

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра хімічної технології високомолекулярних сполук

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
зі спеціальності 6.133 Галузеве машинобудування

Тема проекту: Виробництво NPK-добрив. Барабанна сушарка.

Виконав студент

Крамський М.М.



Залікова книжка:

№ 18180014

Захищений з оцінкою:

"Добре" 74



Керівник проекту

Закусило Р.В.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 46 с., мал. 9 табл., — додатки, — джерел. 10

Графічні матеріали: технологічна схема виробництва, складальне креслення барабанної сушарки, креслення складальних одиниць і деталей — усього аркушів формату А1.

Тема проекту: «Виробництво НРК-добрив. Барабанна сушарка».

Наведено теоретичні основи і особливості процесу, виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, виконані технологічні і конструктивні розрахунки апарату, визначені його розміри, гідравлічний опір і вибрано допоміжне обладнання.

Розрахунками на міцність визначена товщина стінки апарату, розраховане фланцеве з'єднання і обрана опора.

Описано монтаж і ремонт апарата.

Розглянуті питання охорони праці при обслуговуванні обладнання.

Ключові слова: ТЕПЛООБМІН, СУШКА, СУШИЛЬНИЙ АПАРАТ, РОЗРАХУНОК, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА.

Зміст

Вступ

1 Технологічна частина

- 1.1 Опис технологічної схеми установки
- 1.2 Теоретичні основи процесу
- 1.3 Опис конструкції барабанної сушарки та вибір основних конструкційних матеріалів
- 1.4 Характеристика хімічного продукту і теплоносія

2 Технологічні розрахунки процесу і апарата

- 2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу
- 2.2 Технологічні розрахунки
- 2.3 Конструктивні розрахунки
- 2.4 Гідравлічний опір апарата
- 2.5 Вибір допоміжного обладнання

3 Розрахунки на міцність та герметичність апарата

- 3.1 Визначення товщини стінки барабана
- 3.2 Визначення товщини опорного бандажа сушарки
- 3.3 Розрахунок упорного ролика

4 Монтаж та ремонт апарата

- 4.1 Монтаж апарата
- 4.2 Ремонт апарата

5 Охорона праці

- 5.1 Аналіз потенційних небезпек і шкідливостей під час роботи
- 5.2 Загальні заходи безпеки

Список літератури

Додатки

					6.133.03.00.00.00 ПЗ						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Сушарка барабанна			Лит.	Лист	Листов	
Разраб.	Крамський							К	П		
Пров.											
Н. контр.											
Утв.											
					СумГУ Гр. ХМзт – 61Ш						

«спокійна» гідродинамічна обстановка. Крім виконання цих умов, при виборі способу сушіння і апаратурного оформлення процесу необхідно керуватися такими принципами:

мінімізація вартості сушіння, т. е. зменшення витрат енергії, капітальних витрат, витрат на обслуговування і ремонт;

повна безпека процесу з дотриманням вимог екології;

забезпечення технологічності процесу, т. е. облік факторів, що стосуються, наприклад, організації руху потоків матеріалу і сушильного агента в системі, простоти обслуговування і ремонту, а також специфічних вимог, наприклад, отримання продукту із заданими дисперсністю, гранулометричним складом, щільністю і міцністю частинок, отримання непилящего продукту.

На підставі наведених умов для забезпечення проведення заданого технологічного процесу прийнята барабанна сушарка.

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічного схеми установки

Принципова схема прямоочною барабанної сушильної установки виглядає таким чином.

Вологий матеріал з бункера за допомогою живильника подається в сушильний барабан, що обертається. Паралельно матеріалу в сушарку подається сушильний агент, що нагрівається в калорифері. Повітря в калорифер подається вентилятором. Висушений матеріал з протилежного кінця сушильного барабана надходить в проміжний бункер, а з нього на транспортує пристрій.

Відпрацьований сушильний агент перед викидом в атмосферу очищається від пилу в циклоні. При необхідності проводиться додаткове мокре пилоуловлювання.

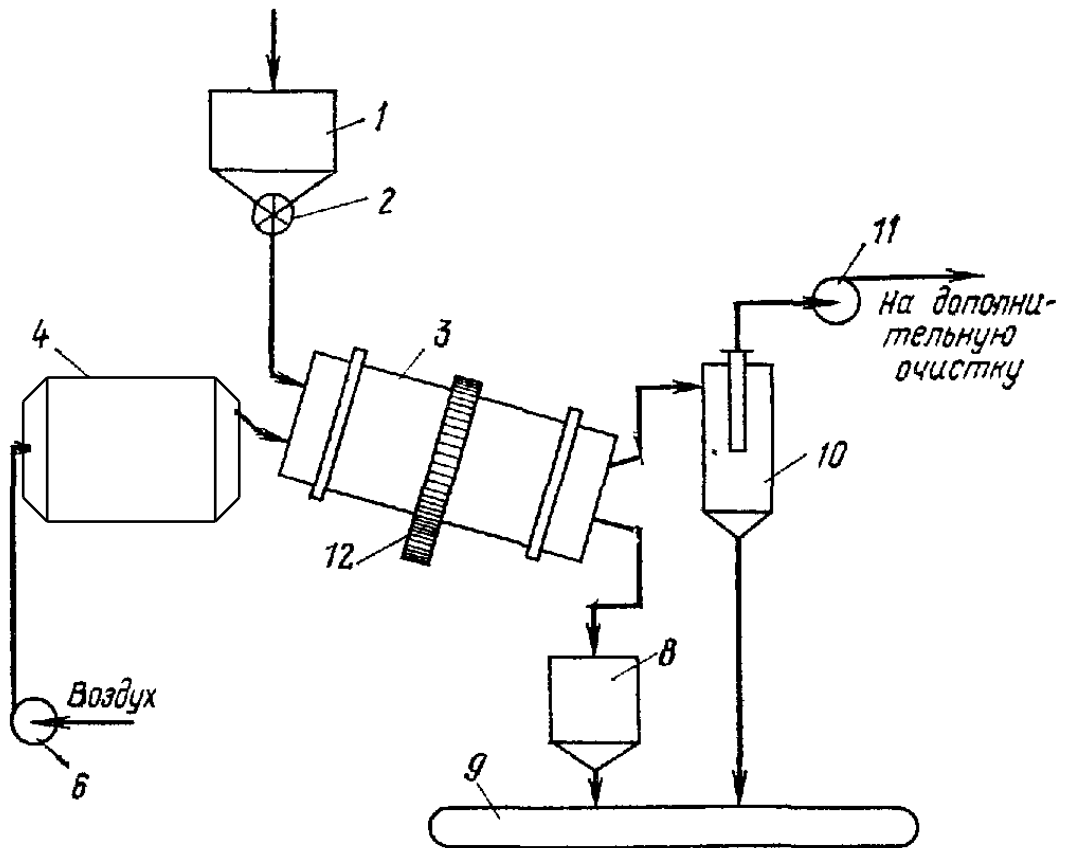


Рисунок 1 - Принципова схема барабанної сушарки:

1-бункер; 2-живильник; 3-сушильний барабан; 4-калорифер; 6,11-вентилятори; 8-проміжний бункер; 9-транспортер; 10-циклон; 12-зубчаста передача.

Транспортування сушильного агента через сушильну установку здійснюється за допомогою вентилятора. При цьому установка зазвичай знаходиться під неве-

ликим розрідженням, що виключає витік сушильного агента через нещільності установки.

Барабан приводиться в обертання через венцове зубчасте колесо при потужності зубчастої передачі проводу.

Слід зазначити, що при сушінні деяких матеріалів до низької кінцевої вологості тепло витрачається не тільки на підігрів матеріалу і випаровування вологи з нього, а й на подолання зв'язку вологи з матеріалом.

1.2 Теоретичні основи процесу

Конвективна сушка повітрям або газом є найбільш поширеним методом сушіння в хімічній промисловості. У повітряному сушінні, так само як і в газовій, тепло передається від теплоносія безпосередньо речовини, що висушують. Для отримання матеріалу високої якості, особлива увага повинна приділятися технологічному режиму сушіння, правильному вибору параметрів і визначення режиму процесу (вибір оптимальної температури нагріву матеріалу, вибір оптимальних значень вологості матеріалу і т. д.).

Оптимальний режим сушіння, що впливає на технологічні властивості матеріалу, залежить від зв'язку вологи з матеріалом.

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 газовому):

$$\Delta p = p_r^m - p_n^b \quad (1.1)$$

При $\Delta p = 0$ настає рівновага і сушка припиняється. Якщо $p_r^b > p_n^m$, то відбувається протилежний процес зволоження матеріалу. У міру віддалення вологи з поверхні матеріалу, за рахунок різниці концентрації вологи усередині матеріалу і на поверхні його відбувається рух вологи до поверхні шляхом дифузії. У деяких випадках має значення так звана термодифузія, коли рух вологи всередині матеріалу відбувається також за рахунок різниці температур на поверхні і всередині матеріалу в напрямку зменшення температур.

Сушка - процес тепломасообмінний. Видалення вологи з поверхні тісно пов'язане з просуванням її зсередини до поверхні.

Слід зазначити, що при сушінні деяких матеріалів до низької кінцевої вологості тепло витрачається не тільки на підігрів матеріалу і випаровування вологи з нього, а й на подолання зв'язку вологи з матеріалом.

Зв'язок вологи з матеріалом може бути механічним, фізико - хімічним та хімічним.

Механічно пов'язані з матеріалом поверхнева волога і волога, що заповнює великі капіляри матеріалу в результаті змочування. Ця волога (іноді звана зовнішньої) найменш міцно пов'язана з матеріалом і найбільш легко видаляється з нього.

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Більш міцно пов'язана з матеріалом волога, яка поглинається поверхнею дрібних капілярів (адсорбційна волога) або проникає всередину клітин матеріалу (структурна і осмотично зв'язана волога).

Волога, хімічно зв'язана з матеріалом (гідратна, або кристаллізаційна), в процесі сушіння зазвичай не видаляється і тому при розрахунку сушарок не враховується.

У більшості випадків при сушінні видаляється водяна пара, проте в хімічній промисловості припадає нерідко видаляти пари органічних розчинників. Незалежно від того, яка рідина буде випаровуватися, закономірності процесу ті ж.

1.3 Опис конструкції барабанної сушарки та вибір основних конструкційних матеріалів

Барабанна сушарка є циліндричний похилий барабан з двома бандажами, які при обертанні барабана котяться по опорним роликам. Матеріал надходить з піднесеного кінця барабана через живильник, захоплюється лопатями, на яких він підсушується, після чого пересувається уздовж барабана, що має кут нахилу до горизонту до 7° . Осьовий зсув барабана запобігає опорними роликами.

Матеріал переміщається в сушарці за допомогою внутрішньої насадки, рівномірно розподіляє його по перетину барабана. Конструкція насадки залежить від розміру шматків і властивостей матеріалу, що висушується. В даному випадку насадка відноситься до підйомно-лопатевим насадкам.

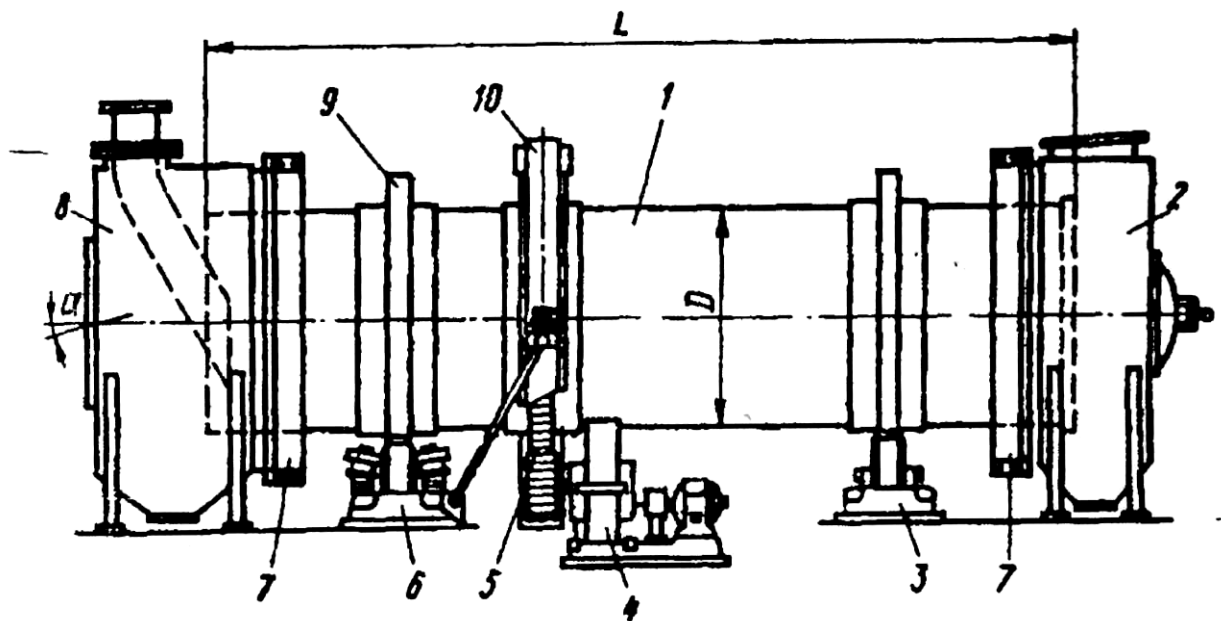


Рисунок 2 - Барабанна сушарка

- 1 - циліндричний барабан; 2 - розвантажувальний камера; 3 - опорні ролики; 4 - редуктор; 5 - зубчастий вінець; 6 - опорно-наполегливі ролики; 7 - ущільний пристрій; 8 - приймальня камера; 9 - бандажі; 10 - кожух

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

6.133.03.00.00.00 ПЗ

Лист

Звичайно в барабанних сушарках матеріал і сушильний агент рухаються прямотечією, завдяки цьому запобігає пересушування матеріалу і винесення матеріалу потоковими газами в сторону, протилежну його руху. Для зменшення винесення при прямотечії швидкість газів в барабані підтримують не більш 2-3 м/с, в залежності від розмірів частинок матеріалу. Сушильний агент надходить з калорифера, що примикає до барабана з боку входу матеріалу і зазвичай забезпечується змішувальною камерою для охолодження газів до потрібної температури зовнішнім повітрям.

Висушений матеріал проходить через підпірні пристрої у вигляді змінного кільця або поворотних лопаток, за допомогою якого регулюється ступень заповнення барабана, зазвичай не перевищує 20 - 25% його обсягу. Готовий продукт проходить через шлюзовий затвор, що перешкоджає підсосу зовнішнього повітря в барабан, і видаляється транспортером.

Сушильний агент продувається через барабан за допомогою димососа, встановленого за сушаркою. Для уловлювання з газів пилу між барабаном і димососом розташований циклон. При такій схемі установки барабан працює при розрідженні, при цьому значно зменшується знос вентилятора частинками пилу.

Барабан приводиться в обертання за допомогою зубчастого вінця, який знаходиться в зачепленні з провідною шестернею, з'єднаної через редуктор з електродвигуном. Швидкість обертання барабана залежить від кута його нахилу і тривалості сушіння; зазвичай барабан робить 1- 8 об/хв.

Барабанні сушарки широко застосовуються для сушіння сипучих і мелкокускових матеріалів.

Переваги барабанних сушарок:

- Інтенсивна і рівномірна сушка внаслідок тісного контакту матеріалу і сушильного агента;
- Велике напруження барабана по волозі, що досягає $100 \text{ кг/м}^3 \cdot \text{ч}$ і більш;
- Компактність установки.

Суть вибору конструкції барабанної сушарки визначається вибором типу насадки барабана. Вибір типу насадки залежить від умов сушіння, від властивостей висушуваного матеріалу. Так в залежності від номінального розміру часток висушуваного матеріалу, а також того що цукровий пісок має мале значення насипної щільності, вибираємо лопатеву насадку.

Вибір конструкційного матеріалу, який визначається умовою експлуатації проектного елемента, вузла або апарата (температура, тиск, величина навантаження, характер агресивного впливу середовища, вимоги до якості переробного продукту і т. д.), слід виконувати так, щоб при низькій вартості і не дефіцитності матеріалу забезпечувати ефективну технологію через виготовлення елемента (вироба) барабана.

З огляду на, що добрива не відносяться до хімічно активних речовин, для конструкції барабанної сушарки і її елементів застосовуємо матеріал - сталь 20. Вибір на користь цієї сталі, заснований на її порівняно низькою вартості, хорошій

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

оброблюваності і досить високими фізико-механічними властивостями. Хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 1

Таблиця 1 - Хімічний склад і механічні властивості сталі 20

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As, %	S, %	P, %	E·10 ⁵ МПа	σ МПа	σ МПа	δ %
0,23- 0,3	0,5- 0,8	0,05- 0,19	0,3	0,5	0,3	0,08	0,05	0,04	2,0	280	400	23

Бандажі виготовляються зі сталі 40 або 45Л, як правило, прямокутної форми в поперечному перерізі. Опорні ролики зазвичай відливають з чавуну СЧ 18 - 36 або СЧ 21 - 40 тому, що неравнопрочність роликів і бандажа призводить до більш прискореного зносу роликів, які простіше і дешевше виготовити, ніж бандажі.

Вінець або вінцову шестерню зазвичай виготовляють зі сталі 35Л, що складається з двох полувінців, які з'єднуються між собою конічними болтами.

1.4 Характеристика хімічного продукту і теплоносія

Для виконання розрахунків необхідно прийняти фізико - хімічні параметри сушильного агента (повітря) і матеріалу, що висушується (НРКдобрива). До НРКдобривам відносяться:

- нітрофос (фосфор, калій, азот);
- карбоаммофос (азот, калій, фосфор і добавки) рекомендується до початку посівної;
- нітроаммофос (фосфор, калій, азот в підвищеному процентному вмісту);
- аммофос (калій, фосфор, азот і сірка) використовується в посушливих регіонах;
- діаммофос (калій, азот, велика кількість фосфору) ефективна до посіву.

Комплексне фосфорно-калійне добриво благотворно позначається на розвитку рослин і підвищує врожайність. Фосфор підвищує стійкість насаджень до заморозків і захворювань, а калій прискорює цвітіння і формування плодів.

НРКдобрива використовуються як посівні добрива на збіднених чорноземах і червоноземах для ослаблення їх кислотності. Крім того завдяки їх використанню забезпечується оптимізація балансу фосфору в ґрунті, що в свою чергу призводить до поліпшення засвоєння рослинами калію і азоту. В результаті підвищується вміст білків в зерні, цукру і крохмалу в коренеплодах і бульбах.

У промисловості використовується матеріал, зерна якого мають розмір від 1,0 до 4,0 мм [4, табл. X.2].

Для проведення обчислень процесу сушіння в якості матеріалу, що висушується, приймаємо амофос.

Фізичні параметри амофоса при нормальних умовах [2]:

щільність	$\rho = 1742 \text{ кг/м}^3$;
насипна щільність	$\rho_n = 1030 \text{ кг/м}^3$;
теплоємність	$c = 1,18 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$;
теплопровідність	$\lambda = 1,33 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$

У процесах сушіння в якості теплоносія (в залежності від умов експлуатації апарату) основне поширення набуло повітря. Такі якості повітря, як висока здатність до накопичення вологи, мала хімічна активність і доступність, сприяє широкому застосуванню його в якості теплоносія.

При застосуванні повітря в якості сушильного агента, в залежності від місцевих умов, середня початкова температура повітря коливається від -20 до 23°C , а відносна вологість знаходиться в інтервалі $80 - 70\%$ [2].

Фізичні параметри повітря при нормальних умовах (додаток XIII) [1]:

щільність	$\rho = 1,29 \text{ кг / м}^3$;
в'язкість	$\mu = 0,0171 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$;
теплоємність	$c = 1,01 \text{ кДж / кг}\cdot\text{К}$;
теплопровідність	$\lambda = 0,0244 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$

2 Технологічні розрахунки процесу и апарата

2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу

Кількість вологи, що випаровується (параметри вологи добрива прийняти по таблиці Х.2 [1])

$$W = G_0 \cdot \frac{\omega_n - \omega_k}{100 - \omega_n} \quad (2.1)$$

$$W = 5000 \cdot \frac{8,0 - 1,0}{100 - 1,0} = 354 \text{ кг/ч}$$

Секундна продуктивність:
по вихідному матеріалу

$$G_0 = \frac{5000}{3600} = 1,39 \text{ кг/с;}$$

по вологи, що випаровується

$$W = \frac{354}{3600} = 0,1 \text{ кг/с;}$$

по висушеному матеріалу

$$G_k = \frac{5000 - 354}{3600} = 1,29 \text{ кг/с}$$

Приймаємо початкові параметри зовнішнього повітря за літнім умовам м. Шостка:

$$t_0 = 19,3^\circ\text{C}, \quad \varphi_0 = 69\%;$$

Визначимо відповідне річним параметрам вологозміст і ентальпію зовнішнього повітря:

$$x_0 = 0,622 \frac{\varphi_0 \cdot P_{\text{нас}}}{B - \varphi_0 \cdot P_{\text{нас}}}, \quad (2.2)$$

де $B = 745 \text{ мм. рт. ст.} = 99308,5 \text{ Па}$ - атмосферний тиск;

$P_{\text{нас}} = 16,48 \text{ мм. рт. ст.} = 2196,8 \text{ Па}$ - тиск насиченої водяної пари [2, с. 536];

$$x_0 = 0,622 \frac{0,69 \cdot 2196,8}{99368,5 - 0,69 \cdot 2196,8} = 0,0097 \text{ кг/кг}$$

$$I_0 = (1,01 + 1,97 \cdot x_0) \cdot t_0 + 2493 \cdot x_0, \quad (2.3)$$

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$I_0 = (1,01 + 1,97 \cdot 0,0097) \cdot 19,3 + 2493 \cdot 0,0097 = 44 \text{ кДж/кг}$$

Приймаємо параметри повітря на вході в сушарку (на виході з калорифера) при наступних умовах

$$t_1 = 132^\circ\text{C}, \quad x_1 = x_0 = 0,0097 \text{ кг/кг};$$

ентальпія

$$I_1 = (1,01 + 1,97 \cdot x_1) \cdot t_1 + 2493 \cdot x_1, \quad (2.4)$$

$$I_1 = (1,01 + 1,97 \cdot 0,0097) \cdot 132 + 2493 \cdot 0,0097 = 160 \text{ кДж/кг};$$

відносна вологість

$$\varphi_1 = \frac{x_1}{0,622 + x_1}, \quad (2.5)$$

$$\varphi_1 = \frac{0,0097}{0,622 + 0,0097} = 0,015 \text{ (1,5\%)}$$

Приймаємо температуру повітря на виході з сушарки $t_2 = 60^\circ\text{C}$. Кінцева температура матеріалу

$$\theta_k = t_k = t_2 - (3 \dots 10) = 60 - 5 = 55^\circ\text{C}$$

Початкову температуру матеріалу, що висушується, приймаємо рівної до-вкільному середовищу, т. е. $\theta_n = 18^\circ\text{C}$.

Далі складемо тепловий баланс сушарки.

Тепло, яке надходить з повітрям

$$Q_1 = L \cdot I_0 \quad (2.6)$$

тепло, яке надходить з матеріалом

$$Q_2 = G_k \cdot c_m \cdot \theta_n \quad (2.7)$$

тепло, яке надходить з вологою матеріалу

$$Q_3 = W \cdot c_v \cdot \theta_n \quad (2.8)$$

тепло, отримане в калорифері, позначимо через Q_4 ;

тепло, понесене сушильних агентом

$$Q_5 = L \cdot I_2 \quad (2.9)$$

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Л и с т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

тепло з висушеним матеріалом

$$Q_6 = G_k \cdot c_m \cdot \theta_k \quad (2.10)$$

тепло втрат $Q_{\text{пот}}$.

Запишемо рівняння приходу і витрати тепла

$$Q_{\text{прих}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad (2.11)$$

$$Q_{\text{расх}} = Q_5 + Q_6 + Q_{\text{пот}} \quad (2.12)$$

звідки рівняння теплового балансу

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = Q_5 + Q_6 + Q_{\text{пот}} \quad (2.13)$$

Визначимо параметри, що входять до складу рівняння теплового балансу

$$Q_2 = 1,14 \cdot 1,18 \cdot 18 = 24,2 \text{ кВт}$$

де $c_m = 1,18 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$ - питома теплоємність матеріалу, що висушується [5];

$$Q_6 = 1,29 \cdot 1,18 \cdot 55 = 83,7 \text{ кВт}$$

Питома кількість теплоти, витрачений на нагрівання матеріалу, що висушується

$$q_m = \frac{Q_6 - Q_2}{W}, \quad (2.14)$$

$$q_m = \frac{83,7 - 24,2}{0,1} = 5955 \text{ кДж/кг}$$

Поправка до процесу сушіння в дійсній сушарці

$$\Delta = c_b \cdot \theta_n - (q_m + q_p), \quad (2.15)$$

де $c_b = 4,19 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$ - питома теплоємність вологи [1].

Приймаємо питомі втрати тепла в навколишнє середовище складають 10% від витрат на нагрівання матеріалу, що висушується

$$q_{\text{пот}} = 0,1 \cdot (q_m - c_b \cdot \theta_n) = 0,1 \cdot (5955 - 4,19 \cdot 18) = 52 \text{ кДж/кг}$$

Тоді

$$\Delta = 4,19 \cdot 18 - (595 + 52) = -572 \text{ кДж/кг}$$

Визначимо параметри повітря на виході з сушарки. Враховуюючи, що поправка до процесу сушіння в дійсній сушарці визначається за формулою

$$\Delta = \frac{I_2 - I_1}{x_2 - x_1}, \quad (2.16)$$

то, висловивши рівність

$$I_2 = (1,01 + 1,97 \cdot x_2) \cdot t_2 + 2493 \cdot x_2,$$

запишемо

$$-572 = \frac{(1,01 + 1,97 \cdot x_2) \cdot 55 + 2493 \cdot x_2 - 160}{x_2 - 0,0097}$$

Вирішуючи це рівняння, отримаємо

$$x_2 = 0,035 \text{ кг/кг}$$

Відносна вологість повітря на виході з сушарки

$$\varphi_2 = \frac{x_2 \cdot B}{(0,622 + x_2) \cdot p_{\text{нас}}}, \quad (2.17)$$

де $p_{\text{нас}} = 118 \text{ мм. рт. ст.} = 15729,4 \text{ Па}$ - тиск насиченої водяної пари при $t_2 = 55^\circ\text{C}$ [2, с. 536];

$$\varphi_2 = \frac{0,035 \cdot 99308,5}{(0,622 + 0,035) \cdot 15729,4} = 0,336 \text{ (33,6\%)}$$

Ентальпія повітря на виході з сушарки

$$I_2 = (1,01 + 1,97 \cdot x_2) \cdot t_2 + 2493 \cdot x_2, \quad (2.18)$$

$$I_2 = (1,01 + 1,97 \cdot 0,035) \cdot 60 + 2493 \cdot 0,035 = 152 \text{ кДж/кг}$$

Питома витрата повітря

$$l = \frac{1}{x_2 - x_1} \quad (2.19)$$

$$\ell = \frac{1}{0,035 - 0,0097} = 39,53 \text{ кг/кг}$$

Масова витрата повітря

$$L = \ell \cdot W \quad (2.20)$$

$$L = 39,53 \cdot 0,1 = 3,95 \text{ кг/с}$$

Питома витрата повітря на вході в сушарку

$$v_1 = \frac{R_v \cdot T_1}{B - \phi_1 \cdot P_{\text{нас}}}, \quad (2.21)$$

де $R = 287 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$ - газова постійна для повітря;

$P_{\text{нас}} = 2,93 \text{ кгс/ см}^2 = 287413 \text{ Па}$ - тиск насиченої водяної пари при $t_1 = 132^\circ\text{C}$ [2, с. 548]:

$$v_1 = \frac{287 \cdot (273 + 132)}{99308,5 - 0,015 \cdot 287413} = 1,22 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Об'ємна витрата повітря на вході в сушарку

$$L_{v1} = L \cdot v_1 \quad (2.22)$$

$$L_{v1} = 3,95 \cdot 1,22 = 4,82 \text{ м}^3/\text{с}$$

Питома витрата повітря на виході з сушарки

$$v_2 = \frac{R_v \cdot T_2}{B - \phi_2 \cdot P_{\text{нас}}}, \quad (2.23)$$

$$v_2 = \frac{287 \cdot (273 + 60)}{99308,5 - 0,336 \cdot 15729,4} = 1,02 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Об'ємна витрата повітря на виході з сушарки

$$L_{v2} = L \cdot v_2 \quad (2.24)$$

$$L_{v2} = 3,95 \cdot 1,02 = 4,02 \text{ м}^3/\text{с}$$

Питома витрата теплоти на нагрівання повітря в калорифері

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$q_4 = \ell \cdot (I_1 - I_0) \quad (2.25)$$

$$q_4 = 39,53 \cdot (160 - 44) = 4585 \text{ кДж/кг}$$

Витрата теплоти на нагрівання повітря в калорифері

$$Q_4 = q_4 \cdot W \quad (2.26)$$

$$Q_4 = 4585 \cdot 0,1 = 458,5 \text{ кВт}$$

Визначимо інші параметри, що входять в рівняння теплового балансу:
тепло, яке надходить з повітрям

$$Q_1 = 3,95 \cdot 44 = 173,8 \text{ кВт}$$

тепло, яке надходить з вологою матеріалу

$$Q_3 = 0,1 \cdot 4,19 \cdot 18 = 7,5 \text{ кВт}$$

тепло, понесене сушильних агентом

$$Q_5 = 3,95 \cdot 152 = 600,4 \text{ кВт}$$

теплота втрат

$$Q_{\text{пот}} = 0,1 \cdot 52 = 5,2 \text{ кВт}$$

прихід теплоти

$$Q_{\text{прих}} = 173,8 + 24,2 + 7,5 + 458,5 = 664 \text{ кВт}$$

витрата теплоти

$$Q_{\text{расх}} = 600,4 + 83,7 + 5,2 = 689,3 \text{ кВт}$$

розбіжність балансу

$$\frac{689,3 - 664}{689,3} = 0,037 \text{ (3,7\%)},$$

яка знаходиться в межах допустимої величини 5%; отже, температурні параметри теплоносіїв обрані правильно.

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Л и с т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

2.2 Технологічні розрахунки

Згідно з рекомендаціями [3, табл. 10.2] приймаємо при насипної щільності вологого добрива $\rho = 1030 \text{ кг/м}^3$ [4, табл. X.2], швидкість повітря в сушарці $\omega_r = 2,0 \text{ м/с}$. Коефіцієнт заповнення барабана [1, с. 320] при лопатевої насадки: $\beta = 0,12$. Щільність повітря на початку і в кінці сушарки

$$\rho_1 = \frac{1}{v_1} \quad (2.27)$$

$$\rho_1 = \frac{1}{1,22} = 0,82 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_2 = \frac{1}{v_2} \quad (2.28)$$

$$\rho_2 = \frac{1}{1,02} = 0,98 \text{ кг/м}^3$$

Середня щільність повітря

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} = \frac{0,82 + 0,98}{2} = 0,9 \text{ кг/м}^3$$

Попередньо визначаємо внутрішній діаметр сушильного барабана

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot L}{\pi \cdot \rho_{\text{ср}} \cdot (1 - \beta) \cdot \omega_r}} \quad (2.29)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,95}{3,14 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,12) \cdot 2,0}} = 1,782 \text{ м,}$$

приймаємо $D = 2,0 \text{ м}$.

Напряга барабана сушарки по волозі [6, табл. VI.I] добрива $A_v = 8 \dots 10 \text{ кг/ч} \cdot \text{м}^3$, тоді об'єм, необхідний для проведення процесу сушіння

$$V_6 = \frac{W}{A_v} \quad (2.30)$$

$$V_6 = \frac{0,1 \cdot 3600}{9,0} = 40 \text{ м}^3$$

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Попередня довжина барабана

$$L_6 = \frac{4 \cdot V_6}{\pi \cdot D^2} \quad (2.31)$$

$$L_6 = \frac{4 \cdot 40}{3,14 \cdot 2,0^2} = 12,73 \text{ м,}$$

приймаємо $L_6 = 12,0$ м.

Приймаємо барабанну сушарку з наступними параметрами [6, табл.7.4]:

внутрішній діаметр барабана	$D_b = 2,0$ м;
довжина барабана	$L = 12,0$ м;
частота обертів барабана	$n = 6,4$ об/хв;
потрібна потужність електродвигуна	$N = 25,0$ кВт

2.3 Конструктивні розрахунки

Дійсна швидкість повітря в барабані [1, 7.39]

$$\omega_d = \frac{L_{v2}}{0,785 \cdot D^2} \quad (2.32)$$

$$\omega_d = \frac{4,02}{0,785 \cdot 2,0^2} = 1,28 \text{ м/с}$$

Маса матеріалу в сушильному барабані

$$M = 0,785 \cdot D^2 \cdot L_6 \cdot \beta \cdot \rho \quad (2.33)$$

$$M = 0,785 \cdot 2,0^2 \cdot 12 \cdot 0,12 \cdot 1030 = 5620 \text{ кг}$$

Час перебування матеріалу, що висушується в сушарці [1, 7.40]

$$\tau = \frac{M}{G_k} \quad (2.34)$$

$$\tau = \frac{5620}{1,29} = 4357 \text{ с} = 72,6 \text{ мин} = 1,21 \text{ ч}$$

Кут нахилу барабана [6, 7.42]

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{L_6}{\beta \cdot \tau \cdot D \cdot n} \quad (2.35)$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{12}{0,12 \cdot 4357 \cdot 2,0 \cdot \frac{6,4}{60}} = 0,1075$$

$$\alpha = 6^\circ 8'$$

Кут нахилу барабана - в межах $1 - 7^\circ$, тому число обертів барабана не змінюємо.

Потужність, що витрачається на обертання барабана [1, 21 - 45]

$$N = 0,078 \cdot D^3 \cdot L \cdot \rho \cdot \sigma \cdot n \quad (2.36)$$

$$N = 0,078 \cdot 2,0^3 \cdot 12 \cdot 1030 \cdot 0,053 \cdot 0,107 = 23,7 \text{ кВт}$$

где $\sigma = 0,053$ – коефіцієнт, що залежить від виду насадки і ступеня заповнення барабана [1, табл. 35]; $n = 0,107$ об/с – частота обертання барабана.

Потужність електродвигуна з урахуванням коефіцієнта корисної дії приводу і пускових навантажень [6, 7.43]

$$N_{\text{дв}} = 1,2 \cdot N \quad (2.37)$$

$$N_{\text{дв}} = 1,2 \cdot 23,7 = 28,4 \text{ кВт}$$

2.4 Гідравлічний опір апарата

Визначимо еквівалентний діаметр сушильного барабана. Довжина лопаті $l_0 = 280$ мм, кількість лопатей $z = 16$, отже, периметр поверхні, що контактує з сушильним агентом

$$\Pi = \pi \cdot D + 2 \cdot z \cdot l_0 \quad (2.38)$$

$$\Pi = 3,14 \cdot 1,2 + 2 \cdot 16 \cdot 0,28 = 12,73 \text{ м}$$

Вільна площа перетину корпусу сушарки без урахування товщини лопатей

$$f = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (2.39)$$

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$f = \frac{3,14 \cdot 2,0^2}{4} = 3,14 \text{ м}^2$$

Еквівалентний діаметр сушильного барабана

$$d_{\text{екв}} = \frac{4 \cdot f}{\Pi} \quad (2.40)$$

$$d_{\text{екв}} = \frac{4 \cdot 3,14}{12,73} = 0,99 \text{ м}$$

В'язкість повітря при середній температурі $t_{\text{ср}} = 96^\circ\text{C}$ по табл. XIII [1]:
 $\mu = 0,0218 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$.

Значення критерію Re для сушильного агента

$$\text{Re} = \frac{\omega_{\Gamma} \cdot d_{\text{екв}} \cdot \rho_{\text{в}}}{\mu_{\text{в}}} \quad (2.41)$$

$$\text{Re} = \frac{1,28 \cdot 0,99 \cdot 0,9}{0,0218 \cdot 10^{-3}} = 52316 > \text{Re} = 10000,$$

отже, режим руху турбулентний.

Коефіцієнт тертя

$$\lambda = \frac{0,316}{\text{Re}^{0,25}} \quad (2.42)$$

$$\lambda = \frac{0,316}{52316^{0,25}} = 0,021$$

Втрата тиску на довжині сушильного барабана

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{L}{d_{\text{екв}}} \cdot \frac{\omega_{\Gamma}^2 \cdot \rho}{2} \quad (2.43)$$

$$\Delta p = 0,021 \cdot \frac{12}{0,99} \cdot \frac{1,28^2 \cdot 0,9}{2} = 79 \text{ Па}$$

За досвідченим даними опір барабанної сушарки $\Delta p = 100 \dots 200 \text{ Па}$ [7, с.167] при швидкості повітря $\omega = 2,0 \text{ м/с}$ і коефіцієнті заповнення $\beta = 0,2$. В даному випадку також враховується гідравлічний опір пересипаного з лопатей матеріалу.

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

1.7 Вибір допоміжного обладнання

При розрахунку сушарок треба вибрати вентилятор для подачі сушильного агента і пилоуловлювального пристрою. В даному випадку виконаємо розрахунок пилоуловлювального пристрою. Для очищення сушильного агента від пилу можна застосовувати пилоосадні циклони, електрофільтри, газові фільтри і гідравличні пилоосадителі. Найбільше застосування отримали циклони, т. к. вони вловлюють тверді частинки з розмірами 100 - 3 мкм і мають хорошу ступінь очищення (85-45%).

Вибираємо для розрахунку циклон типу ВТІ. Розміри циклону визначаються заданим ступенем дисперсності і швидкостями газу в самому циклоні (12 - 14 м/с), у вхідному отворі (18 - 20 м/с) і вихлопній трубі (4 - 8 м/с).

Вихідні дані для розрахунку:
продуктивність по сушильному агенту

$$V = \frac{L}{\rho_B} \quad (2.44)$$

$$V = \frac{3,95}{0,9} = 4,38 \text{ м}^3/\text{с};$$

найменший діаметр частинок, що вловлюються:

$$d_{\min} = 0,3 \text{ мм};$$

швидкість газової суміші
при вході в циклон:

$$\omega_{\text{вх}} = 20 \text{ м/с};$$

в циклоні:

$$\omega_{\text{ц}} = 12 \text{ м/с};$$

у вихлопній трубі:

$$\omega_{\text{тр}} = 8 \text{ м/с}$$

Площа перетину вхідного патрубку

$$S = b \cdot h = \frac{V}{\omega_{\text{вх}}} \quad (2.45)$$

$$S = \frac{4,38}{20} = 0,22 \text{ м}^2$$

Для циклонів типу ВТІ рекомендується $h = b \cdot 4$, тоді сторони перетину воздуховода

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$b = 0,5 \cdot \sqrt{S} \quad (2.46)$$

$$b = 0,5 \cdot \sqrt{0,22} = 0,23 \text{ м};$$

$$h = 4 \cdot b = 4 \cdot 0,23 = 0,92 \text{ м}$$

Орієнтовне значення діаметра циклону

$$D \approx 5,9 \cdot b \quad (2.47)$$

$$D = 5,9 \cdot 0,23 = 1,25 \text{ м},$$

приймаємо $D = 1,2 \text{ м}$.

Вважаємо, що осадження частинок підпорядковується закону Стокса. Тому швидкість осадження підраховуємо по формулі

$$\omega_o = \frac{d^2 \cdot (\rho_m - \rho_b) \cdot \omega_{ц}^2 \cdot \rho_b}{9 \cdot \mu \cdot D} \quad (2.48)$$

$$\omega_o = \frac{(0,3 \cdot 10^{-3})^2 \cdot (1742 - 0,9) \cdot 12^2 \cdot 0,9}{9 \cdot 0,0218 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2} = 0,22 \text{ м/с}$$

Проверяем правильность применения этой формулы по уравнению

$$Re = \frac{\omega_o \cdot d \cdot \rho_b}{\mu_b} \quad (2.49)$$

$$Re = \frac{0,22 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9}{0,0218 \cdot 10^{-3}} = 0,15 < 0,2,$$

т. е. формула застосовна.

Внутрішній діаметр вихлопної труби

$$d_{вн} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{V}{\omega_T}} \quad (2.50)$$

$$d_{вн} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{4,38}{8}} = 0,84 \text{ м}$$

Зовнішній діаметр вихлопної труби

$$d_H = d_{BH} + 2 \cdot \delta \quad (2.51)$$

де $\delta = 0,005$ м – прийнята товщина труби

$$d_H = 0,84 + 2 \cdot 0,005 = 0,85 \text{ м}$$

Діаметр циклону

$$D_{\text{ц}} = \frac{d_H}{1 - 10 \cdot \frac{\omega_o}{\omega_{\text{ц}}}} \quad (2.52)$$

$$D_{\text{ц}} = \frac{0,85}{1 - 10 \cdot \frac{0,22}{12}} = 1,05 \text{ м,}$$

т. к. розбіжність з раніше прийнятим значенням невелика, то приймаємо $D = 1,2$ м.

Висота циліндричної частини циклона

$$h_1 = \frac{2 \cdot V}{(D - d_H) \cdot \omega_{\text{ц}}} \quad (2.53)$$

$$h_1 = \frac{2 \cdot 4,38}{(1,2 - 0,85) \cdot 12} = 2,1 \text{ м}$$

Висота конусної частини циклону

$$h_2 = 5,05 \cdot b \quad (2.54)$$

$$h_2 = 5,05 \cdot 0,23 = 1,16 \text{ м}$$

Гідравлічний опір циклону

$$\Delta p = \zeta_{\text{ц}} \cdot \frac{\omega_{\text{вх}}^2 \cdot \rho_{\text{г}}}{2} \quad (2.55)$$

де $\zeta_{\text{ц}}$ – коефіцієнт опору для циклону типу ВТІ

$$\Delta p = 6 \cdot \frac{20^2 \cdot 0,9}{2} = 1080 \text{ Па}$$

Далі вибираємо вентилятор.

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Потужність, споживана вентилятором

$$N = \frac{V \cdot \Delta p}{1000 \cdot \eta} \quad (2.56)$$

де V – подача вентилятора, $\text{м}^3/\text{с}$; Δp – повний опір сушильної установки з урахуванням швидкісного напору, Па; $\eta = \eta_v \cdot \eta_{\text{пр}}$ – загальний ККД вентиляційної установки.

$$V = \frac{L}{\rho} \quad (2.57)$$

$$V = \frac{3,95}{0,9} = 4,38 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\Delta p = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{мс}} + \Delta p_{\text{суш}} + \Delta p_{\text{ц}} + \Delta p_{\text{ск}} \quad (2.58)$$

де

$$\Delta p_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \quad (2.59)$$

опір тертя повітропроводів, Па;

$$\Delta p_{\text{мс}} = \sum \zeta \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \quad (2.60)$$

місцевий опір, Па; $\Delta p_{\text{суш}}$ – опір сушарки, Па; $\Delta p_{\text{ц}}$ – опір циклонів;

$$\Delta p_{\text{ск}} = \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \quad (2.61)$$

швидкісний напір, Па.

У відповідності зі схемою сушильної установки приймаємо такі початкові дані для розрахунку:

загальна довжина повітряпроводів $\ell = 20$ м;

кількість засувки $n_z = 2$ шт.;

кількість відводів під кутом 90° $n_{\text{от}} = 2$ шт.

Швидкість газів в трубопроводах допускається в межах 10 - 20 м/с, приймаємо $\omega_1 = 20$ м/с.

З рівняння витрати знаходимо діаметр повітряпровода між апаратами

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot \omega}} \quad (2.62)$$

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$d = \sqrt{\frac{4,38}{0,785 \cdot 20}} = 0,53 \text{ м}$$

Приймаємо повітропровід з листового заліза діаметром 530x2 мм.

Уточнюємо швидкість руху повітря

$$\omega = \frac{V}{0,785 \cdot d^2} \quad (2.63)$$

$$\omega = \frac{4,38}{0,785 \cdot 0,53^2} = 20,0 \text{ м/с}$$

Швидкісний напір

$$\Delta p_{ск} = \frac{20,0^2 \cdot 0,9}{2} = 180 \text{ Па}$$

Величина критерію Re

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (2.64)$$

$$Re = \frac{20,0 \cdot 0,53 \cdot 0,9}{0,0218 \cdot 10^{-3}} = 437615$$

Значення коефіцієнта тертя

$$Re = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \quad (2.65)$$

$$Re = \frac{0,316}{437615^{0,25}} = 0,0123$$

Для відводів під кутом 90° і засувки знаходимо, що $\zeta_1 = \zeta_2 = 0,15$, тоді

$$\Delta p_{mp} + \Delta p_{мс} = \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \cdot \left(\lambda \cdot \frac{l}{D} + \sum \zeta_i \right) \quad (2.66)$$

$$\Delta p_{mp} + \Delta p_{мс} = 180 \cdot \left(0,0123 \cdot \frac{20}{0,53} + 2 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,15 \right) = 192 \text{ Па}$$

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Л и с т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Опір циклону коливається в межах 40-85 мм вод. ст., тоді

$$\Delta p_{\text{ц}} = 85 \cdot 9,81 = 834 \text{ Па}$$

Повний опір сушильної установки

$$\Delta p = 1080 + 180 + 192 + 834 = 2214 \text{ Па}$$

При ККД вентилятора $\eta = 0,8$ потужність, споживана вентилятором,

$$N = \frac{4,38 \cdot 2214}{1000 \cdot 0,8} = 12,1 \text{ кВт}$$

Приймаємо вентилятор В-Ц14-465К, який має продуктивність $V = 3,67 \text{ м}^3/\text{с}$, напір $\Delta p = 2360 \text{ Па}$ та потужність двигуна $N = 13,0 \text{ кВт}$.

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

3 Розрахунки на міцність та герметичність апарата

3.1 Визначення товщини стінки барабана

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 завантажуються і ізоляції являє собою рівномірно розподілене навантаження на довжині барабана, вага венцової шестерні - зосереджену силу.

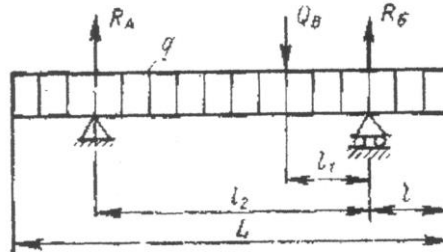


Рисунок 3.1 - Схема розподілу навантаження

Товщину стінки барабана вибирають по каталогу або попередньо розраховують за емпіричною формулою [6]

$$\delta = (0,006 \dots 0,011) \cdot D_{\text{б}} \quad (3.1)$$

$$\delta = (0,006 \dots 0,011) \cdot 2,0 = 0,012 \dots 0,022 \text{ м,}$$

приймаємо $\delta = 0,016 \text{ м} = 16 \text{ мм}$.

Маса матеріалу в сушильному барабані

$$G_{\text{м}} = 0,785 \cdot D^2 \cdot L_{\text{б}} \cdot \beta \cdot \rho \quad (3.2)$$

$$G_{\text{м}} = 0,785 \cdot 2,0^2 \cdot 12 \cdot 0,2 \cdot 1742 = 6557 \text{ кг}$$

Маса барабана

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

$$G_{\text{бар}} = 3,14 \cdot 2,0^2 \cdot 0,016 \cdot 8530 \cdot 12 = 6557 \text{ кг}$$

Маса ізоляції

$$G_{\text{из}} = \pi \cdot D \cdot \delta_{\text{из}} \cdot \rho_{\text{из}} \cdot L_{\text{б}} \quad (3.4)$$

где $\delta_{из} = 0,1$ м – товщина ізоляції, яка приймається в межах $\delta_{из} = 0,1 \dots 0,2$ м; $\rho_{из} = 250$ кг/м³ – щільність ізоляції (табл. XXVIII) [2]

$$G_{из} = 3,14 \cdot (2,0 + 2 \cdot 0,016) \cdot 0,1 \cdot 250 \cdot 12 = 1914 \text{ кг}$$

Сумарне навантаження

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

$$p = (6557 + 1914 + 10285) \cdot 9,81 = 164 \cdot 10^3 \text{ Н} = 0,164 \text{ МН}$$

Питоме навантаження на довжині барабана

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

$$q = \frac{0,164}{12} = 13,7 \cdot 10^{-3} \text{ МН/м}$$

Відстань між опорами

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

Згинальний момент від рівномірно розподіленого навантаження

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

$$M_1 = \frac{13,7 \cdot 10^{-3} \cdot 7,03^2}{8} = 0,085 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Для діаметра барабана $D = 2,0$ м вес венцової шестерні (см. с. 163) [6]: $P_{венц} = 13000$ Н.

Згинальний момент від зосередженого навантаження венцової шестерні

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

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

Сумарний момент, що вигинає

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Л и с т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$M_{\text{и}} = M_1 + M_2 \quad (3.9)$$

$$M_{\text{и}} = 0,085 + 0,023 = 0,108 \text{ МН}\cdot\text{м}$$

Крутний момент на барабані

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

$$M_{\text{кр}} = \frac{23,7 \cdot 10^{-3} \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 6,4} = 0,072 \text{ МН}\cdot\text{м}$$

Розрахунковий (наведений) момент

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

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

Момент опору перетину кільцевої стінки барабана

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

$$W = 0,785 \cdot 2,0^2 \cdot 0,016 = 0,0502 \text{ м}^3$$

Напруга в стінці барабана

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

$$\sigma_u = \frac{0,122}{0,0502} = 2,43 \text{ МН/м}^2,$$

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

Кільцевій момент інерції стінки барабана

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

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$I = \frac{3,14}{8} (2,0 + 0,016)^3 \cdot 0,016 = 0,0515 \text{ м}^4$$

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

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

$$f_1 = \frac{5 \cdot 13,7 \cdot 10^{-3} \cdot 7,03^4}{384 \cdot 1,9 \cdot 10^5 \cdot 0,0515} = 0,45 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Прогин під дією сили ваги венцової шестерні

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

$$f_2 = \frac{13000 \cdot 10^{-6} \cdot 7,03^3}{48 \cdot 1,9 \cdot 10^5 \cdot 0,0515} = 0,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

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

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

тобто умова жорсткості барабана виконується.

3.2 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 прямокутного або коробчатого перетину. Для барабанів з $D > 1,0 \text{ м}$ найчастіше застосовують вільне кріплення бандажів, які надягають на чавунні або сталеві башмаки. Башмаки повернені наполегливими головками в різні боки для попередження осьового зсуву бандажа.

Реакцію опорного ролика визначаємо за формулою

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Л и с т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

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

$$R_p = \frac{(0,164 + 0,013) \cdot \cos 6^\circ 8'}{2 \cdot 2 \cdot \cos 30^\circ} = 0,046 \text{ МН},$$

де $\alpha = 6^\circ 8'$ – кут нахилу барабана; $\varphi = 60^\circ$ – кут між опорними роликами; z – число бандажів.

Діаметр опорного ролика

$$d_p = \frac{D}{3 \dots 4} = \frac{2000}{3 \dots 4} = 500 \dots 667 \text{ мм},$$

приймаємо $d_p = 550$ мм.

Приймаємо число башмаків (парне число): $n_6 = 8$.

Матеріал башмака і роликів – Сталь 45 Л, модуль пружності якої $E_1 = E_2 = 2 \cdot 10^5$ МПа, допустиме напруження на вигин $[\sigma_{\text{в}}] = 50$ МПа, , допустиме контактне напруження $[\sigma_{\text{к}}] = 500$ МПа (см. с. 256) [4].

Кут між башмаками

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

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

Число башмаків в одному квадранті

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

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

приймаємо $n_{61} = 2$.

Сила, що діє на найнижчий башмак

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

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Л и с т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

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

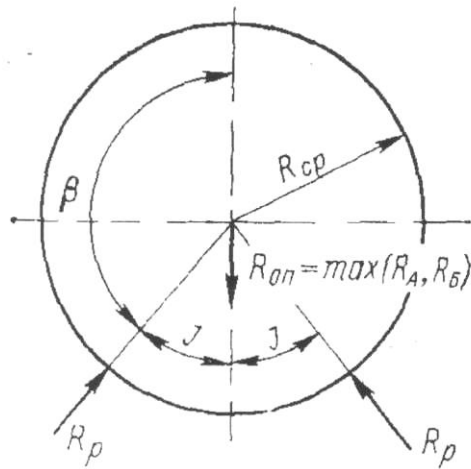


Рисунок 3.2 - Схема дії реакцій

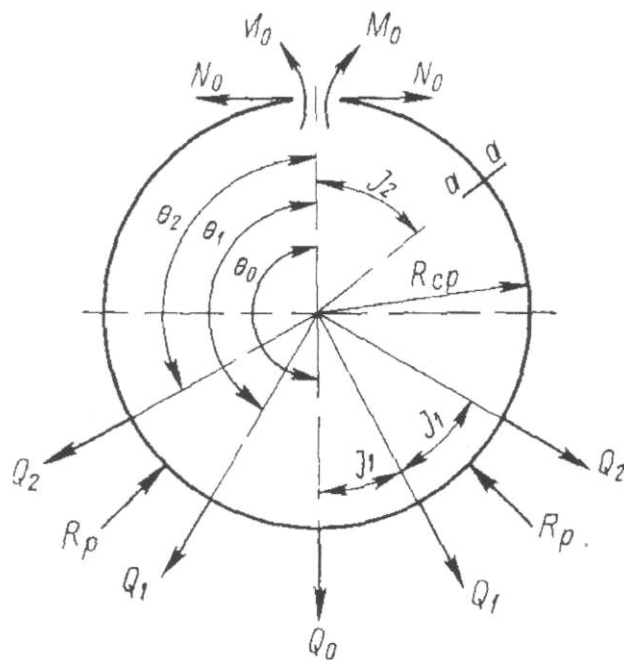


Рисунок 3.3 - Навантаження, які діють на бандаж

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

6.133.03.00.00.00 ПЗ

Лист

Сили, що діють на башмаки за формулою 3.149 [4]

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

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

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

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

$$D_{\text{ср.б}} = 1,2 \cdot (2,0 + 2 \cdot 0,016) = 2,44 \text{ м} = 2440 \text{ мм};$$

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

$$R_{\text{ср}} = \frac{2440}{2} = 1220 \text{ мм} = 1,22 \text{ м}$$

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

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

$$M_{o0} = -\frac{23 \cdot 1,22}{2 \cdot 3,14} \cdot \left(1 + \frac{1}{\cos 150^\circ} - (3,14 - 2,61) \cdot \text{tg} 150^\circ\right) = -0,65 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{o1} = -\frac{Q_1 \cdot R_{\text{ср}}}{\pi} \cdot \left(1 - \frac{\cos \Theta_1}{\cos \beta} - (\pi - \Theta_1) \cdot \sin \Theta_1 + (\pi - \beta) \cdot \cos \Theta_1\right) \quad (3.25)$$

$$M_{o1} = -\frac{16,3 \cdot 1,22}{3,14} \cdot \left(1 - \frac{\cos 135^\circ}{\cos 150^\circ} - (3,14 - 2,355) \cdot \sin 135^\circ + (3,14 - 2,61) \cdot \cos 135^\circ \cdot \operatorname{tg} 150^\circ\right) =$$

$$= 0,91 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

Сумарний момент, що вигинає, в ключовому перетині

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

Ширина бандажа по формулі 3.163 [4] при $D_{н.б} > D_{ср.б}$ ($D_{н.б} = 3,2 \text{ м}$)

$$b = 0,59^2 \cdot \frac{R_p \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot 2 \cdot (D_{н.б} + d_p)}{[\sigma_k]^2 \cdot (E_1 + E_2) \cdot D_{н.б} \cdot d_p} \quad (3.26)$$

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

приймаємо $b = 160 \text{ мм}$.

Висота перерізу бандажа

$$h_\delta = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{\max}}{b \cdot [\sigma_n]}} \quad (3.27)$$

$$h_\delta = \sqrt{\frac{6 \cdot 0,26 \cdot 10^3}{0,16 \cdot 50 \cdot 10^6}} = 0,149 \text{ м} = 149 \text{ мм},$$

приймаємо $h_\delta = 160 \text{ мм}$.

3.3 Рорахунок упорного ролика

Для реалізації кочення упорного ролика по скошеної бічній поверхні бандажу без прослизання вершина конічної поверхні ролика повинна знаходитися на осі барабана. При утримуванні барабана від сповзання на завзятий ролик діє складова сила тяжіння барабана

$$A = p \cdot \sin \alpha \quad (3.29)$$

$$A = (0,164 + 0,013) \cdot \sin 6^\circ 8' = 0,00864 \text{ МН} = 8,64 \text{ кН}.$$

Середній діаметр бандажа

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Л и с т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$D_{cp} = D_{н.б} - h_б \quad (3.30)$$

$$D_{cp} = 2500 - 150 = 2350 \text{ мм.}$$

Кут γ при вершині конуса упорного ролика

$$\frac{\gamma}{2} = \arctg \frac{d_{yp}}{d_{cp}}, \quad (3.31)$$

$$\frac{\gamma}{2} = \arctg \frac{300}{2350} = 7^{\circ}18'$$

где $d_{yp} = 300$ мм, средний диаметр упорного ролика принятый по нормалям.

Сила T , нормальна до бічної поверхні ролика

$$T = \frac{A}{\cos \frac{\gamma}{2}} \quad (3.32)$$

$$T = \frac{8,64}{\cos 7^{\circ}18'} = 8,71 \text{ кН.}$$

Контактні напруги матеріалу упорного ролика

$$\sigma_k = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{T \cdot E}{h_{yp} \cdot \left(\frac{D_{cp}}{2}\right) \cdot \sin \frac{\gamma}{2}}} \quad (3.33)$$

$$\sigma_k = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{8,71 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^5}{0,3 \cdot \left(\frac{2,35}{2}\right) \cdot \sin 7^{\circ}18'}} = 197 \text{ МПа,}$$

при дозвольному значенні $[\sigma_k] = 500$ МПа для Сталі 45Л. Отже умова контактної міцності

$$\sigma_k < [\sigma_k]$$

виконується.

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Л и с т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

заклепками. По закінченню вивірки шестерні встановлюють пружини. Пружини повинні прилягати до корпусу барабана без зазору, але і без значного натягу.

Використовуючи отвори в встановлених пружинах як кондуктор, в корпусі барабана свердлять отвори під заклепки. Після того як пружини підготовлені, проводиться клепка, і після неї - повторна перевірка шестерні на радіальне і осьове биття.

Подвенцова шестерня повинна бути встановлена під тим же кутом нахилу, що і корпус барабана. За базу при її вивірці служить встановлена і вивірена венцова шестерня.

При цьому радіальний зазор не повинен перевищувати $0,2m + (5 \div 7)$ мм, а боковий - $1 \div 1,5$ мм (m - модуль зачеплення).

Після вивірки подвенцової шестерні встановлюється редуктор приводу, який також повинен бути встановлений під тим же кутом нахилу, що і корпус барабана. Встановлюють і вивіряють редуктор на клинах. Вивірка в вертикальній площині проводиться за допомогою рівня з ціною ділення поділів 0,1 мм на 1 м. Допустимі відхилення при вивірці в межах ± 5 поділів рівня. Співвісність валів перевіряють за допомогою скоб шляхом заміру зазорів через 20° повороту валів. Після закінчення вивірки і обтягування анкерних болтів все регулюючі подкладки зварюються і підливають бетоном. Також встановлюється і вивіряється електродвигун.

Після монтажу барабанну сушарку піддають обкатці. Перед пробним пуском повинно бути перевірено наявність мастила і надходження її до всіх місць, що підлягають мастилі. При обкатці всі механізми повинні працювати (переміщатися) плавно, без заїдань, а також без вібрацій і надмірного шуму. Якщо ніяких дефектів не виявлено, то барабанна сушарка обкатується протягом 4 годин. При обкатці триває спостереження за поведінкою всіх механізмів, особливо підшипників, температура яких не повинна перевищувати 65°C . Бандажі повинні котитися по роликam всією поверхнею. Не повинно бути витоків масла з масляної системи.

При роботі барабан не повинен мати осьового зсуву в бік холодного або гарячого кінця. Осьовий зсув барабана усувається шляхом розвороту опорних роликів на кут, що встановлюється дослідним шляхом. Потім проводиться обкатка сушильного барабана без навантаження протягом 36 годин і під навантаженням - протягом 48 годин.

4.2 Ремонт апарата

Барабанні сушарки об'єднують в собі ознаки апарату і машини і їм притаманні несправності, характерні для обох типів обладнання.

У барабанних сушарках швидкого зносу піддаються вкладиші підшипників роликів опор, ущільнювальні кільця, ролики, бандажі, первинна шестерня. У місці подачі гарячих газів можливий прогар ділянки кожуха або деформація його внаслідок впливу високих температур.

Поточний ремонт сушарки проводять через 720 ч. Протягом 6 - 16 год. з праце-витратами 10 - 40 чел/год. Середній ремонт проводять через 8640 год про-

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

5 Охорона праці

5.1 Аналіз потенційних небезпек і шкідливостей під час роботи

Завдання охорони праці - звести до мінімальної ймовірності поразки або захворювання працюючого, з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Продуктивність праці підвищується за рахунок збереження здоров'я і працездатності людини, продовження його активної трудової діяльності, зменшення кількості аварій і т.п. Поліпшення умов праці та його безпеки призводить до зниження виробничого травматизму і професійних захворювань, що зберігає здоров'я трудящих.

У проектованому апараті наступні потенційні небезпеки і шкідливості відповідно до ГОСТ 12.0.003 - 74:

3.1.1 Небезпека отримання термічних опіків.

Ця небезпека відноситься до фізичної групи. Процес сушки відбувається при температурі 130°C, а отже поверхню барабанної сушарки, а також підводи і відводи комунікацій будуть нагріватися до зазначеної температури. При дотику до зовнішньої поверхні апарату, людина може отримати термічний опік. Відповідно до СН 245 - 79 температура зовнішніх поверхонь не повинна перевищувати 45°C;

3.1.2 Небезпека ураження легень дрібнодисперсного пилом.

При оцінці токсичної дії пилу необхідно враховувати такі фактори, як дисперсність, форма частинок, розчинність, хімічний склад. Найбільшу небезпеку становлять пилу з частинками розміром від 3 до 10 мкм. Частинки розміром більше 10 мкм. осідають у верхніх дихальних шляхах, а розміром менше 3 мкм видихаються, не затримуючись в легенях.

Розчинність пилу в воді і тканинних рідинах може мати і позитивне і негативне значення. Якщо пила не токсична і дію її на тканину зводиться до механічного подразнення, то хороша розчинність такого пилу є благодійним фактором, який сприяє швидкому видаленню її з легких. У разі токсичного пилу хороша розчинність є негативним фактором.

Однак і не отруйна пил при значних концентраціях виявляє на організм шкідливий вплив. Вона засмічує і подразнює слизові оболонки очей, шкіру, верхні дихальні шляхи і викликає різні легеневі захворювання. Захворювання легенів, пов'язані з впливом на них пилу, називаються пневмокониозами.

3.1.3 Небезпека вибуху і пожежі.

Суміш дрібнодисперсного пилу добрива з повітрям на підставі "Правил виготовлення вибухозахисного та рудникового обладнання" за класифікацією ПУЕ відноситься до четвертої категорії вибухонебезпечності;

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

3.1.4 Небезпека падіння з висоти.

Висота барабанної сушарки більше 3 м. При обслуговуванні, ремонті або огляді апарату людина може впасти з висоти.

3.2 Загальні заходи безпеки

Передбачаються наступні заходи щодо усунення потенціальних небезпек і шкідливостей:

3.2.1 Для усунення небезпеки отримання термічних опіків застосувати теплоізоляцію, щоб знизити температуру стінки до 45°C.

3.2.2 Для усунення небезпеки появи пилу у робочому середовищі в проєктованому об'єкті передбачено:

1) застосування паронітових прокладок в місцях з'єднання сполучених поверхонь і фланців трубопроводів;

2) перевірка якості повітря в робочій зоні.

3.2.3 Для усунення небезпеки вибуху і пожежі виробничі приміщення забезпечити надійної загальнообмінною припливно-витяжною вентиляцією з застосуванням радіальних вентиляторів іскрозахищеного виконання.

3.2.4 Для усунення небезпеки падіння з висоти необхідно застосувати огорожі обслуговуючих майданчиків і стежити за їх чистотою.

3.2.5 Захист від статичної електрики проводити відповідно до чинних "Правил захисту від статичної електрики в виробництвах хімічної промисловості":

1) освітлювальна та силова електропроводки виконуються з дотриманням правил вибухонебезпечності і містяться в справному стані;

2) установка електроприводів, пускачів і засобів автоматизації допускаються тільки у вибухонебезпечному виконанні;

3) опір токоотводів і контуру не повинно перевищувати 100 Ом;

4) вся силова електропроводка, що розміщується у виробничому приміщенні повинна прокладатися в місцях, доступних для зовнішнього огляду і не полягають заливання її рідиною.

Застосування перерахованих вище заходів допоможе поліпшити умови праці і звести виробничий травматизм до мінімуму.

Все виробниче обладнання повинно бути у справному стані, чистоті, порядку. Відповідальність за правильну експлуатацію технологічного обладнання, пристроїв і оснащення несуть начальник, технолог виробництва і особа, яка безпосередньо експлуатує обладнання.

Ремонт і контроль за станом обладнання повинен здійснюватися в терміни, передбачені графіком планово-попереджувального ремонту.

За наявність і справність огорожувальних пристроїв до обладнання несе відповідальність механік виробництва, а за правильність їх використання - майстер зміни.

Все обладнання повинно бути заземлено. За справністю і надійністю заземлення повинен бути встановлений постійний контроль службою енергетика вироб-

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

бництва.

Все обладнання та ємності повинні бути доступні для внутрішнього огляду і очищення від залишків пожежонебезпечних матеріалів.

Конструкція і стан апаратів і окремих вузлів устаткування повинні виключати потрапляння пожежонебезпечних речовин продуктів в зазори між трутьєя металевими або іншими твердими частинами обладнання.

Поверхня апаратів і комунікацій повинна бути гладкою, легко очищається від продукції.

Для очищення і промивання устаткування використовують, в основному, воду.

Повсякденне спостереження за роботою контрольно-вимірювальної апаратури (КВП) веде виробничий майстер, а метрологічний нагляд - майстер КВП.

На шкалах контрольно-вимірювальних приладів або близько приладів повинні бути чітко позначені показники гранично допустимих значень заданих параметрів (червона риска, червона стрілка, цифрові показники і т.д.).

Все транспортують пристрої повинні бути доступні і зручні для огляду і очищення від продукту. Звільнення засувок, вентилів, кранів повинно бути зручно і доступно з підлоги або зі спеціальних майданчиків.

Захисні пристрої і огорожі призначені для захисту працюючих від механічних пошкоджень, що рухаються. Знімати огороження в разі ремонту обладнання допускається після повної зупинки обладнання і тільки з дозволу виробничого майстра. За наявність захисних огорожень, їх утримання та експлуатацію несуть відповідальність майстер зміни і начальник виробництва.

Роботу вентиляційних установок (перевірку їх справності та відповідності проекту, перевірку ефективності дії з відбором проб для аналізу повітряного середовища, ефективності очищення повітря, що викидається в атмосферу, своєчасність очищення вентиляційної системи, чистоти подається в припливну систему повітря і відповідності його заданим температурним режимом) контролює служба головного механіка (енергетика).

Ремонт вентиляційних систем забороняється проводити без попереднього очищення, промивання, продування і оформлення відповідного акту про очищення системи.

Перед початком роботи повинні бути ретельно перевірені справність обладнання, комунікацій, пристосувань, контрольно-вимірювальних приладів, приладів автоматики дистанційного керування, мережі електричного освітлення, вентиляції, допоміжного обладнання, захисно-огорожувальних та блокувальних пристроїв, засобів пожежогасіння і сигналізації, аварійних і запасних пристроїв для пуску і зупинки устаткування, наявність інструменту, а також наявність електроенергії, пара, води, стисненого повітря і підготовленість сировини і матеріалів, про що повинен бути зроблений відповідний запис в журналі приймання та здавання змін.

Все обладнання повинно бути оглянуто і перевірено пуском на холостому ході.

Забороняється залишати без безпосереднього нагляду або контролю з

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

пульта працююче обладнання.

Забороняється вести роботу на несправному або забрудненому обладнанні і з несправними приладами, некондиційними або забрудненими матеріалами і невідповідним інструментом, а також при непрацюючій вентиляції, несправній системі пожежогасіння або при відсутності відповідних засобів пожежогасіння.

Для поточного обслуговування обладнання в розпорядження виробничого майстра виділяються спеціально навчені і проінструктовані слюсарі і електромонтери. Технічне керівництво ними здійснюють механік, енергетик і майстер КВП.

На шкалах контрольно-вимірювальних приладів або близько приладів повинні бути чітко позначені показники гранично допустимих значень заданих параметрів (червона риска, червона стрілка, цифрові показники і т.д.).

Все транспортують пристрої повинні бути доступні і зручні для огляду і очищення від продукту. Звільнення засувки, вентилів, кранів повинно бути зручно і доступно з підлоги або зі спеціальних майданчиків.

Усі проведені види ремонту при поточному обслуговуванні обладнання слюсар і електромонтер заносять в журнал приймання і здавання зміни.

Ремонт, розбирання та складання технологічних транспортують коштів можна проводити тільки після повного очищення їх від продукції зі складанням акту про проведені роботи.

Захисні пристрої і огорожі призначені для захисту працюючих від механічних пошкоджень, що рухаються. Знімати огороження в разі ремонту обладнання допускається після повної зупинки обладнання і тільки з дозволу виробничого майстра. За наявність захисних о огорожень, їх утримання та експлуатацію несуть відповідальність майстер зміни і начальник виробництва.

Роботу вентиляційних установок (перевірку їх справності та відповідності проекту, перевірку ефективності дії з відбором проб для аналізу повітряного середовища, ефективності очищення повітря, що викидається в атмосферу, своєчасність очищення вентиляційної системи, чистоти подається в при-точну систему повітря і відповідності його заданому температурному режиму) контролює служба головного механіка (енергетика).

Ремонт вентиляційних систем забороняється проводити без попереднього котельної очищення, промивання, продування і оформлення відповідного акту про очищення системи.

Устаткування виробництва при підготовці до монтажних або ремонтних робіт очищається від залишків продукції шляхом промивання, протирання, випалу і т.д. Підготовленість обладнання (або всього приміщення) перевіряють комісії, які призначаються розпорядженням начальника виробництва.

Приміщення та обладнання при підготовці до монтажних і ремонтних робіт із застосуванням вогню (газоелектрозварення і ін.) приймає комісія під головуванням начальника виробництва в складі начальника ділянки, механіка (енергетика), заступника начальника виробництва з охорони праці та техніки безпеки і представника пожежної охорони.

Приміщення та обладнання при підготовці до монтажних і ремонтних робіт без застосування вогню приймає комісія в тому ж складі, але без участі

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

представника пожежної охорони.

Комісія складає акт перевірки з висновком про можливість проведення ремонтно-монтажних робіт.

Забороняється проводити ремонт без зупинки решти устаткування на ділянках, де працює обладнання може становити загрозу для осіб, зайнятих ремонтними роботами.

Дрібні ремонтні роботи, проведення яких допускається (як виняток) без зупинки виробництва або без звільнення обладнання, повинні бути організовані так, щоб вони не могли стати причиною загоряння або вибуху устаткування, що ремонтується. Місце проведення ремонту повинно бути рясно змочена водою і підтримуватися в мокрому або вологому стані. Інструмент повинен бути виготовлений з іскробезпечного матеріалу.

Спецодяг: білизна натільна бавовняну, костюм бавовняний, комбінезон бавовняний, халат бавовняний, косинка, бере бавовняні; фартух з прогумованої тканини, спецвзуття: тапочки (без металевих цвяхів, підківок і т.д.), калоші гумові, чоботи гумові.

Для захисту органів дихання працюючих на операціях з виділенням пилу - респіратор, для захисту рук від впливу розчинників і шкідливих речовин - рукавички гумові і бавовняні.

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Л и с т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Список літератури

1. Дубинін А. І., Гаврилів Р. І., Гузьова І. О. Процеси та апарати хімічної технології. Львів, 2012, 360 с.
2. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Ленинград, Химия, 1987, 576 с.
3. Соколов В. Н. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи. Ленинград, Машиностроение, 1982, 384 с.
4. Дытнерский Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. Москва, Химия, 1983, 272 с.
5. Джон Г. Перри. Справочник инженера – химика. Ленинград, Химия, 1969, 280 с.
6. Стабников В. Н. Проектирование процессов и аппаратов пищевых производств. Киев, Вища школа, 1982, 199 с.
7. Чечель П. С. Процессы и аппараты химической технологии. Киев, Высшая школа, 1974, 276 с.
8. Лащинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов, Справочник. Ленинград, Машиностроение, 1981, 382 с.
9. Чернобыльский И. И., Тананайко Ю. М. Сушильные установки химической промышленности. Киев, Техника, 1969, 280 с.
10. Муштаев В. И., Ульянов В. М. Сушка дисперсионных материалов. Москва, Химия, 1988, 352 с.

					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Л и с т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



					6.133.03.00.00.00 ПЗ	Л и с т
Изм	Л и с т	№ докум.	Подп.	Дата		