і $\Delta P_{\text{ст}} = 1528,72 \text{ Па}$ вибираємо по [22] газодувки ТБ-350-1,06 з продуктивністю $10,86 \text{ м}^3 / \text{С}$, і з максимально можливим опором 6000 Па.

3. Розрахунки на міцність та жорсткість апарата[23]

3.1 Вибір матеріалів об'єкта розробки

Для корпусу сушарки, всіх внутрішніх пристроїв застосовується конструкційна низьколегована сталь 16ГС ГОСТ 19282-73.

Сталь 16ГС - конструкційна низьколегована для зварних конструкцій. Характеризується підвищеною міцністю і ударною в'язкістю в інтервалі температур від мінус 40 0С до + 475 0С. Порігхладноломкості стали лежить нижче мінус 40 0С. Сталь добре деформується і обробляється різанням. Сталь добре зварюється усіма видами зварювання. Нестійка в багатьох агресивних середовищах.

З неї виготовляють: обичайки, днища, плоскі фланці корпусів апаратів, штуцери і трубопроводи, трубні решітки теплообмінних апаратів і інші деталі апаратів відповідального призначення.

Наведемо, у вигляді таблиць, механічні властивості листової сталі і її хімічний склад.

Таблиця 3.1 - Хімічний склад, в процентах (ГОСТ 19282-73)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	N	As
			не более						
0,12-0,18	0,44-0,7	0,9-1,2	0,3	0,3	0,3	0,035	0,04	0,008	0,008

Таблиця 3.2 - Механічні властивості

Марка сталі	Товщина листа, мм	σ_B	σ_T	$\delta_5, \%$	$a_n, \text{МДж/м}^2$
		МПа			
		не меньше			
16ГС	4 – 40	500	330	22	0,6

3.2 Розрахунки апарату на міцність і герметичність

3.2.1 Визначення товщини стінки апарату

Вихідні дані:

внутрішній діаметр $D = 2800$ мм;

середня температура середовища в апараті $t = 410$ °С;

матеріал апарату - листовий прокат зі сталі 16ГС;

швидкість корозії $\Pi = 0,01$ мм / рік;

термін експлуатації $\tau = 10$ років.

Допустима напруга:

в робочому стані

При розрахунку сушильного барабана необхідно визначити товщину стінки і прогин барабана. Барабан розглядається як балка, вільно лежить на двох опорах. Вага барабана, насадки, бандажів, що завантажується і ізоляції являє собою рівномірно розподілене навантаження на довжині барабана, вага венцової шестерні - зосереджену силу.

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

$$\delta = (0,007 \dots 0,011) \cdot D_{\sigma} \quad (3.1)$$

$$\delta = (0,007 \dots 0,011) \cdot 2,8 = 0,02 \dots 0,031 \text{ м,}$$

приймаємо $\delta = 0,02$ м = 20 мм.

Маса матеріалу в сушильній барабані

$$G_m = 0,785 \cdot D^2 \cdot L_{\sigma} \cdot \beta \cdot \rho \quad (3.2)$$

$$G_m = 0,785 \cdot 2,8^2 \cdot 12 \cdot 0,15 \cdot 2000 = 12850 \text{ кг.}$$

маса барабана

$$G_{\text{бар}} = \pi \cdot D^2 \cdot \delta \cdot \rho \cdot L_{\sigma} \quad (3.3)$$

$$G_{\text{бар}} = 3,14 \cdot 2,8^2 \cdot 0,02 \cdot 7800 \cdot 12 = 75920 \text{ кг.}$$

маса ізоляції

$$G_{iz} = \pi \cdot D \cdot \delta_{iz} \cdot \rho_{iz} \cdot L_{\sigma} \quad (3.4)$$

де $\delta_3 = 0,1$ м - товщина ізоляції, яка приймається в межах $\delta_3 = 0,1 \dots 0,2$ м;
 $\rho_3 = 250$ кг / м³ - щільність ізоляції

$$G_{из} = 3,14 \cdot (2,8 + 2 \cdot 0,02) \cdot 0,1 \cdot 250 \cdot 12 = 1914 \text{ кг}$$

сумарне навантаження

$$p = (G_m + G_{из} + G_{бар}) \cdot g \quad (3.5)$$

$$p = (12850 + 1914 + 70920) \cdot 9,81 = 564 \cdot 10^3 \text{ Н} = 0,564 \text{ МН.}$$

Питома навантаження на довжині барабана

$$q = \frac{p}{L} \quad (3.6)$$

$$q = \frac{0,564}{12} = 47 \cdot 10^{-3} \text{ МН / м.}$$

Відстань між опорами

$$l_o = 0,586 \cdot L_6 = 0,586 \cdot 12 = 7,03 \text{ м.}$$

Згинальний момент від рівномірно розподіленого навантаження

$$M_1 = \frac{q \cdot l_o^2}{8} \quad (3.7)$$

$$M_1 = \frac{47 \cdot 10^{-3} \cdot 7,03^2}{8} = 0,085 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Для діаметра барабана $D = 2,8$ м вага венцової шестерні:

$$p_{венц} = 13000 \text{ Н.}$$

Згинальний момент від зосередженого навантаження венцової шестерні.

$$M_2 = \frac{p_{венц} \cdot l_o}{4} \quad (3.8)$$

$$M_2 = \frac{13000 \cdot 7,03}{4} = 23 \cdot 10^3 \text{ МН} \cdot \text{м} = 0,023 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Сумарний вигинаючий момент

$$M_{и} = M_1 + M_2 \quad (3.9)$$

$$M_{и} = 0,85 + 0,023 = 0,108 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Крутний момент на барабані

$$M_{кр} = \frac{N}{2 \cdot \pi \cdot n} \cdot 10^{-3} \quad (3.10)$$

$$M_{кр} = \frac{24 \cdot 10^{-3} \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,2} = 0,072 \text{ МН}\cdot\text{м.}$$

Розрахунковий (наведений) момент

$$M_p = 0,35 \cdot M_{и} + 0,65 \cdot \sqrt{M_{и}^2 + M_{кр}^2} \quad (3.11)$$

$$M_p = 0,35 \cdot 0,108 + 0,65 \cdot \sqrt{0,108^2 + 0,072^2} = 0,122 \text{ МН}\cdot\text{м}$$

Момент опору перетину кільцевої стінки барабана

$$W = 0,785 \cdot D^2 \cdot \delta \quad (3.12)$$

$$W = 0,785 \cdot 2,8^2 \cdot 0,02 = 0,123 \text{ м}^3.$$

Напруга в стінці барабан

$$\sigma_u = \frac{M_p}{W} \quad (3.13)$$

$$\sigma_u = \frac{0,122}{0,123} = 0,99 \text{ МН} / \text{м}^2,$$

що знаходиться в допустимих межах: $[\sigma_u] = 5 \div 10 \text{ МН} / \text{м}^2$.

Кільцевій момент інерції стінки барабана

$$I = \frac{\pi \cdot D_{ср}^3}{8} \cdot \delta = \frac{\pi}{8} (D + \delta)^3 \cdot \delta \quad (3.14)$$

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

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

Прогин барабана від рівномірно розподіленого навантаження

$$f_1 = \frac{5 \cdot q \cdot l_o^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad (3.15)$$

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

Прогин під дією сили ваги венцової шестерні

$$f_2 = \frac{p_{венц} \cdot l_o^3}{48 \cdot E \cdot I} \quad (3.16)$$

$$f_2 = \frac{13000 \cdot 10^{-6} \cdot 7,03^3}{48 \cdot 1,9 \cdot 10^5 \cdot 0,1515} = 0,1 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Загальний прогин

$$f = f_1 + f_2 \quad (3.17)$$

$$f = (0,45 + 0,1) \cdot 10^{-4} = 0,55 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Допустимий прогин

$$[f] = 0,0003 \cdot l_0 = 0,0003 \cdot 7,03 = 21,1 \cdot 10^{-4} \text{ м,}$$

тобто умова жорсткості барабана виконується.

3.2.2 Визначення товщини опорного бандажа сушарки

Бандажі служать для передачі тиску від ваги барабана і завантаженого в нього матеріалу на опорні ролики. Бандажі представляють собою кільця прямокульно або коробчатого перетину. Для барабанів з $D > 1,0$ мнайчастіше застосовують вільне кріплення бандажів, які надягають на чавунні або сталеві черевики. Башмаки повернені напологливими головками в різні боки для попередження осьового зсуву бандажа.

Реакцію опорного ролика визначаємо за формулою

$$R_p = \frac{(p + p_{\text{вещц}}) \cdot \cos \alpha}{2 \cdot z \cdot \cos \frac{\varphi}{2}} \quad (3.18)$$

$$R_p = \frac{(0,164 + 0,013) \cdot \cos 3^\circ 42'}{2 \cdot 2 \cdot \cos 15^\circ} = 0,046 \text{ МН,}$$

де $\alpha = 3^\circ 42'$ - кут нахилу барабана; $\varphi = 60^\circ$ - кут між опорними роликами; z - число бандажів.

Діаметр опорного ролика

$$d_p = \frac{D}{3 \dots 4} = \frac{2800}{3 \dots 4} = 933 \dots 700 \text{ мм,}$$

приймаємо $d_p = 700$ мм.

Приймаємо число черевиків (парне число): $n_b = 8$.

Матеріал черевика і роликів - Сталь 45 Л, Модуль пружності якої $E_1 = E_2 = 2 \cdot 10^5$ МПа, допустиме напруження на вигин $[\sigma_i] = 50$ МПа, допустиме контактне напруження $[\sigma_{до}] = 500$ МПа [23].

Кут між черевиками

$$j = \frac{2 \cdot \pi}{n_6} \quad (3.19)$$

$$j = \frac{2 \cdot 3,14}{8} = 45^\circ.$$

Число черевиків в одному квадраті

$$n_{61} = \frac{n_6 - 2}{4} \quad (3.20)$$

$$n_{61} = \frac{8 - 2}{4} = 1,5,$$

приймаємо $n_{61} = 2$.

Сила, що діє на найнижчий черевик

$$Q_0 = \frac{4 \cdot R_{0п}}{n_6} \quad (3.21)$$

$$Q_0 = \frac{4 \cdot 46}{8} = 23 \text{ кН.}$$

Сили, що діють на черевики за формулою 3.149 [23]

$$Q_1 = Q_0 \cdot \cos j = 23 \cdot \cos 45^\circ = 16,3 \text{ кН;}$$

$$Q_2 = Q_0 \cdot \cos 2j = 23 \cdot \cos 90^\circ = 0 \text{ кН;}$$

Розрахункові кути для визначення пар сил

$$Q_0; \Theta_0 = 180^\circ; \sin 180^\circ = 0; \cos 180^\circ = -1;$$

$$Q_1; \Theta_1 = 135^\circ; \sin 135^\circ = 0,7; \cos 135^\circ = -0,7;$$

$$Q_2; \Theta_2 = 90^\circ; \sin 90^\circ = 1; \cos 90^\circ = 0;$$

$$\beta = 150^\circ; \text{tg} 150^\circ = -0,57; \cos 150^\circ = -0,866.$$

Середній радіус барабана при

$$D_{\text{ср.б}} = 1,2 \cdot D_{\text{н}} \quad (3.22)$$

$$D_{\text{ср.б}} = 1,2 \cdot (2,8 + 2 \cdot 0,02) = 3,4 \text{ м} = 3400 \text{ мм;}$$

$$R_{\text{ср}} = \frac{D_{\text{ср.б}}}{2} \quad (3.23)$$

$$R_{\text{ср}} = \frac{3400}{2} = 1700 \text{ мм} = 1,7 \text{ м.}$$

Згинальний момент в місцях докладання зусиль по формулі 3.154 [4]

$$M_{o0} = -\frac{Q_0 \cdot R_{cp}}{2 \cdot \pi} \cdot \left(1 + \frac{1}{\cos \beta} - (\pi - \beta) \cdot \operatorname{tg} \beta\right) \quad (3.24)$$

$$M_{o0} = -\frac{23 \cdot 1,7}{2 \cdot 3,14} \cdot \left(1 + \frac{1}{\cos 150^\circ} - (3,14 - 2,61) \cdot \operatorname{tg} 150^\circ\right) = -0,65 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{o1} = -\frac{Q_1 \cdot R_{cp}}{\pi} \cdot \left(1 - \frac{\cos \Theta_1}{\cos \beta} - (\pi - \Theta_1) \cdot \sin \Theta_1 + (\pi - \beta) \cdot \cos \Theta_1\right) \quad (3.26)$$

$$M_{o1} = -\frac{16,3 \cdot 1,7}{3,14} \cdot \left(1 - \frac{\cos 135^\circ}{\cos 150^\circ} - (3,14 - 2,355) \cdot \sin 135^\circ + (3,14 - 2,61) \cdot \cos 135^\circ \cdot \operatorname{tg} 150^\circ\right) = 0,91 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

Сумарний вигинає момент в ключовому перетині

$$M_o = M_{o0} + M_{o1} = -0,65 + 0,91 = 0,26 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Ширина бандажа за формулою 3.163 [10] при $D_{н.б} > D_{ср.б}$ ($D_{н.б} = 2,9 \text{ м}$)

$$b = 0,59^2 \cdot \frac{R_p \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot 2 \cdot (D_{н.б} + d_p)}{[\sigma_k]^2 \cdot (E_1 + E_2) \cdot D_{н.б} \cdot d_p} \quad (3.25)$$

$$b = 0,59^2 \cdot \frac{0,046 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot (2,8 + 0,55)}{500^2 \cdot (2 \cdot 10^5 + 2 \cdot 10^5) \cdot 2,8 \cdot 0,55} = 0,137 \text{ м} = 137 \text{ мм},$$

приймаємо $b = 140 \text{ мм}$.

Висота перерізу бандажа

$$h_b = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{\max}}{b \cdot [\sigma_n]}} \quad (3.26)$$

$$h_b = \sqrt{\frac{6 \cdot 0,26 \cdot 10^3}{0,04 \cdot 50 \cdot 10^6}} = 0,149 \text{ м} = 149 \text{ мм},$$

приймаємо $h_b = 150 \text{ мм}$.

4. Будівельно-монтажна частина [30]

4.1 Ремонт апарату

Барабанна сушарка дуже металомісткий, тому при ремонті виконується великий обсяг монтажних робіт із застосуванням підйомно-транспортного обладнання, риштувань та помосту. Частина вузлів гранулятора-сушарки не може бути замінена за допомогою існуючих самохідних монтажних кранів через недостатню їх вантажопідйомності і довжини стріли кранів. Це призводить до необхідності застосування при ремонтах барабанних грануляторів-сушарок різних такелажні пристрої, щогл, порталів і т. Д. У той же час застосування кранів замість щогл і порталів дозволяє підвищити продуктивність праці в 3-4 рази при одночасному значному скороченні термінів ремонту.

Для визначення дійсного стану агрегату необхідно проводити заміри експлуатаційних параметрів вузлів і деталей барабанної сушарки в її гарячому стані, що пов'язане з рядом труднощів. Ретельне обстеження всіх вузлів і деталей барабанного гранулятора-сушарки перед зупинкою її на ремонт дозволяє визначити експлуатаційний стан агрегатів, яке служить основою для складання відомості дефектів.

Зовнішній огляд корпусу гранулятора дозволяє визначити місця прогарів, корозії, великі деформації обичайок (вм'ятини, випучини), тріщини, порушення зварних і клепаних швів і т. д. Викривлення корпусу сушарки визначаються за допомогою штіхмасса, профілографа і геодезичним безконтактним методом. Останній спосіб найбільш прийнятний для визначення максимальних викривлень корпусу барабанного гранулятора-сушарки. На працюючої сушарки проводиться вимір биття гарячого і холодного кінців і визначається експлуатаційний стан ущільнень.

Нормальним експлуатаційним станом опорного вузла є робота його при температурі підшипників, що не перевищує 70°C , при відсутності задирок на шийках і поверхні кочення опорного ролика, а також витоку масла з підшипників. Правильне положення опорного ролика щодо осі печі

контролюється по притисненню наполегливої бурту з нижньої сторони ролика до наполегливої кільцю підшипника без зайвого тертя. При цьому зазор між наполегливим бурти верхньої шийки ролика і затягим кільцем не повинен перевищувати 10-12 мм.

Результати комплексного обстеження барабанної сушарки зводяться в єдину схему, на підставі якої складається відомість дефектів | агрегату. Аналогічно визначаються дефекти допоміжного обладнання.

Для скорочення тривалості простою барабанної сушарки на ремонті, підвищення якості та зниження вартості ремонту основні роботи виконують за проектом організації ремонтних робіт (ПОР), який включає: ескіз барабанної сушарки, перелік ремонтних операцій і їх зміст, технічні умови на виконання ремонтних операцій, визначення перевіркової бази і методи перевірки, перелік матеріальних ресурсів, допоміжних інструментів і пристосувань, допуски відхилень розмірів від розрахункових або зазначених у кресленнях.

При виконанні ремонту барабанної сушарки обов'язкове застосування вузлового методу виробництва робіт. Цей метод передбачає заміну всіх зношених вузлів заздалегідь підготовленими новими або відремонтованими. Вузловий метод вимагає чіткого проведення організаційних заходів та підготовчих робіт, які включають складання номенклатури взаємозамінних вузлів і комплектів деталей за видами обладнання, а також перевірку придатності підготовлених до заміни вузлів і деталей.

При підготовці до ремонту проводяться такі роботи:

- 1) готуються під'їзні шляхи і засоби доставки вузлів;
- 2) встановлюються вантажопідійомні і підтримують пристрої;
- 3) виконується укрупнена збірка вузлів. Підготовчі роботи дозволяють зменшити тривалість капітального ремонту і провести його протягом 18-28 діб.

Перед здачею в ремонт з барабанного гранулятора-сушарки необхідно видалити клінкер і футеровку, ретельно очистити всі підлягають ремонту і розбирання вузли. Під час ревізії агрегатів перевіряється стан деталей і вузлів для уточнення відомості дефектів.

Найбільш часто ремонтowanими вузлами барабанної сушарки є корпус, роликoопори, бандажі, венцових пара, привід барабанної сушарки, що транспортують і живлять механізми, вентилятори і димососи, теплообмінні пристрої, холодильники, маслосистеми, системи водяного охолодження, аспіраційні пристрої, корпус. Майже кожна зупинка барабанної сушарки на капітальний ремонт супроводжується заміною дефектних ділянок корпусу, яка зазвичай проводиться шляхом установки нових обичайок довжиною від 1 до 20-30м, причому найбільш часто замінюються ділянки по 3-4м. При цьому потрібна установка підпор під консолі корпусу для запобігання можливого викривлення осі барабанного гранулятора-сушарки в місці установки нових обичайок. Стиковка їх зі старим корпусом - вельми трудомістка операція, а застосування існуючих методів перевірки стикувань (наприклад, за допомогою струн) нерідко призводить до великих неточностей.

Більш точні результати дає оптичний спосіб перевірки положення осі обертання барабанної сушарки сутність якого полягає в наступному. Всередині барабанної сушарки на певному прольоті встановлюються дві стійки. На стійці 1 кріпиться оптична система, на стійці 3 - мішень. Центри оптичної системи і мішені встановлюються по осі обертання барабанної сушарки. Цю вісь приймають за базу інструментальної вивірки. Установкою на різних ділянках корпусу барабанної сушарки стійки 2 з відліковими мішенями визначається викривлення корпусу гранулятора-сушарки. Цей спосіб має наступні недоліки: 1) необхідність додаткового освітлення всередині печі; 2) необхідність припинення ремонтних робіт під час інструментальної вивірки; 3) недосконалість оптичної системи, яка не дозволяє проводити вивірку по всій довжині барабанної сушарки. Найбільш перспективною слід вважати перевірку стикування обичайок за допомогою лазерного променя. Для прискорення монтажних робіт і усунення повторної перевірки центри обертання знову встановлюваних обичайок наносяться шляхом свердління отворів діаметром 8 мм в хрестовинах, що оберігають ці обичайки від деформацій. Центрування вважається закінченою після проходження світлового променя крізь

центральный отвір. Стиковка обичайок, разгонка і підготовка стиків під зварювання є найбільш трудомісткою і часто зустрічається операцією при капітальних і середніх ремонтів обертових печей. Підготовка обичайок проводиться наступним чином. Корпус охолодженої печі розмічається для заміни деформованих блоків. У період зняття футерування на корпус наносяться контрольні ризики. За всіма місцями розмітки натягуються троси 1 діаметром 6мм, концентрично оперізують корпус гранулятора-сушарки. Ці троси є напрямними стежать роликів 2 пристрої 3 для різання за копіром. Одночасно по всіх місцях розмітки робиться підготовчий рез корпусу на $\frac{1}{3}$ периметра. Різка ведеться під кутом, необхідним для оброблення крайок. Після виконання підготовчого різку гранулятора-сушарки повертається на 180° , і проводиться її демонтаж і монтаж нових блоків в установленому порядку.

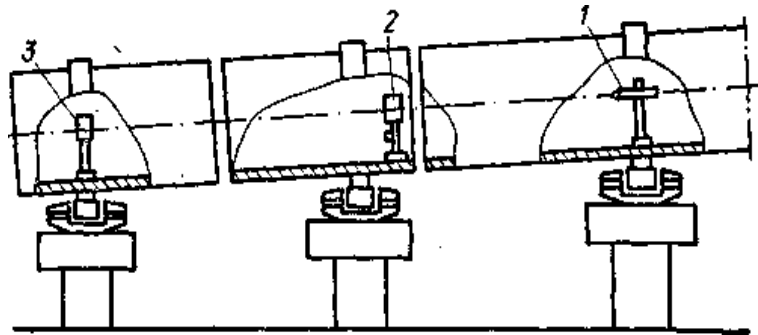


Рисунок 4.1-Перевірка правильності стиковки обичайок за допомогою світлового променя:

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

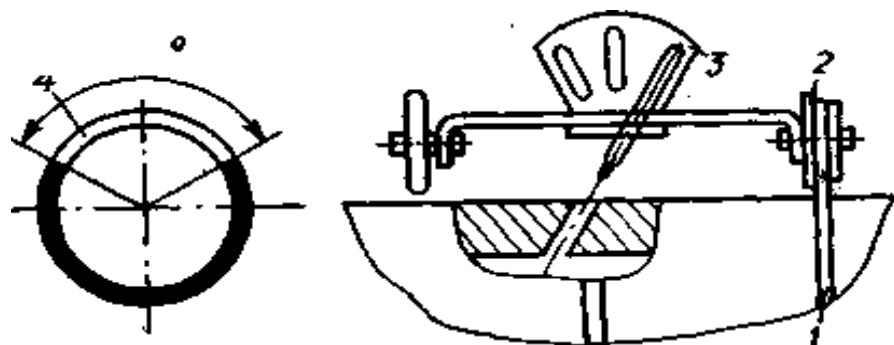


Рисунок 4.2 - Різка кромки стику по копіру:

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

Бандажі замінюються в тому випадку, якщо знос їх поверхонь кочення перевищує 50% при коробчатому і 20% при суцільному перетині. Наскрізні тріщини, конусність до 50 мм, швидко прогресуючий гуркіт бандажів також є причинами їх заміни.

Невелика конусність і накати на поверхні кочення усуваються шляхом проточки бандажів за допомогою супорта, що встановлюється на рамі.

Доцільно замінювати бандаж в зборі з підбандажної обечайкою і підбандажної прокладками.

Бандаж, надітий на обечайку, розклинюється чотирма черевиками однакової товщини, встановленими в діаметрально протилежних напрямках. Всі залишилися черевики щільно забиваються (тепловий зазор утворюється після обкатки гранулятора-сушарки в результаті розвальцьовування черевиків і регулювальних прокладок). Упори, що оберігають бандаж від осьового зсуву, приварюються до гранулятора-сушарки; після монтажу і перевірки осьового биття, який мав би перевищувати 3 мм.

Привід є найбільш відповідальним вузлом барабанної сушарки. Від надійної його роботи залежить нормальна експлуатація всього агрегату. Відповідно до кінематичної схемою приводу гранулятора-сушарки, що включає електродвигун, редуктор, універсальний шпиндель і венцову пару, найменш надійним в експлуатації і найбільш часто ремонтованих вузлом є венцових пара.

Зубчастий вінець, подвенцовая шестерня і деякі інші деталі виготовляються зі сталі 45Л. Експлуатація зубчастого вінця забороняється, якщо знос зубів перевищує 30%. Заміну його при наявності відповідних вантажопідйомних засобів найбільш доцільно проводити в зборі з подвенцовой обечайкою.

4.2 Монтаж апарату

Перед монтажем апарат необхідно ретельно очистити від антикорозійного покриття. Барабанна сушарка встановлюється на бетонний фундамент. Глибина залягання фундаменту залежить від якості ґрунту, але не повинен менш ніж 436

мм. Монтаж слід проводити по рамної рівню. Необхідна точність установки гранулятора-сушарки в обох напрямках 0.5 / 1000.

Після вивірки машини фундаментні болти заливаються бетоном. Після затвердіння бетону слід затягнути гайки фундаментних болтів, перевіряючи стан барабанної сушарки за рівнем. Затягування гайок повинно здійснюватися рівномірно і плавно. За тим під раму барабана подливається цементний розчин і ведеться остаточна обробка фундаменту.

При обробці фундаменту необхідно передбачити ятати труб для підведення електроживлення до автоматичного вимикача і від автоматичного вимикача до барабану.

Місце установки автоматичного вимикача вибирається з урахуванням, щоб він не заважав при роботі і ремонті. Заземляють машину до загальної системи заземлення. Перевіряють електрообладнання машини.

Перевіряють правильність зачеплення зубчастої пари. Після підключення машини до електромережі перевіряють правильність обертання барабана відповідно для забезпечення повернення матеріалу в барабан.

5.1 Аналіз стану автоматизації

В даний час під час виробництва хлорид калію на підприємстві здійснюється контроль наступних технологічних параметрів.

Контрольованими параметрами є: температура і вологість сушильного агента на виході з барабанної сушарки, розрядження в камері змішувача, число обертів двигуна в барабані.

Контрольованими і регульованими параметрами є: співвідношення витрат палива і первинного повітря, температура сушильного агента на вході в сушарку, розрядження в сушарці, витрата вологого матеріалу на вході в змішувальну камеру.

Температура сушильного агента на вході в сушарку (700⁰С) регулюється за рахунок зміни подачі палива. У свою чергу зміна подачі палива викликає зміна подачі первинного повітря. Розрядження в сушарці регулюємо за рахунок величини обсягу газів, що відходять (відкриваючи або закриваючи шибер). Витрата вологого матеріалу на вході в сушарку регулюється дозатором.

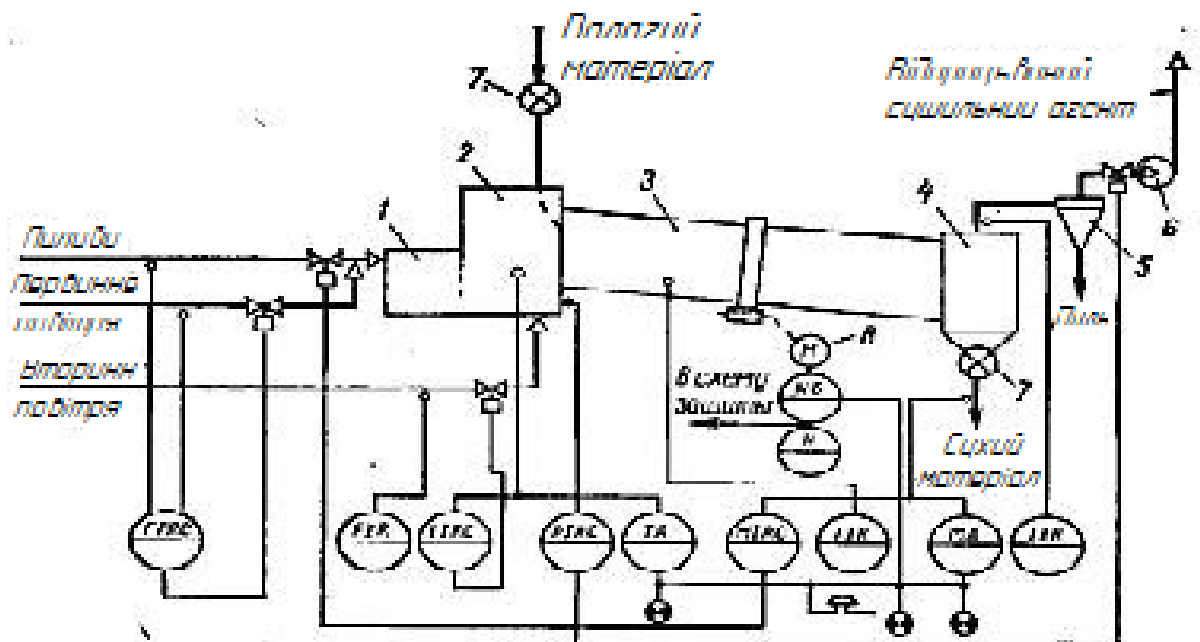


Рисунок 5.1 - Типова схема автоматизації процесу сушіння

На функціональній схемі зображені всі засоби автоматизації, необхідні для контролю і регулювання параметрів які в свою чергу забезпечують стабільність роботи пов'язаних між собою агрегатів.

Головним параметром є температура сушильного агента на вході в барабанну сушарку. Його регулювання здійснюється набором наступних засобів автоматизації.

В даній схемі, як найбільш оптимальний, вибираємо контактний метод вимірювання температури.

Термометри опору не підходять для даного процесу, тому що вони призначені для вимірювання відносно низьких температур. Як датчик вибираємо термоелектричний перетворювач який володіє уніфікованим сигналом, більш прийнятною вторинним приладом без нормує перетворювача. Чутливий елемент термопар є два термоелектрода, зварених між собою на робочому кінці в термопару (спай) і ізольованих по всій довжині за допомогою одно- або двохканальних трубок і бус з пірометричного порцеляни і окису алюмінію. Чутливий елемент поміщається в захисну арматуру, в комплект якої входить водозахищена головка з колодкою затискачів. Подвійні термометри мають два електричних ізольованих чутливих елемента. Спай поверхневого термоелектричного термометра електрично з'єднаний із захисною арматурою. Вільні кінці термометра через колодку затискачів приєднуються до вторинного приладу або перетворювача. Існує кілька видів термопар, такі як: хромель-копелеві, платинородієвий, хромель-алюмелеві, вольфрам-рениевая і т.д. Для діапазону 300-800⁰С підходить хромель-копелеві термопара ТХК 0179, межі вимірювання якої -50-800⁰С.

В якості вторинного приладу виберемо показує і прилад ДИСК-250, призначений для вимірювання та реєстрації активного опору, сили і напруги постійного струму, а також неелектричних величин, перетворених в зазначені сигнали.

ДИСК-250 має вхідні іскробезпечні електричні ланцюги рівня Іа. Прилад, встановлюється тільки поза вибухонебезпечних приміщень і має маркування Exia II C.

Всі прилади серії ДИСК-250 можуть працювати з серійно випускаються датчиками, які не мають власного джерела живлення, індуктивності, ємності, які можуть встановлюватися у вибухонебезпечних зонах приміщень і зовнішніх установок згідно з гл. 7.3 ПУЕ та іншим директивним документам, який регламентує установку електроустаткування у вибухонебезпечних зонах.

Прилади розраховані на роботу з вхідними сигналами від термоперетворювачів опору з номінальною статичною характеристикою перетворення 0-5 і 4-20 мА; 0-5 і 0-10 В, 0-50, і 0-100 мВ.

ДИСК-250 і його різновиди мають наступні вихідні пристрої:

- 1) Пристрій перетворення вхідних сигналів у вихідний безперервний електричний сигнал 0-5 або 4-20 мА;
- 2) Пропорційно-інтегральний регулює;
- 3) Що Регулює з безконтактним і контактним (релейним) виходом для формування трипозиційного закону регулювання з незалежної установкою нижнього і верхнього меж зони регулювання;
- 4) Два двохпозиційних пристрої сигналізації з релейним виходом.

6. Охорона праці та захист довкілля[33,34]

Технологічний процес отримання хлорид калію повинен проводитися відповідно до вимог наступних документів[33,34]:

- «Загальні правила вибухобезпеки для вибухопожежонебезпечних хімічних, нафтохімічних і нафтопереробних виробництв», затверджених 06.09.88 р Держтехнаглядом України;

- «Правила експлуатації підприємств ...», затверджених наказом Міністерства оборонної промисловості України № 93 ДСП;

- «Правила захисту від статичної електрики у виробництвах галузі», затверджені наказом Міністра від 12.04.93 р;

- «Правила будови підприємств ...», затверджених наказом Міністерства машинобудування України № 109с від 28.03.95 р. Та ін

Для кожного промислового виробництва складається нормативно-технічна документація, в якій вказується:

- характеристика властивостей переробляється продукту, вихідної сировини та допоміжних матеріалів;

- опис технологічного процесу зі схемою виробництва;

- норми технологічного режиму із зазначенням гранично допустимих відхилень;

- можливі неполадки технологічного процесу, їх причини та способи усунення;

- основні правила пуску, безпечного ведення процесу і зупинки устаткування;

- аналітичний і автоматичний контроль виробництва;

- правила аварійної зупинки виробництва;

- відходи виробництва, стічні води і викиди в атмосферу: їх склад, способи утилізації або очищення і порядок скидання;

- перелік інструкцій, знання яких є обов'язковим для осіб, які ведуть технологічний процес і які обслуговують дане виробництво.

Точне дотримання нормативно-технічної документації та регламенту забезпечує задану продуктивність, якість продукції, безпеку і санітарні умови праці.

Порушення послідовності операцій, відхилення (більше допустимих) від заданих кількостей сировини, що завантажується, температур, тиску і т.п. можуть призвести до аварії.

Всі виробничі приміщення бензолу виробництва, складські приміщення по зберіганню бензолу, потрійний суміші по «Спільним нормам технологічного проектування» ОНТП 24-86, відносяться до категорії А, а по «Правил влаштування електроустановок» (ПУЕ) - до класу По-1а.

При зверненні бензолу відноситься до класу 3, до підкласу 3.1.,. Заходи безпеки і ліквідації наслідків аварій передбачені в аварійній картці № 34.

6.1 Аналіз потенційних небезпек і шкідливостей, що виникають під час роботи обладнання

Під час роботи обладнання можливі наступні потенційні небезпеки і шкідливості[35,36]:

- отримання травм при обслуговуванні обладнання;
- отримання опіків через можливе протопи бензолу і толуолу;
- отримання опіків при можливому розливі їдкого натру;
- виникнення пожежі при можливому розливі бензолу і толуолу;
- отруєння парами бензолу і толуолу.

Основна причина виникнення аварійних ситуацій- аварії обладнання і порушення правил техніки безпеки обслуговуючим виробництво персоналом.

При строгому дотриманні правил техніки безпеки, пожежної безпеки, електробезпеки, дотриманні всіх вимог ведення технологічного процесу, перераховані вище небезпеки і шкідливості зводяться до мінімуму

Всі робочі місця повинні бути забезпечені інструкціями з охорони праці, технологічними плануваннями, технологічними схемами та іншою НТД, необхідної для роботи.

У всіх приміщеннях вогне- та вибухонебезпечного виробництва (на робочих місцях, тамбурах, проходах і т.д.), повинна підтримуватися чистота і порядок. Не допускається накопичення пилу на обладнанні та вентиляційних трубопроводах.

У кожній зміні повинна проводитися повна ретельне прибирання робочих місць і приміщень.

Речовини, випадково розсипані або пролиті під час роботи на підлогу, робочі площадки і обладнання повинні бути обережно зібрані і поміщені в тару для відходів і сметок, а місце, на якому знаходилися прокидається або політі речовини, повинні бути ретельно очищені за допомогою піску, тирси.

Для зберігання тари з відходами та кмітливостю повинні бути відведені спеціальні місця.

Кількість вогне- та вибухонебезпечних продуктів на робочих місцях, в робочих приміщеннях і в складських приміщеннях не повинна перевищувати кількість, передбачену нормами, затвердженими в установленому порядку.

Для кожного виробничого приміщення повинен бути складений, підписаний начальником цеху і вивішений перелік використовуваного інструменту, необхідного для роботи, із зазначенням його кількості, номер креслення, матеріалу, з якого він виготовлений.

Застосовуваний інструмент повинен відповідати кресленням і зберігатися в спеціально відведених місцях.

Забороняється зберігати у виробничих приміщеннях матеріали і предмети, невикористовувані безпосередньо в даному виробництві, і, особливо, сторонні горючі матеріали.

Всі роботи в вогне- та вибухонебезпечних приміщеннях повинні проводитися під безпосереднім керівництвом ІТП.

Перед початком роботи повинні бути перевірені справність обладнання, комунікацій, пристосувань, контрольно-вимірювального інструмента, приладів, освітлення, вентиляції, блокуючих пристроїв, засобів пожежогасіння, сигналізації, аварійних і запасних пристроїв для пуску і зупинки устаткування, наявність енергії, пара, води, сировини і матеріалів.

Забороняється вести роботи на несправному і забрудненому обладнанні і з несправними приладами, некондиційними продуктами і матеріалами, що не відповідає інструментом, а також при непрацюючій вентиляції, несправній системі пожежогасіння або при відсутності відповідних засобів пожежогасіння, класти одяг, матеріали на паропроводи, устаткування і комунікації.

Забороняється носіння прикрас і одягу з синтетичних, вовняних тканин.

Виробниче приміщення, в яких проводяться роботи з вогне- та вибухонебезпечними матеріалами та шляхи руху транспорту і людей повинні бути оснащені знаками безпеки.

Робітникам і майстрам забороняється йти з роботи до тих пір, поки вони не здадуть і не оформлять здавання та прийняття зміни з реєстраціями та розписами в журналі. Нормативні завантаження вогне- та вибухонебезпечними речовинами виробничих приміщень, майданчиків, робочих місць, складів повинні бути мінімальними, виходячи з вимог технологічного процесу.

Надруковані розрахунки нормативних завантажень повинні бути підписані особами, які проводили і перевіряли розрахунок, начальником цеху, головним технологом, головним інженером, узгоджені з начальником ОТБ і затверджені керівником підприємства.

Затверджені нормативні завантаження із зазначенням маси вогне-вибухонебезпечних продуктів і числа ємностей, ящиків і т.д. повинні бути вивішені у вигляді табличок, підписаних начальником цеху, в кожному приміщенні і біля кожного робочого місця, де можуть накопичуватися вогне-вибухонебезпечні матеріали. Де це можливо, нормативні завантаження повинні бути написані (продубльовані олійною фарбою на стінах приміщення близько робочих місць).

Ємнісна технологічна апаратура з ЛЗР повинна мати пристрій для звільнення перед ремонтом або в разі аварії або пожежі. Для виключення переливу ЛЗР місткість технології.

6.2 Розрахунок вентиляції [37]

Завданням вентиляції є забезпечення чистоти повітря і заданих метеорологічних умов у виробничих приміщень. Вентиляція досягається видаленням забрудненого або нагрітого повітря.

За способом переміщення повітря вентиляція буває з природним спонуканням (природною) і з механічним (механічною). Можливо також поєднання природної і механічної (змішана вентиляція).

Залежно від того, для чого служить система вентиляції - для подачі (припливу) або видалення (витяжки) повітря з приміщення або (і) для того й іншого одночасно, вона називається припливної, витяжної або припливно-витяжної.

За місцем дії вентиляція буває загальнообмінною і місцевою.

Загальна характеристика поверху і умов праці.

1 - Розміри приміщення $54 \times 18 \times 20$.

2 - Приміщення має 12 вікон розміром $4,3 \times 3,9$ м з подвійним склінням і дерев'яними палітурками.

3 - Одні подвійні ворота 5×4 і четверо дверей $1,8 \times 2,2$ м.

4 - Стіни приміщення цегляні, перекриття бетонне.

5 - Устаткування з сумарною витрачається потужністю 154 кВт / год.

6 - Потужність одночасно включених світильників 18кВт / год.

7 - В приміщенні одночасно працює 6 осіб.

8 - Температура зовнішнього повітря

взимку $t^{\circ}_3 = - 14$ С;

влітку $t^{\circ}_л = 25$ С.

9 - Розрахункова температура повітря на поверсі - 25° С.

10 - Цех знаходиться в північній частині країни.

Наведений розрахунок виконаний відповідно до СніП II-33-75.

Зробимо визначення теплового балансу на поверсі 0

$$Q_b = Q_{\text{вид}} - Q_{\text{ух}}$$

де $Q_{\text{вид}}$ - кількість тепла що отримується з різних джерел;

$Q_{\text{ух}}$ - кількість тепла, що минає з поверху.

$$Q_{\text{вих}} = Q_{\text{дв}} + q_{\text{ос}} + Q_{\text{об}} + Q_{\text{люд}}$$

$$Q_{\text{ух}} = Q_{\text{пот}} + q_{\text{доп}}$$

Тепловиділення від електроустаткування

$$Q = \Sigma N \cdot 3603 \cdot \Psi_1 \cdot \Psi_2 \cdot \Psi_3 \cdot \Psi_4, \text{ кДж / год}$$

де ΣN - сумарна потужність, що електрообладнання, кВт / год;

3603,4 - теплоелектричний еквівалент, кДж / кВт;

Ψ_1 - середній ККД електрообладнання, що дорівнює 0,95;

Ψ_2 - коефіцієнт використання, дорівнює 0,5;

Ψ_3 - коефіцієнт одночасності роботи, дорівнює 0,7;

Ψ_4 - коефіцієнт що характеризує частку переходу механічної енергії в теплову, дорівнює 0,5.

$$Q_{\text{дв}} = 3603,4 \cdot 154 \cdot 0,95 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 0,5 = 92256 \text{ кДж / год}$$

Тепло від штучного освітлення

$$Q_{\text{ос}} = \Sigma N \cdot 3603,4, \text{ кДж / год}$$

де ΣN - споживана потужність одночасно включаються світильників кВт/год.

$$Q_{\text{ос}} = 18 \cdot 3603,4 = 64861 \text{ кДж/год}$$

Теплопоступлення на поверх від сонячної радіації.

Враховуються при зовнішній температурі від -10°C і вище.

Для застаклених прорізів:

$$Q_o = q_o \cdot F_o \cdot A_o, \text{ кДж / год}$$

для покриття

$$Q_n = q \cdot F_n \cdot D_{o_n}, \text{ кДж / год}$$

де q_o, q - величини радіації;

F, F_n - поверхні скління і покриття, м^2 ;

A_o - коефіцієнт, що враховує вид скління;

K_n - коефіцієнт тепловіддачі покриття;

$$Q_{oc.вікн} = 12 \cdot 4,3 \cdot 3,9 \cdot 1,15 \cdot 4,19 = 968 \text{ кДж/час}$$

$$Q_{п.пот} = 54 \cdot 18 \cdot 54 \cdot 0,75 \cdot 4,19 = 164943 \text{ кДж/час.}$$

$Q_{п.стіл}$ - не враховується через масивні стіни;

$$Q_{cp} = Q_{oc.окон} + Q_{п.пот} = 968 + 164943 = 165911 \text{ кДж/час.}$$

тепловиділення людьми

$$Q_{люд} = Q_{яв} + Q_{скр}, \text{ кДж/час}$$

де $Q_{яв}$ - явне «відчутне» тепло (суха тепловіддача тепла).

$Q_{люд}$ - «приховане» тепло (при випаровуванні вологи з поверхні дихання).

$$Q_{люд} = (125 + 100) \cdot 6 \cdot 4,19 = 5657 \text{ кДж/час.}$$

Тепло, що виділяється обладнанням:

$$Q_{об} = 3603,4 \cdot n \cdot Q_{пот}, \text{ кДж/час}$$

де $Q_{пот}$ - тепловтрати одного апарату;

n - кількість апаратів.

$$Q_{об} = 12 \cdot 200 \cdot 3603,4 = 8648160 \text{ кДж/час}$$

Тепло, що виділяється в цеху:

а) взимку $Q^3_{вид} = 92256 + 64861 + 8648160 + 5657 = 8810934 \text{ кДж/час}$

б) влітку $Q^л_{вид} = 8810934 + 165911 = 8976845 \text{ кДж/час}$ Втрати тепла в цеху

через огорожувальні пристрої:

$$Q_{пот} = \Sigma F \cdot n \cdot K_n \cdot (t_v - t_n), \text{ кДж/час}$$

де F - поверхня огороження, m^2 ;

K_n - коефіцієнт тепловіддачі конструкції;

n - поправочний коефіцієнт до розрахункової різниці температур, рівний 0,6;

t_v, t_n - температура повітря всередині приміщення і ззовні;

а) для зимових умов:

$$Q_{пот.ост} = 12 \cdot 4,3 \cdot 3,9 \cdot 0,6 \cdot 2,5 \cdot (25 + 14) \cdot 4,19 = 49329 \text{ кДж/час;}$$

$$Q_{\text{пот.вор}} = (20 + 10,56) \cdot 0,6 \cdot 5 \cdot 39 \cdot 4,19 = 14983 \text{ кДж/час};$$

$$Q_{\text{пот.пол}} = 54 \cdot 18 \cdot 0,6 \cdot 0,19 \cdot 39 \cdot 4,19 = 18109 \text{ кДж/час};$$

$$Q_{\text{пот.ст}} = 2880 \cdot 0,6 \cdot 0,67 \cdot 39 \cdot 4,19 = 189191 \text{ ккал/час};$$

$$Q_{\text{пот.пот}} = 25 \cdot 18 \cdot 0,6 \cdot 0,75 \cdot 39 \cdot 4,19 = 71477 \text{ кДж/час};$$

$$Q^3_{\text{пот}} = 49329 + 14893 + 18109 + 189191 + 71477 = 343089 \text{ кДж/час.}$$

б) для літніх умов:

при $t_{\text{в}} = 25^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{н}} = 25^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{в}} - t_{\text{н}} = 0$

$$Q^{\text{л}}_{\text{пот}} = 0.$$

Тепло, що витрачається на нагрів повітря надходить в цех

$$Q_{\text{доп}} = 1 \cdot G \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \text{ кДж/час},$$

де 1 - теплоємність сухого повітря, кДж / (кг · град);

$G_{\text{в}}$ - кількість повітря, що поступає в цех, кг / год;

$$Q_{\text{доп}} = 0,24 \cdot 1350 \cdot (25 + 14) = 52650 \text{ кДж/час.}$$

Кількість тепла, що минає через огорожувальні пристрої

Взимку $Q^3_{\text{ух}} = 343089 + 52650 = 395739 \text{ кДж/час.}$

Влітку $Q^{\text{л}}_{\text{ух}} = 0 \text{ кДж/час.}$

Тепловий баланс цеху.

Взимку $Q^3_{\text{б}} = 8810934 - 395739 = 8415195 \text{ кДж/час.}$

Влітку $Q^{\text{л}}_{\text{б}} = 8976845 \text{ кДж/час.}$

Визначення шкідливих виділень в цеху:

$$G_{\text{вв}} = g_{\text{вв}} \times n, \text{ г / ч}$$

де $g_{\text{вв}}$ - кількість шкідливих речовин від одного джерела г/год;

n - кількість джерел шкідливих речовин;

$G_{\text{СО}}$ - кількість вуглекислоти, що виділяється 1 людиною,

визначається по таблиці в залежності від характеру робіт.

$$G_{\text{вв}} = g_{\text{вв}} \times n, \text{ г/ч}$$

Зробимо визначення повітрообміну в цеху.

Визначення повітрообміну при видаленні надлишкового тепла:

$$L_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{изб}}}{1,0 \cdot \rho_{\text{пр}} \cdot (t_{\text{выт}} - t_{\text{пр}})},$$

де $Q_{\text{над}} = Q_{\text{б}}$;

1,0 - масова теплоємність повітря, кДж / (кг • град);

$\rho_{\text{пр}}$ - щільність припливного повітря, кг / м³;

$t_{\text{выт}}$, $t_{\text{пр}}$ - температура що минає (в місці витяжки з приміщення)

і проточного повітря, °С;

$$t_{\text{выт}} = t_{\text{р.з}} + \Delta t(H - h),$$

де $t_{\text{р.з}}$ - температура в робочій зоні, °С;

Δt - температурний градієнт, °С;

H - висота приміщення, м;

h - висота робочої зони, м.

$$t_{\text{выт}} = 25 + 2 \cdot (20 - 17) = 31^\circ\text{С}.$$

$$\rho_{\text{пр}}^{\text{з}} = \frac{1,29 \cdot 273}{259} = 1,36 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{пр}}^{\text{л}} = \frac{1,29 \cdot 273}{298} = 1,18 \text{ кг/м}^3;$$

$$L_{\text{пр}}^{\text{л}} = \frac{8976845}{1,0 \cdot 1,18 \cdot (31 - 25)} = 1267916 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Визначення необхідного повітрообміну при боротьбі зі шкідливими газами і пилом:

$$L = \frac{G}{p - p_1} \text{ м}^3/\text{ч};$$

де G - кількість шкідливих домішок, що підлягають розведення в повітрі, г / ч;

p - ГДК газів в повітрі приміщення, г / м³;

p_1 - концентрація газів в припливно повітрі, г / м³;

$p_1 = 0$.

Обмін повітря по CO₂:

$$P_{CO_2} = 1,25 \cdot \frac{44}{22,4} = 2,5 \text{ г/м}^3.$$

$$L_{CO_2} = \frac{210}{(2,5 - 0)} = 84 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$L_{\text{вт}} = \frac{50}{1} = 50 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$L_{\text{ф}} = \frac{30}{0,3} = 100 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Зробимо вибір вентилятора.

Максимальний теплообмін по надлишкового тепла (влітку) 1267916 м³ / год = 35,2 м³ / с.

За [10, 15] вибираємо 3 вентилятора В - Ц12 - 49 - 8 - 01, кожен з яких характеризується: $L = 12,5 \text{ м}^3 / \text{с}$;

$$pgh = 5500 \text{ Па};$$

$$n = 24,15 \text{ об} / \text{с};$$

$$\eta = 0,68.$$

Вентилятор забезпечений електродвигуном 4A280S4 номінальною потужністю $N = 110 \text{ кВт}$ і $\eta = 0,92$.

Висновок

Під час виконання магістерської роботи була спроектована та модернізована барабана сушарка в виробництві хлорид калію.

Барабанну сушарку було модернізовано замінивши лопастну насадку на секторну насадку з більшою кількістю лопаток.

Також в ході проектування було виконано технологічний розрахунок апарату, конструктивний розрахунок апарату, гідравличній розрахунок та вибрано допоміжне обладнання.

Також наведені основні вказівки до експлуатації апарату та його ремонту. За допомогою методичних вказівок розраховано вентиляцію в приміщенні розробленого апарату и вказані основні правила техніки безпеки при роботі на обладнанні.

Список літератури

1. Печковский В.В. Технология калийных удобрений / В.В. Печковский. – Минск; Высшая школа, 1978. 301 с..
2. Абрамов. А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых; в 2 т./ А.А, Абрамов. Т.2 – М.: Издательство Московского государственного горного университета. 2004.-509 с.
3. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности / М.В. Лыков. – М.: Химия, 1970. – 432 с.
4. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов / А.Г. Касаткин; изд. 10-е, стереотипное, доработанное. перепеч. с изд. 1973 г. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. – 753 с.
5. Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки / П.Д. Лебедев. – М.: Энергия, 1972. – 320 с.
6. Красников В.В. Кондуктивная сушка / В.В. Красников. – М.: Энергия, 1973. – 288 с.
10. Рашковская Н.Б. Сушка в химической промышленности / Н.Б. Рашковская. – Л.: Химия, 1977. – 80 с.
11. Мухленов И.П. Основы химической технологии / И.П. Мухленов. – М.: Высш. шк., 1991. – 462 с.
12. А.С. № 456121. Сушилка для сыпучих материалов / Чураков А.П. – 1975. Бюлл. изобр., № 1, – С. 86 125
13. Жукова Т.А. Пути интенсификации барабанных сушильных аппаратов/ Т.А. Жукова, А.В. Алтухов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – т. 14. – №3. – С. 640 – 644.
13. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности / М.В. Лыков. – М.: Химия, 1966. – 229 с.
14. Сушильные аппараты и установки. Каталог. – М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1975. – 64 с.; 1966. – 86 с.

15. Ребиндер П.А. О формах связи влаги с материалом в процессе сушки В кн.: Всесоюзное научно-техническое совещание по интенсификации процессов и улучшению качества продукции при сушке в основных отраслях 126 промышленности и сельском хозяйстве / П.А. Ребиндер. – М.: Профиздат. 1958. – 385 с.
16. Рудобашта С.П. Массоперенос в системах с твердой фазой / С.П. Рудобашта. – М.: Химия, 1980. – 248 с.
17. Корягин А.А. Рекомендации по выбору аппаратов для химической промышленности / А.А. Корягин, Н.Е. Щедрина // В сб. научн. трудов под ред. Е.В. Коровнина, А.А. Корягина – М.: НИИХИММАШ, 1981. – С. 65–67.
18. Сажин Б.С. Основы техники сушки / Б.С. Сажин. – М.: Химия, 1984. – 320 с.
19. Плановский А.Н., Сушка дисперсных материалов в химической промышленности / А.Н. Плановский, В.И. Муштаев, В.М. Ульянов. – М.: Химия, 1979. – 288 с.
20. Сажин Б.С. Современные методы сушки / Б.С. Сажин. – М.: Знание, 1973. – 64 с. 127 33. Патент РФ № 23
21. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник / Ю.И. Дытнерский – 3-е изд. – М.: Химия, 2002 – 400с.
22. Соколов В. Н. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи. Ленинград, Машиностроение, 1982, 384 с.
29. Лацинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов. А. А. Лацинский, Справочник. Ленинград, Машиностроение, 1981, 382 с.
30. Ермаков В.И. Ремонт и монтаж химического оборудования/ В.И. Ермаков, В.С. Шеин. Л., "Химия", Ленинградское отд-е, 1981
31. Голубятников В.А. Автоматизация производственных процессов/ В.А. Голубятников, В.В. Шувалов 2-е изд. М.: Химия, 1985.
32. Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. М: Химия, 1991.

33. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность процессов сушки / А.Я. Корольченко. – М.: Стройиздат, 1987. – 159 с.
34. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств». Серия 09. Выпуск 37. – 2-е изд., доп. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2013. – 126 с.
35. Таубкин С.И. Пожаро- и взрывоопасность пылевидных материалов и технологических процессов их переработки / С.И. Таубкин, И.С. Таубкин. – М.: Химия, 1976. – 264 с.
36. Корольченко А.Я. Обеспечение пожаро-взрывобезопасности процессов сушки: обзорная информация / А.Я. Корольченко, Н.Л. Полетаев. – М.: ВНИИПО, 1983. – 42 с.
37. Стефанов Е. В. Вентиляция и кондиционирование воздуха/ Е. В. Стефанов - Санкт-Петербург: Издательство «АВОК Северо-Запад», 2005 — 402 с.