

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра машини і апарати харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 2024р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Олександр ГАВВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

Зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг фармацевтичних та біотехнологічних виробництв

на тему: Удосконалення конструкції апарату розпилювального типу для висушування порошків для інгаляцій

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ОФ-2-5М

_____ Годовний Олександр Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Житнецький Ігор Володимирович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут імені акад. І. С. Гулого
Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв
Освітній ступінь «Магістр»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма: Інжиніринг фармацевтичних та біотехнологічних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАХФВ

Олександр ГАВВА

“ ___ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Годовний Олександр Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема Удосконалення конструкції апарату розпилювального типу для висушування порошків для інгаляцій

керівник роботи Житнецький Ігор Володимирович, к.т.н, доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 20.11.2023 р. № 940-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2024

3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання; кресленики обладнання; навчальна нормативна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація (українською та англійською мовами); Вступ; Матеріали і методи досліджень; Результати досліджень, їх математично-статистичне оброблення, пояснення та обговорення; Маркетингове (техніко-економічне), соціальне обґрунтування проекту; Застосування результатів (модернізація обладнання, реконструкція лінії); Безпека життєдіяльності; Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу:

Слайди презентації: Актуальність теми; Сучасний стан наукової та практичної проблеми; Мета, завдання, об'єкт і предмети досліджень; Матеріали і методи досліджень; Результати досліджень та їх математично-статистичне оброблення, Висновки.

Креслення: Модернізація обладнання, реконструкція лінії (3-4 листи).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Технологія</i>	<i>доц., Юрій Бойко</i>		
<i>машинобудування</i>			

7. Дата видачі завдання 01.11.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Розділи пояснювальної записки:		виконано
	Анотація, зміст	10.11.2023	виконано
	Аналіз сучасного об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження.	30.11.2023	виконано
	Розробка нових технічних рішень об'єкта дослідження. Розпилення різними видами розпилювальних вузлів.	10.12.2023	виконано
	Дослідження процесу розпилення. Дослідження технологічного процесу висушування ромашки. Вдосконалення апарату.	12.12.2023	виконано
	Розрахунок розпилювальної сушарки.	11.01.2024	виконано
	Монтаж, ремонт та технічне обслуговування розпилювальної сушарки.	20.01.2024	виконано
	Охорона праці.	20.01.2024	виконано
	Висновки	27.01.2024	виконано
	Презентація та креслення	1.02.2024	виконано

Здобувач

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Олександр ГОДОВНИЙ

(прізвище та ініціали)

Ігор ЖИТНЕЦЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

Анотація

Під час виконання була запропонована модернізація розпилювальної сушарки для висушування порошків для інгаляцій. Метою модернізації було підвищення продуктивності сушарки, зменшення енерговитрат на протікання процесу та зменшення собівартості продукції. При цьому необхідно було по можливості залишити незмінними основні габаритні розміри сушарки.

Був удосконалений процес сушіння розпилювальними продуктами і запропонована заміна на більш ефективну форсунку для розпилу порошків для інгаляцій.

В ході проведення науково-дослідної роботи та аналізу технологічних та конструктивних рішень процесу сушіння рідких та пастоподібних речовин було відмічено, що найбільш ефективно процес сушіння протікає в розпилювальних сушарках при розпилювання продукту всередині корпусу сушарки форсунками. Техніко-економічне обґрунтування модернізації та подальші техніко-економічні розрахунки її впровадження лише підтвердили доцільність запропонованого вдосконалення існуючої сушарки. Представлені пропозиції з монтажу та експлуатації.

Ключові слова: розпилювальна сушарка, порошки для інгаляцій, модернізація, удосконалення.

ANNOTATION

In the course of the project, it was proposed to modernize a spray dryer for drying powders for inhalation. The purpose of the modernization was to increase the dryer's productivity, reduce energy consumption for the process and reduce the cost of production. At the same time, it was necessary to keep the main dimensions of the dryer as unchanged as possible.

The process of drying with atomized products was improved and a replacement for a more efficient nozzle for atomizing powders for inhalation was proposed.

During the research and development work and analysis of technological and design solutions for the drying process of liquid and paste-like substances, it was noted that the drying process is most efficient in spray dryers when the product is sprayed inside the dryer body by nozzles. The feasibility study of the modernization and further technical and economic calculations of its implementation only confirmed the feasibility of the proposed improvement of the existing dryer. Proposals for installation and operation are presented.

Keywords: spray dryer, powders for inhalation, modernization, improvement.

ЗМІСТ

Анотація	1-2
Вступ	3-4
1. Аналіз сучасного об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження	5-24
1.1 Технологічні аспекти процесу сушіння	5-9
1.2. Конструктивні особливості розпилювальних сушарок	9-18
1.3 Застосування порошків для інгаляцій	19-21
1.4 Інженерія частинок для створення нових носіїв для інгаляції сухих порошків	21
1.5 Характеристика розміру розпилювальної сушарки	21-23
1.6 Переваги і недоліки розпилювальних сушарок	24
2. Розробка нових технічних рішень об'єкта дослідження. Розпилення різними видами розпилювальних вузлів. Мета, предмет дослідження і актуальність теми	25-27
2.1 Мета, об'єкт і предмет дослідження. Актуальність теми	25
2.2 Розпилення різними видами розпилювальних вузлів	25-27
3. Дослідження процесу розпилення. Дослідження технологічного процесу висушування ромашки. Вдосконалення апарату	28-39
3.1 Аналітичні дослідження розпилювальних форсунок	28
3.2 Порівняння механічних і пневматичних форсунок	29-30
3.3 Переваги і недоліки механічної і пневматичної форсунки	30-31
3.4 Принципова технологічна схема отримання порошку для інгаляції	32-33
3.5 Опис технологічного процесу	33-36
3.6 Предмет дослідження і удосконалення	36-37
3.7 Науково-дослідна частина	37-39

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Житнецький ІВ,	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> МАХФВ	<i>Розробник документа</i> Годобний О.С.	<i>Назва, додаткова назва</i>	221903.KP.12.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/

4. Розрахунок розпилювальної сушарки	40-61
4.1. Технологічні розрахунки.....	40-42
4.2. Конструктивні розрахунки.....	42-43
4.3 Розрахунок циклона.....	44-55
4.4 Розрахунок елементів конструкції.....	55-60
4.5. Енергетичні і теплові розрахунки.....	60-61
5. Монтаж, ремонт та технічне обслуговування розпилювальної сушарки	62-68
6. Охорона праці	69-83
Висновки.....	84
Список використаної літератури	85-87

Вступ

Забезпечення здорового виживання людини є ключовим питанням сьогодення.

Одним із пріоритетних напрямків науково-технічного розвитку є сучасні біотехнології, терапії та фармацевтичні препарати.

Фармацевтична промисловість є важливою галуззю національної економіки. Фармацевтична промисловість є однією з основних галузей промисловості в розвинених країнах. Галузь робить значний внесок до державного бюджету і є соціально важливою. Фармацевтична продукція користується великим попитом на споживчих ринках усіх соціальних груп, від немовлят (наприклад, сухі молочні суміші, одноразові підгузки) до пенсіонерів (лікарські препарати різного призначення). До лікарських засобів відносяться не тільки фармацевтичні препарати, але й дистильована вода та косметичні засоби (наприклад, креми, лосьйони та лікарські інгредієнти в косметиці).

Наша країна має необхідні передумови (науковий потенціал та обладнання) для високорозвиненої фармацевтичної промисловості. Варто зазначити, що в останні роки спостерігається значне зростання інноваційної активності вітчизняних фармацевтичних компаній.

Фармацевтична промисловість в Україні вже сформована і базується на вітчизняній фармацевтичній промисловості. Наразі налічується близько 172 виробників фармацевтичної продукції. Наразі випуск фармацевтичної продукції становить понад 1,1% від обсягу промислового виробництва. Виробничі потужності України дозволяють щорічно виробляти 1,9 млрд. упаковок таблеток, 840 млн. одиниць ін'єкційних розчинів та 480 млн. одиниць капсул.

Центрами фармацевтичної промисловості є Київ, Харків, Львів та Донецьк. Київська, Харківська, Львівська та Донецька області. Найбільші

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Житнецький ІВ,</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> МАХФВ	<i>Розробник документа</i> <i>Годовний О.С.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>	221903.KP.12.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/

українські компанії створили центри з розробки нових лікарських засобів.

Українські фармацевтичні компанії можна розділити на три групи:

- Група 1: великі заводи (5 компаній);
- Група 2: середні підприємства (близько 30 компаній); та
- Група 3: інші підприємства, що виробляють один-два види лікарських засобів.

Розподіл фармацевтичних компаній з найбільшими обсягами виробництва і, відповідно, найбільшою часткою фармацевтичного ринку України, а також фармацевтичних компаній з найсучаснішими виробничими потужностями в галузі виглядає наступним чином:

1. ЗАТ "Фармацевтична фірма "Дарниця", м. Київ - 15%;
2. ВАТ "Київмедпрепарат", м. Київ - 14,5%;
3. ТОВ "Фармацевтична фірма "Здоров'я" (м. Харків) - 13%;
4. ПАТ "Фармак" (м. Київ) - 11%;
5. ЗАТ НВЦ "Борщагівський хіміко-фармацевтичний завод" (м. Київ) - 8%;
6. ЗАТ "Індал" (м. Київ) - 5,5%;
7. ДП "Біостимулятор" (м. Одеса) - 5%;
8. ВАТ "Галичфарм" (м. Львів) - 4%;
9. ВАТ "Київський вітамінний завод" (м. Київ) - 3,5%.

Сьогодні фармацевтична промисловість стрімко розвивається, а існуюче обладнання втрачає свою актуальність і конкурентоспроможність, що змушує інженерів вдосконалювати існуюче обладнання або виготовляти нове. Тенденції вдосконалення фармацевтичного обладнання включають зменшення габаритних розмірів, використання більш дешевих матеріалів, продовження терміну служби, підвищення продуктивності та зниження загальних витрат. Водночас обладнання має відповідати фармацевтичним стандартам і бути безпечним для навколишнього середовища та людей.

1. Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження

1.1 Технологічні аспекти процесу сушіння

Сушіння - це процес, під час якого матеріали піддаються тепловій обробці для зменшення їх вологості, що призводить до поліпшення якості продукції, запобігання псуванню і злежуванню, зменшення ваги і поліпшення умов транспортування і зберігання.

Сушарки проектується відповідно до масштабу виробництва і характеристик матеріалу, і сушать матеріал під атмосферним тиском або вакуумом, зі статичним, рухомим або переміщуваним матеріалом.

Процес сушіння здійснюється циклічно або безперервно з використанням різних методів теплопередачі, включаючи контактну, конвекційну, радіаційну, високочастотний струм, інфрачервоне випромінювання і сублімаційне сушіння.

Кондуктивне і конвективне сушіння найбільш поширені в харчовій промисловості.

Кондуктивні сушарки сушать матеріали шляхом передачі тепла через контакт з нагрітою поверхнею, тоді як конвективні сушарки передають тепло безпосередньо від теплоносія до матеріалу. Це видаляє вологу, пов'язану з матеріалом механічними та фізико-хімічними силами. Хімічно зв'язана волога не видаляється, оскільки матеріал руйнується.

З одного боку, процес сушіння є дифузійним, оскільки волога переноситься з внутрішніх шарів на поверхню матеріалу шляхом дифузії; з іншого боку, він є тепловим, оскільки волога випаровується з поверхні матеріалу при подачі тепла.

У більшості випадків в якості теплоносія для сушіння харчових продуктів використовується нагріте повітря або газу, що утворюються при спалюванні палива.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Житнецький ІВ,	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> МАХФВ	<i>Розробник документа</i> Годобний О.С.	<i>Назва, додаткова назва</i>	221903.КР.12.000.ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.						<i>Інд. змін.</i>

Найпоширенішими сушарками в харчовій промисловості є барабанні, камерні, шахтні, стрічкові, сушарки псевдозрідженого шару, вібраційні та розпилувальні сушарки.

Процес видалення води з мікробіологічних синтетичних проміжних продуктів є одним із завершальних етапів виробництва біологічно активних фармацевтичних препаратів. Перед початком процесу сушіння культуральне середовище, що містить дріжджі, амінокислоти та ферменти, має вологість 30-60%. У сушильній установці вони зневоднюються до вологості 5-12%.

Сушіння мікробних продуктів - складний процес. Всі продукти мікробіологічного синтезу можна розділити на дві основні групи:

- Продукти, які не потребують підтримки мікробної життєздатності або високої лікарської активності після сушіння і використовуються як джерело поживних речовин (наприклад, кормові дріжджі, водорості, амінокислоти);

- продукти, які повинні зберігати життєздатність лікарських засобів і високу активність після сушіння (наприклад, антибіотики, багато бактерій і ферментів, засоби захисту рослин).

Звичайно, для першої групи продуктів можна використовувати більш жорсткі умови термічного сушіння, в той час як для другої групи продуктів слід використовувати щадний низькотемпературний режим короткочасного сушіння.

Вибір методу сушіння та оптимізація конструкції сушильної установки пов'язані з характеристиками продуктів, що підлягають сушінню. Для розрахунку процесу сушіння необхідно знати вологість, капілярну структуру, в'язкість, поверхневий натяг, теплоємність, теплопровідність і коефіцієнт теплопровідності, піролізність і хімічний склад сировини і кінцевого продукту.

Біологічно активні речовини зазнають значних змін під час сушіння, спричинених підвищенням концентрації певних сполук, зміною температури абсорбенту, кисню в повітрі та реакціями середовища. В результаті можуть утворюватися нові сполуки, інактивуватися активні речовини і порушуватися

життєздатність клітин. Тому всі ці фактори необхідно враховувати при виборі методів сушіння і типів рослин.

Наприклад, процес зневоднення суспензій кормових дріжджів до вмісту сухих речовин 20-25% здійснюється за допомогою вальцьових, розпилювальних або псевдозріджених сушарок. Для запобігання денатурації білка процес сушіння проводять при суворому температурному контролі.

На вальцьових сушарках границя температури теплоносія складає 70-80°C, на розпилювальних – 300°C, з киплячим шаром – 300°C.

Концентрати, що містять такі амінокислоти, як лізин, гістидин, аргінін і триптофан, сушать до вмісту вологи 8-10% за допомогою розпилювальних стрічкових сушарок або сушарок з псевдозрідженим шаром. Амінокислоти дуже чутливі до підвищення температури сушіння, тобто вони термочутливі. Наприклад, лізин втрачається при сушінні з наповнювачами (наприклад, кормові дріжджі, висівки) при температурі вище 60-70°C. На вихід лізину при сушінні також впливає присутність інших амінокислот, вуглеводів, бактеріальної біомаси та інших компонентів, які під впливом температури можуть спричинити утворення з лізином інших речовин.

Сушіння ферментних препаратів з початковим вмістом сухих речовин 15-20% у вихідному розчині або водному екстракті, поверхневих культур з вологістю до 60%, а також ферментних концентратів, отриманих адсорбцією, фільтрацією, осадженням або кристалізацією, проводять у розпилювальних сушарках або сублімаційних апаратах. Вологість висушених продуктів становить 5-12% і менше. Слід пам'ятати, що більшість ферментних препаратів є термочутливими і інактивуються при температурі вище 35-40°C. Тому зневоднення ферментних розчинів і суспензій слід проводити в умовах холодного сушіння.

Кормові антибіотики (наприклад, теравіт, біовіт, бацилін, бацитрацин) також чутливі до температури сушіння. Ці антибіотики сушать у розпилювальних або стрічкових сушарках до залишкової вологості 8-10%. Хороші результати досягаються при сушінні антибіотиків в сушарках з

псевдозрідженим шаром. Максимальна температура продукту під час цього процесу сушіння не повинна перевищувати 600°C. Більш високі температури сушіння значно знижують активність препарату і збільшують втрати вітамінів у препараті. Наприклад, сушіння Viobit при 800°C у стрічковій сушарці знижує активність препарату до 20%, а вміст вітаміну B12 - до 10%.

Процес сушіння бактеріальних добрив і засобів захисту рослин (таких як нітрагінін, азобактерії, фосфобактерії, бовеліни, інсектини і токсобактерії) характеризується збереженням максимальної кількості життєздатних, високоактивних мікроорганізмів і їхніх спор у продукті після сушіння. Ці препарати сушать у розпилювальних сушарках. Хороші результати були отримані при сушінні цих препаратів у сублімаційних сушарках. У розпилювальних сушарках це відбувається при температурі осушувача 1300°C і температурі сухого продукту 500°C або менше.

Через широке розмаїття продуктів, що підлягають сушінню, існує широкий спектр конструкцій сушарок. Класифікація сушарок може бути узагальнена наступним чином:

- За способом підведення тепла сушарки поділяються на конвекційні та контактні;
- Тип теплоносія (повітря, газ або пара);
- Тиск в сушильній камері - працюють при атмосферному тиску і вакуумі;
- Періодичний і безперервний режими роботи;
- Напрямок взаємного руху матеріалу і теплоносія в конвективних сушарках - прямоточні, протиточні і перехресні;
- Камерні, тунельні, стрічкові, шахтні, псевдозрідженого шару, розпилювальні, барабанні, контактні, теплорадіаційні та сублімаційні сушарки.

Чіткої класифікації сушильних установок для мікробіологічних продуктів не існує, оскільки різноманітність продукції, що виробляється у великих обсягах, вимагає строго індивідуальних технічних умов для теплової

обробки. Сушарки, що використовуються в мікробіологічній промисловості, можна охарактеризувати за способом подачі продукту і охолоджувальної води в сушильну камеру і гідродинамічними умовами під час роботи. Для зневоднення біологічних продуктів найчастіше використовують конвекційні сушарки, такі як стрічкові, барабанні, розпилювальні та сушарки з псевдозрідженим шаром, тоді як контактні сушарки застосовують рідше.

1.2. Конструктивні особливості розпилювальних сушарок

Зростаючі обсяги виробництва різноманітних хімічних і фармацевтичних препаратів, підвищення вимог до якості та вдосконалення технології виробництва вимагають розробки нових методів сушіння, які б гарантували високу якість продукції, максимальну автоматизацію, механізацію та значну інтенсифікацію процесу. Умовна питома інтенсивність процесу (наприклад, видалення вологи з 1 м³ будь-якого апарату) залежить від концентрації матеріалу, тобто активної поверхні тепло- і масообміну матеріалу в одиниці об'єму, максимально допустимого потенціалу тепло- і масообміну та аеродинамічних умов. У зв'язку з цим розробниками запропоновано ряд моделей сушильних установок, в тому числі для сушіння рідких і пастоподібних матеріалів. Розглянемо деякі із запропонованих конструкцій.

Одна з них запропонована швейцарською компанією Luva []. Схема цієї сушарки показана на рисунку 2.2.1. Сушарка має суцільнометалеву циліндричну башту з конічним днищем (діаметр башти 5,4 м, висота циліндричної частини 3,8 м, загальний об'єм 100 м³). У середині башти встановлена система обприскування з відцентровим розпилювальним диском 1, закріпленим на валу електродвигуна 2. Диск обертається зі швидкістю 144 м/с і створює швидкість обертання 650 рад/с (6500 об/хв).

Скребок 3 рухається по конічному днищу башти зі швидкістю 0,15-0,20 рад/с (1,5-2,0 об/хв). Сушарка обладнана паровим повітрянагрівачем 4, який

нагріває повітря до 1500°C. Для цього використовується пара під тиском 0,8 МН/м² (8 кг/см²).

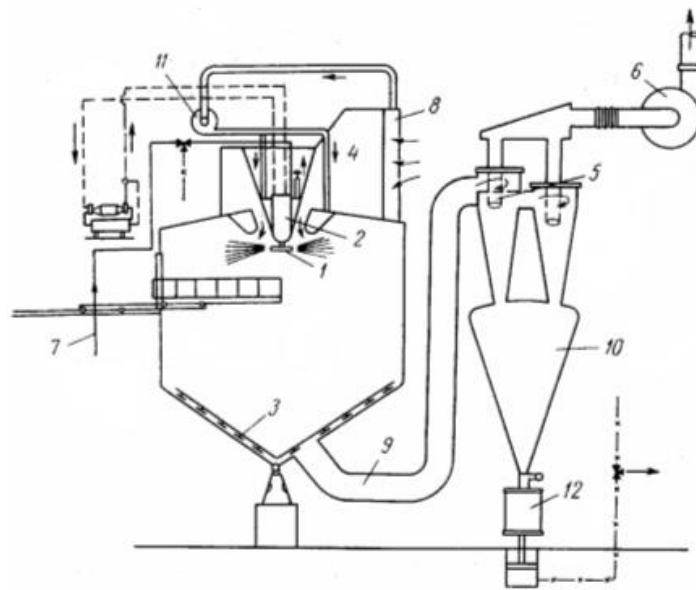


Рис. 1.2.1. Принципова схема сушильної установки „Лува”.

1 – розпилювальний диск; 2 – електродвигун; 3 – шкребки; 4 – парові водонагрівачі; 5 – циклони; 6 – головний вентилятор; 7 – труба подачі суспензії; 8 – масляні стільникові фільтри; 9 – вивідна труба; 10 – розвантажувальний бункер; 11 – вентилятор; 12 – розвантажувальний пристрій.

Для відділення часток продукту від повітря, що залишає сушарку, встановлені чотири циклони 5. Повітря після циклонів переміщується головним вентилятором 6.

Шестеренчастий насос подає продукт через трубу 7 на розпилювальний диск 1.

Під дією відцентрових сил продукт з великою швидкістю розпилюється з отворів у диску і потрапляє в башту. Зовнішнє повітря проходить через масляний стільниковий фільтр 8, де видаляється пил, а потім нагрівається повітрянагрівачами приблизно до 140-1500°C. Нагріте повітря подається через кільцевий отвір у башту над обертливим розпилювальним диском.

Завдяки спеціальним направляючим, що містяться в ньому, повітря рухається по спіралі через башту.

Частинки продукту висушуються при контакті з гарячим повітрям, частина якого падає на дно башти і зішкрібається в отвори труб 9. Температура відпрацьованого повітря досягає близько 800 °С. Після проходження через циклон очищене від частинок продукту повітря виводиться назовні, а висушений продукт з температурою близько 500°С збирається в розвантажувальному бункері 10, звідки видаляється спеціальним пристроєм 12.

Якщо температура електродвигуна 2 перевищує 1250°С, електродвигун 2 і насоси, що подають продукт на сушіння, автоматично зупиняються. У деяких випадках сушильна установка оснащується вакуум-випарником для попереднього концентрування продукту.

Витрата пари становить приблизно 3 кг на кг вологи, що випаровується. Продуктивність сушарки становить 300 кг випареної вологи на годину, що відповідає об'ємному тиску в сушарці $0,83 \times 10^{-3} \text{ кг}/(\text{м}^3 \text{ сек}) = 3 \text{ кг}/(\text{м}^3 \text{ год})$.

На рисунку 1.2.2 показана сушарка для подвійного сушіння суперфосфату, розроблена К.П. Деревщиковою, В.А. Кононовим, М.В. Ликовим та С.Д. Евенчиком [], виробництва "Гіпрохім - НІУІФ" []. Вона являє собою камеру з подвійним дном, обкладену зсередини цеглою. Діаметр камери - 9 м, висота - 8,5 м.

Подвійний суперфосфат у вигляді суспензії з вмістом води 40-44% і вільною кислотністю 8-10% (еквівалент H_3PO_4) подається насосом-дозатором 2 з колектора 1.

Вона подається насосом-дозатором 2 через фільтр 3 до розпилювача на чашоподібному диску 4 з чотирма або вісьмома соплами, виготовленими з карборунду. Збірник 1 обладнаний мішалкою та системою підігріву для підтримання постійної температури суспензії.

В якості агенту сушки використовуються газы,

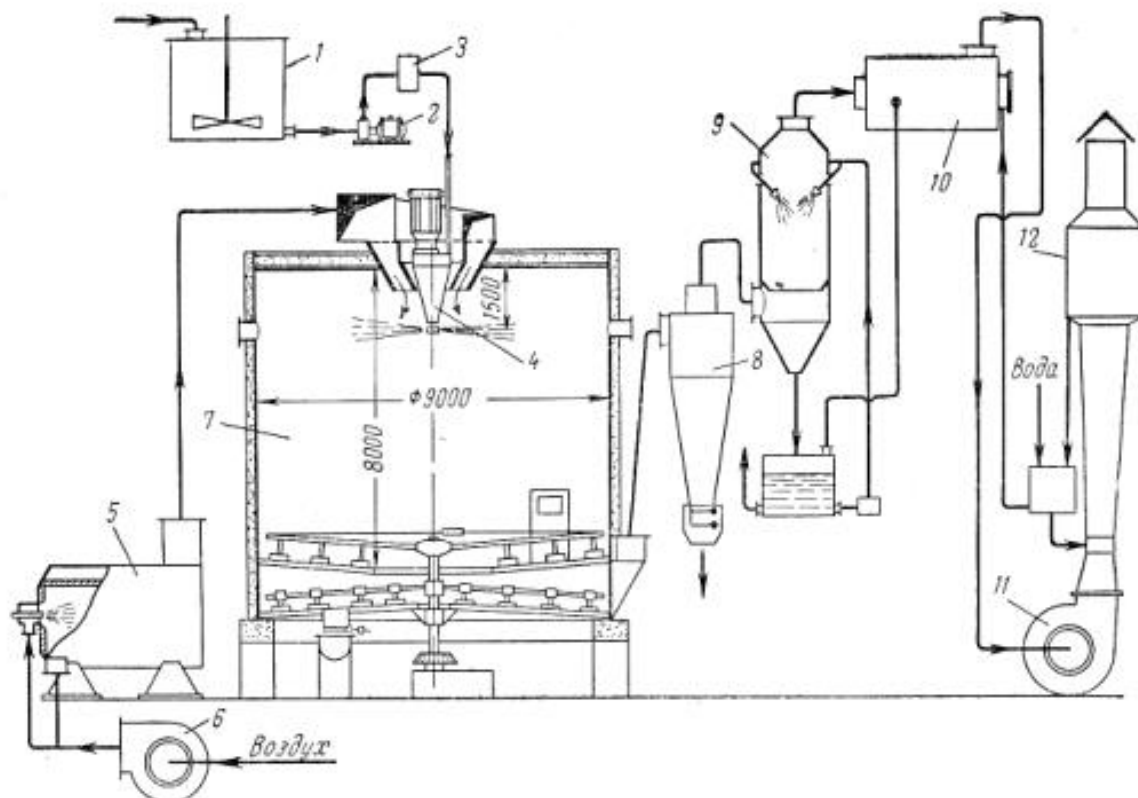


Рис. 1.2.2. Принципова схема сушарки Гіпрохім – НІУІФ.

1 – збірник; 2 – насос-дозатор; 3 – фільтр; 4 – розпилювальний диск; 5 – топка; 6 – вентилятори; 7 – сушильна камера; 8 – циклон; 9 – швидкісний порожнинний скрубєр; 10 – абсорбційна камера; 11 – димовідсмоктувач; 12 – труба Вентурі.

отримані спалюванням природного газу або мазуту. Піч 5 працює під надлишковим тиском до 100 мм рт. ст., первинне і вторинне повітря подається двома незалежними вентиляторами 6. Газ з температурою 520-5500 °С подається безпосередньо до кореня розпилювача. Висушений продукт з вологістю 2-4% виводиться з камери за допомогою скребка. Відпрацьовані гази з температурою 115-1200°С потрапляють у циклон 8 діаметром 3,2 м, потім у високошвидкісний порожнистий скрубєр 9 і абсорбційну камеру 10. Абсорбційна камера призначена для уловлювання фтористих газів і отримання фтористоводневої кислоти. Гази з камери абсорбції направляються у вертикальну трубу Вентурі (Aeromix) 12 за допомогою димососа 11.

Продуктивність сушарки по пульпі становить 12 т/год. Ступінь видалення пилу з сушарки не перевищує 1% (запиленість газу перед циклоном - 2 г/м³). Вологість об'єму камери становить $AV = 8,0-9,0$ кг/(м³ год). Якщо немає необхідності вловлювати токсичні гази, то за циклоном і перед ним встановлюється система мокрого очищення димових газів від частинок продуктового пилу.

Інша установка була запропонована і запатентована Всеросійським інститутом консервної та овочесушильної промисловості [Додаток]. Суть цієї установки полягає в тому, що розпилення рідкого продукту відбувається при збурення крапель продукту турбулентністю нагрітого повітря. Розглянемо принципову схему такого типу установок (рис. 2.2.3).

Установка для сушіння рідких харчових продуктів складається з сушильної камери 1, виконаної у вигляді соленоїда 2, внутрішня поверхня якого підключена до джерела постійного струму 3; нагрівача 4, з'єднаного з камерою 1 через надзвукове сопло 5 з завихрювачем 6 і порожнистою торпедою 7; рідкого продукту, з'єднаного з камерою 1 через порожнину 9 в торпеді 7 живильний бак 8 і циклон 10, з'єднаний з камерою 1 через газовідвідний патрубок 11. Циклон 10 і торпеда 7 підключені до протилежної фази джерела живлення постійного струму 3.

Принцип роботи установки полягає в наступному.

Повітря, проходячи через калорифер 4, нагрівається та потрапляє на

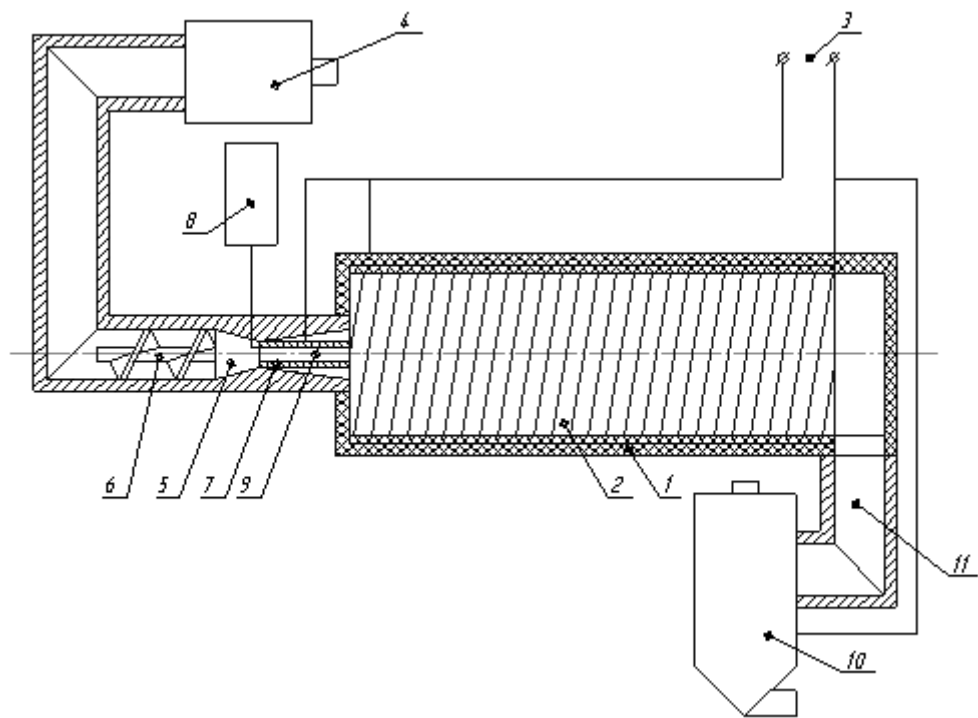


Рис. 1.2.3. Принципова схема установки ВНДІ.

1 – корпус; 2 – соленоїдальна частина сушильної камери; 3 – джерело постійного струму; 4 – калорифер; 5 – надзвукове сопло; 6 – завихрювач; 7 – торпеда; 8 – ємність з рідким продуктом; 9 – порожнина торпеди; 10 – циклон; 11 – газовідвідний патрубок.

завихрювач 6.

Рідкий продукт подається з бака 8 через тонку трубу в порожнину 9 торпеди 7. В цей час повітря проходить через вихор 6 і потрапляє в сопло 5, де досягає надзвукової швидкості. Краплі рідкого продукту збурюються потоком повітря і розпилюються на виході з сопла у вигляді крапель розміром 0,05-0,3 мкм. Ці краплі проходять через порожнину торпеди 7, намагнічуються джерелом постійного струму 3 і отримують такий же заряд. Це призводить до наступних ефектів.

Краплі продукту не зливаються, оскільки заряди відштовхуються один від одного. Продукт в сушильній камері рухається під впливом магнітного поля, що генерується електромагнітом 3. Статичний заряд, що переноситься частинками висушуваного продукту, знімається шляхом підключення його до

протилежного полюса джерела постійного струму 3 на виході з установки в циклоні 10.

Подібна установка була запропонована співробітниками Інституту тепломасообміну АН Білоруської РСР [Додаток]. Відмінність полягає в тому, що продукт розпилюється з форсунки і на вологі краплі продукту наноситься електростатичний заряд, що і зумовило його назву. Внутрішня частина сушильної камери виконана у вигляді електромагніту, який надає продукту горизонтального руху і запобігає прилипанню продукту до стінок сушильної камери. Розглянемо схему запропонованого пристрою (рис. 2.2.4).

Установка складається з сушильної камери 1, нагрівача 2, тангенціальних труб подачі газу 3 і 4, сопла 5, електромагніту 6, електричного ізолятора 7, труби відведення газу 8 і циклону 9.

Розглянемо принцип роботи цієї установки. Повітря нагрівається за допомогою калорифера 2 і через тангенціальні труби 3 і 4 надходить в корпус 7, по яких рухається по спіралі.

Потім рідкий продукт потрапляє в форсунку 5, де розпилюється, піддається такому ж електростатичному заряду і переноситься потоком повітря в сушильну камеру 1. Електромагніти 6 створюють силу Лоуренса в напрямку центральної осі сушильної камери. В результаті важкі вологі краплі продукту під дією відцентрових сил притягуються до периферії, а сухі частинки збираються навколо центру. Між електромагнітом 6 і корпусом сушильної камери розміщена електроізоляційна вставка 7, яка також служить додатковою ізоляцією. Висушений продукт разом з охолоджувальною водою виводиться з установки через вихідний патрубок 8 і потрапляє в циклон 9, де відокремлюється від потоку охолоджувальної води.

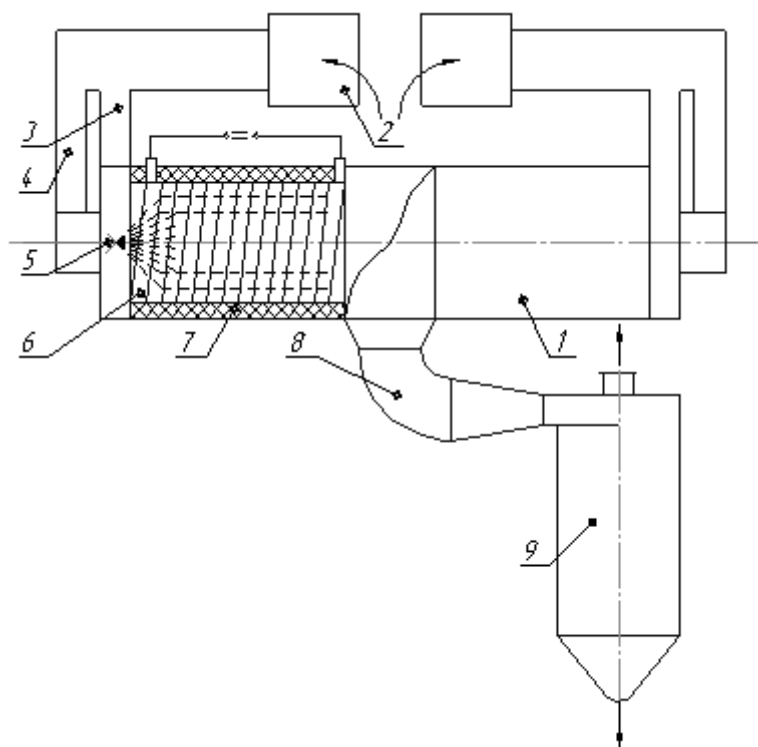


Рис. 1.2.4. Принципова схема установки ИТМАН.

1 – сушильна камера; 2 – калорифер; 3, 4 – газопідвідні тангенціальні патрубки; 5 – форсунки; 6 – соленоїд; 7 – електроізоляція; 8 – газовідвідний патрубок; 9 – циклон.

Фармацевтична компанія ВАТ "Галичфарм" використовує розпилювальну сушарку "Лабораторія" для сушіння суспензій. Принципова схема цього обладнання зображена на рисунку 1.2.5.

Ця сушарка використовується для виробництва сухих лікарських засобів з фармацевтичних розчинів, настоек та екстрактів. Розчини заливаються в контейнери 6 на сушарці. Сушарка працює наступним чином. Вмикається електронагрівач 2 і нагрівається атмосфера всередині машини. Коли температура всередині сушарки досягає необхідного значення, приводяться в дію розпилювальні диски 5.

Розпилювальний диск 5 складається з електродвигуна 3 і ремінної передачі 4.

Потім

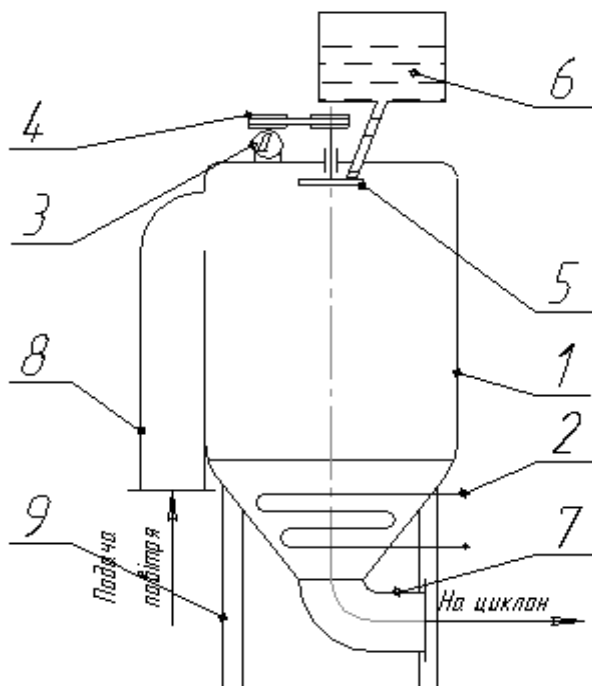


Рис. 1.2.5. Принципова схема розпилювальної сушарки „Лабораторної”

1 – корпус; 2 – електротен; 3 – електродвигун; 4 – пасова передача; 5 – розпилювальний диск; 6 – ємність з екстрактом; 7 – патрубок виводу парів та сухого продукту; 8 – патрубок подачі повітря; 9 – опори.

Розчин подається з контейнера 6 на розпилювальний диск 5. Обертання диска передається рідині на диску і рідина під дією відцентрової сили розпилюється в корпус 1. Через певний час від початку роботи з сопла 8 подається повітря. Цей повітряний потік підхоплює суміш парів рідини і висушуваного матеріалу, виводить її з пристрою через патрубок 7 і відокремлює пари від висушуваного матеріалу за допомогою циклону.

Аналіз процесу сушіння показує, що розпилювальні сушарки найкраще підходять для сушіння рідких і пастоподібних речовин. Розпилення продукту збільшує площу тепло- і масообміну завдяки меншому об'ємно-поверхневому діаметру крапель. Це пришвидшує процес сушіння і зменшує температуру нагрівання продукту, тим самим покращуючи його якість.

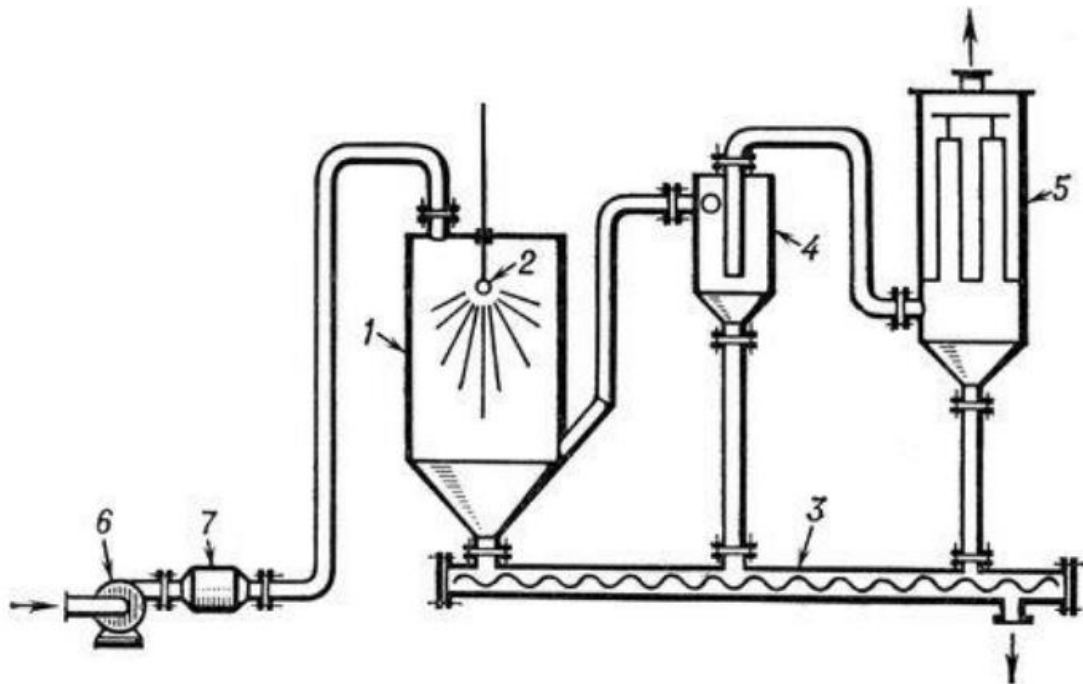


Рис. 1.2.6 Розпилювальна сушильна установка

Розпилювальна сушильна установка: 1 - камера сушіння; 2 - форсунка; 3 - шнек для вивантаження висушеного матеріалу; 4 - циклон; 5 - рукавний фільтр; 6 - вентилятор; 7 - калорифер.

Як це працює Розчин подається насосом до форсунок 2, встановлених у верхній частині сушильної камери 1, де він розрізається на дрібні частинки обертовими розпилювальними дисками. Одночасно в цю зону вентилятором 6 подається відфільтроване підігріте повітря, яке нагрівається калорифером 7 і використовується для сушіння. Частина порошку виноситься повітряним потоком на циклонний сепаратор 4, звідки вивантажується. Відпрацьоване повітря направляється на рукавний фільтр 5 і знову на вентилятор 6.

Проаналізувавши конструктивні особливості розпилювача, можна стверджувати, що найбільш ефективним методом розпилення є використання форсунок. Форсунки забезпечують більш дисперсне розпилення, ніж відцентрові диски, що підвищує продуктивність обладнання та якість продукції.

1.3 Застосування порошків для інгаляцій

Інгаляційні легеневі препарати використовуються для доставки ліків у легені за допомогою вдиху пацієнта з метою досягнення місцевої дії або системного поглинання. Існує дві неминучі передумови для доставки ліків у легені: I.) пристрій для аерозольного розпилення препарату на місці та II.) дисперсність препарату до частинок або крапель розміром у діапазоні інгаляційного діапазону (тобто аеродинамічний розмір менше 10 мкм) (Newman, 2017). Обидва аспекти стають особливо складними при застосуванні високих доз, таких як лікування антибіотиками (Yıldız-Peköz і Ehrhardt, 2020).

Крім того, пристрій і рецептура не можуть бути відокремлені один від одного, оскільки дисперсність опосередковується пристроєм, але залежить від характеристик рецептури.

На ринку присутні різні підходи до розробки препаратів та відповідні пристрої (Zhou et al., 2014). Легеневі препарати можуть бути рідкими препаратами, які диспергуються в небулайзерах або інгаляторах з м'яким туманом. У таких пристроях в'язкість препарату впливає на розпилення до більш-менш дрібних крапель, тоді як характеристики пристрою визначають розмір крапель і ширину розподілу. Проміжним варіантом між рідкими та сухими препаратами є дозовані інгаляційні препарати під тиском, в яких активна речовина розчинена або диспергована в пропелленті, що зріджується під тиском. Після диспергування пропелент швидко випаровується, залишаючи сухі агломерати суспендованого або осадженого на місці матеріалу, який формує аерозоль. Нарешті, легеневі препарати можуть бути сухими порошками, які вважаються найбільш стабільними, але є найскладнішими через шкідливі характеристики мікронізованих матеріалів (Boer et al., 2017). Мікронізовані частинки мають високу поверхневу енергію, що робить їх дуже згуртованими, що призводить до поганої сипучості та

великої схильності до неконтрольованої агломерації. Таким чином, рецептури DPI потребують значної розробки на рівні частинок, щоб збалансувати міжчастинкові сили в об'ємі сухого порошку, забезпечити достатню стабільність під час обробки та зберігання, а також оптимальну дисперсію та утворення дрібнодисперсних частинок під час інгаляції (Norrentoicht et al., 2014). Коротко можна назвати три підходи до розробки рецептур DPI: I.) інтерактивні порошкові суміші мікронізованої активної речовини та більшого носія, II.) сферичні м'які агломерати мікронізованого лікарського засобу (можливо, з мікронізованими допоміжними речовинами) та III.) інженерні частинки, що зазвичай покривають висушені розпиленням пористі частинки низької щільності.

В останньому випадку розпилювальна сушка використовується як метод створення частинок лікарського засобу та допоміжних речовин, які можна вдихати без подальших модифікацій завдяки їх хорошій дисперсності та малому середньому аеродинамічному діаметру. Склад частинок, висушених розпиленням, безпосередньо залежить від складу рідкого розпилювача. Розподіл компонентів у кінцевій частці залежить від поверхневої активності та дифузійних характеристик компонентів в розпилюваній краплі, а також від параметрів сушіння. Вони також впливають на розмір і морфологію частинок і використовуються для керування процесом для отримання матеріалу з бажаними характеристиками (Vehring et al., 2007; Vehring, 2008). Типові матеріали, висушені розпиленням, мають більш-менш круглу форму, аморфні частинки з низькою щільністю. Якщо процес розроблений таким чином, щоб забезпечити раннє формування оболонки, а гідрофобний, поверхнево-активний матеріал утворює зовнішню оболонку, утворюються пористі частинки з низькою взаємодією між частинками. Незважаючи на невеликий розмір, такі частинки не дуже згуртовані і тому добре піддаються переробці. Найкращим комерційним прикладом цієї стратегії є технологія PulmoSphere™ (Weers and Tarara, 2014).

Хоча розпилювальна сушка є універсальною технологією сушіння, яка застосовується в багатьох наведених нижче прикладах, інженерія частинок в області рецептур DPI включає в себе набагато більше, ніж великі пористі частинки. У наступних розділах буде проілюстровано, як інженерія частинок у сухих порошках для інгаляцій може бути застосована до наночастинок лікарських засобів і наноносіїв, до композитних нано-в-мікрочастинок і до матеріалів мікронного розміру.

1.4 Інженерія частинок для створення нових носіїв для інгаляції сухих порошків

Численні статті описують, як створювати абсолютно нові носії. Zeng та ін. кристалізували лактозу з гелю карбополу, в результаті чого отримали гострокутні, однорідні та гладкі кристали лактози (Ming Zeng et al., 2001). Інша дослідницька група отримала кристалічний, сферичний і гладкий маніт, використовуючи розпилювальну конгеляцію (Pinto et al., 2021). У 2017 році Патіл та ін. отримали подовжені кристали лактози методом електророзпилення з покращеною аеродинамічною поведінкою порівняно з лактозою у формі томагавка (Patil et al., 2017). Мехта (Mehta, 2018) і Лін та ін. (Lin et al., 2015) розглянули широкий спектр різних методів створення нових носіїв. Однак найпоширенішим методом є розпилювальна сушка.

1.5 Характеристика розміру розпилювальної сушарки

Розмір розпилювальної сушарки найкраще описується швидкістю потоку технологічного газу, який установка призначена для обробки. Для прикладу візьмемо 1250 кг/год технологічного газу. Газовий диспергатор у верхній частині сушильної камери розроблений для такої швидкості потоку, щоб подавати рівномірну та ефективну суміш гарячого газу та крапель живлення, що утворюються розпилювальним пристроєм (наприклад, насадка під тиском). Подібним чином конструкція циклону функціонує для

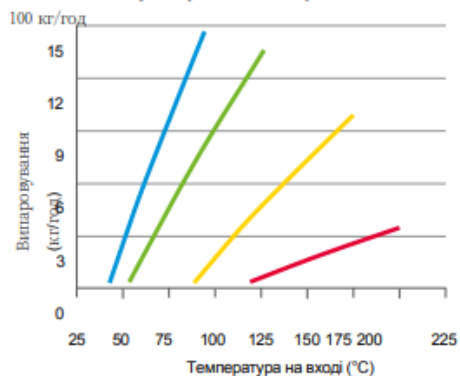
ефективного відділення частинок від газу при швидкості потоку 1250 кг/год. Потік газу також визначає необхідну площу фільтра в рукавному фільтрі та діаметр каналів.

Насправді розпилювальна сушарка не «виробляє» порошок, а скоріше випаровує рідину для створення сухих частинок. Температура технологічного газу, що надходить у сушильну камеру, є рушійною силою – і чим більша різниця між температурою на вході та виході, тим більше енергії витрачається на випаровування. Для випаровування води потрібно більше енергії, ніж, наприклад, етанолу. Таким чином, криві на цій сторінці ілюструють швидкості випаровування чотирьох різних розчинників при температурі на виході, яка зазвичай використовується для кожного розчинника.

Швидкість випаровування та вміст твердих речовин у вихідній рідині визначають швидкість виробництва порошку. Отже, збільшення вмісту твердих речовин у подачі безпосередньо збільшить швидкість порошку в робочих умовах.

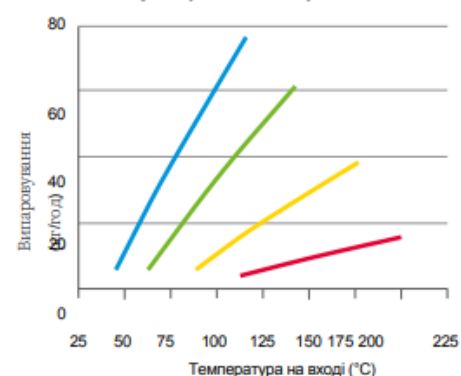
PHARMA-SD® тип PSD-1

Номинальна витрата сушильного газу:



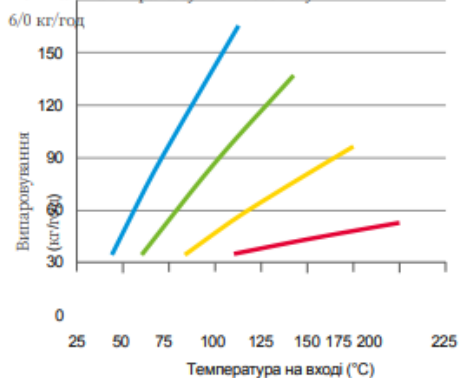
PHARMA-SD® тип PSD-2

Номинальна витрата сушильного газу: /60 кг/год



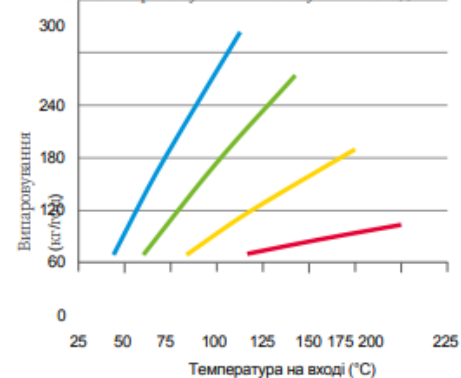
PHARMA-SD® тип PSD-3

Номинальна витрата сушильного газу:



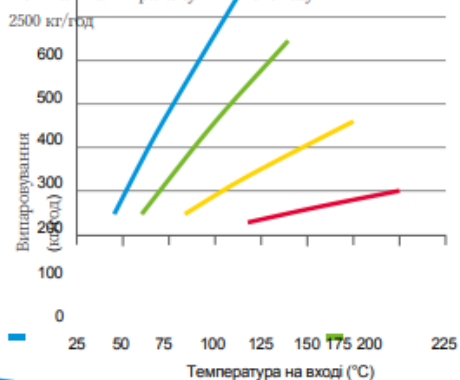
PHARMA-SD® тип PSD-4

Номинальна витрата сушильного газу: 1250 кг/год



PHARMA-SD® тип PSD-5

Номинальна витрата сушильного газу:



PHARMA-SD® тип PSD-6

Номинальна витрата сушильного газу: 5000 кг/год

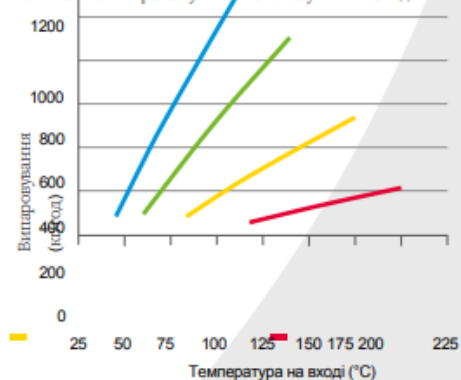


Рис. 1.6.1

1.6 Переваги і недоліки розпилювальних сушарок

Розпилювальні сушарки можуть мати декілька переваг у порівнянні з іншими методами розпилення продукту:

- 1) **Ефективність розпилення:** Розпилювальні сушарки зазвичай забезпечують рівномірне розпилення продукту, що дозволяє отримати однакові результати на всій поверхні. Це особливо важливо для деяких процесів, наприклад, в харчовій промисловості або фармацевтиці.
- 2) **Збереження якості продукту:** Розпилювальні сушарки можуть дозволити зберігати якість продукту, оскільки розпилювання може відбуватися при низьких температурах або без нагріву повітря, що запобігає підвищенню температури продукту і його пошкодженню.
- 3) **Економія часу і коштів:** Розпилювальні сушарки часто працюють швидше, ніж інші методи, і можуть знижувати витрати енергії та матеріалів.
- 4) **Контроль над розмірами частинок:** Деякі розпилювальні сушарки дозволяють регулювати розмір частинок продукту, що розпилюється, що важливо для отримання потрібної текстури або консистенції.
- 5) **Мінімальне утворення пилу:** У порівнянні з іншими методами розпилення, розпилювальні сушарки можуть зменшити утворення пилу, що може бути важливим для деяких ділянок виробництва або з медичних причин.

2. Розробка нових технічних рішень об'єкта дослідження

2.1 Мета, об'єкт і предмет дослідження. Актуальність теми.

Метою кваліфікаційної роботи є удосконалення розпилювальної сушарки для виготовлення порошків для інгаляцій.

Предметом дослідження є розпилювальна сушарка, механічна і пневматична форсунка і, безпосередньо, вибір рослинного продукту для отримання порошку для інгаляцій.

Актуальність теми:

Тема є актуальною через поширення інгаляційних препаратів у лікуванні захворювань дихальних шляхів. Шляхом оптимізації дизайну та функціональності пристрою можна покращити ефективність, контроль дози та зручність використання, що відповідає потребам пацієнтів та медичної спільноти.

2.2 Розпилення різними видами розпилювальних вузлів

Розпилювальні диски надійні в експлуатації, мають тривалий термін служби в залежності від їх конструктивних особливостей, застосовуються для широкого спектру продуктів з різними фізико-хімічними властивостями, а потік рідини в розпилювальний диск не вимагає більш високого надлишкового тиску, ніж в соплі.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Житнецький ІВ,	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> МАХФВ	<i>Розробник документа</i> Годовний О.С.	<i>Назва, додаткова назва</i>	221903.КР.12.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/

Незважаючи на те, що розпилювальні диски вже давно використовуються в розпилювальних сушарках, вчені та інженери все ще шукають нові пристрої для розпилення рідкої фази. Існують різні типи форсунок як альтернативи для використання в якості розпилювальних пристроїв в розпилювальних сушарках. 2.1.1 Розпилювальні форсунки можуть бути використані для отримання великої площі розпилення без мертвих зон, які виникають під час розпилення.

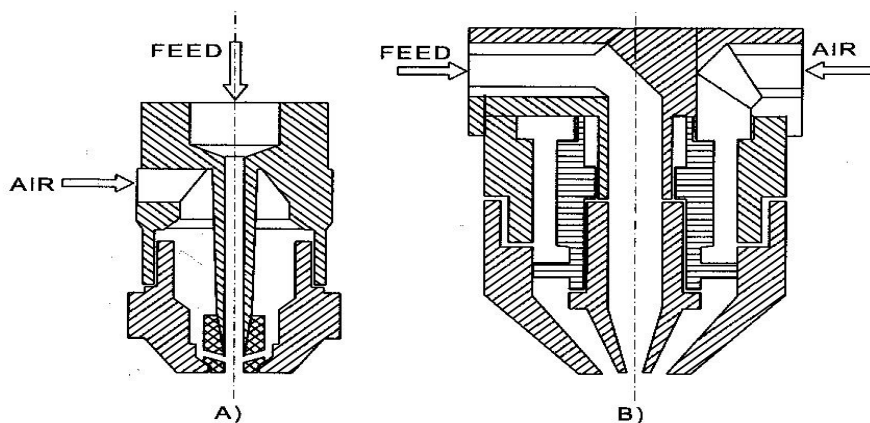


Рис. 2.1.1 Форсунки різних типів: А – з прямолінійним підведенням продукту і тангенсійним підведенням повітря; В – з тангенсійним підведенням продукту і повітря.

Розпилювальні диски надійні в експлуатації, мають тривалий термін служби в залежності від їх конструктивних особливостей, застосовуються для широкого спектру продуктів з різними фізико-хімічними властивостями, а потік рідини в розпилювальний диск не вимагає більш високого надлишкового тиску, ніж в соплі.

Незважаючи на те, що розпилювальні диски вже давно використовуються в розпилювальних сушарках, вчені та інженери все ще шукають нові пристрої для розпилення рідкої фази. Бувають різноманітні види форсунок як альтернативи для використання в якості розпилювальних пристроїв у розпилювальних сушарках.

2.1.2 Розпилювальні форсунки можуть використовуватись для отримання більшої площі розпилення без мертвих зон, що з'являються під час розпилення продукту диском. Крім цього розташуванням форсунок

горизонтально, вертикально під кутом в сушильній камері можна одержати рівнонаправлений розподіл продукту по об'єму сушильної камери рис. 1.14.

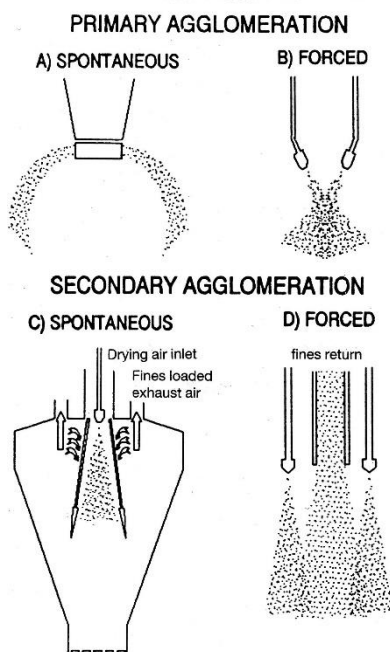


Рис.2.1.2. Розпилення продукту різними за конструкціями пристроями

Рис. 1.13. Форсунки різноманітних видів: А – з прямим підведенням продукту та тангенсійним підведенням повітря; В – з тангенсійним підведенням продукту та повітря. Рис.1.14. Розпилення продукту неоднаковими за конструкціями пристроями 29. Наведені і описані конструкції розпилювальних сушарок, представлені різні види корпусів, розглянуті конструкції розпилювальних дисків їх переваги та недоліки в порівнянні з форсунками для розпилення дозволяють зробити висновок.

Проаналізувавши конструктивні особливості розпилювальних пристроїв можна з впевненістю стверджувати, що найбільш ефективним способом розпилення для порошків для інгаляцій є використання форсунок. Вони забезпечують більш дисперсне розпилення ніж відцентрові диски, що підвищує продуктивність установки та якість отриманого продукту.

3. Дослідження процесу розпилення
Дослідження технологічного процесу висушування ромашки
Вдосконалення апарату заміною форсунки

3.1 Аналітичні дослідження розпилювальних форсунок

Стадії проведення процесу сушіння:

А. Розпилення: рідкий вихідний матеріал «розпорошується» на краплі за допомогою насадки або роторного розпилювача. Форсунки використовують тиск рідини або стиснений газ для розпилення подачі, тоді як роторні розпилювачі використовують колесо розпилювача, що обертається з високою швидкістю.

В. Процес сушіння та утворення частинок: під дією газового диспергатора гарячий технологічний газ (повітря або азот) вступає в контакт із розпиленим кормом, ініціюючи випаровування.

Коли рідина швидко випаровується з поверхні краплі, утворюється тверда частинка, яка слідує за потоком газу до дна сушильної камери. Баланс між температурою, швидкістю потоку та розміром крапель контролює процес сушіння.

С. Відновлення: порошок виділяється з вихлопних газів за допомогою циклонного або рукавного фільтра. Весь процес зазвичай займає не більше кількох секунд.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Житнецький ІВ,</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> МАХФВ	<i>Розробник документа</i> <i>Годобний О.С.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>	221903.KP.12.000.ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/	

3.2 Порівняння механічних і пневматичних форсунок

- Принцип роботи:

- 1) Механічні форсунки: Робляться за допомогою механічного механізму, наприклад, кулачка або механізму поршневої дії, що перетворює рух елемента в рух рідини через форсунку.
- 2) Пневматичні форсунки: Використовують струмінь стиснутого повітря для розпилення рідини, що потрапляє через спеціально розроблену форсунку.

- Регулювання потоку:

- 1) Механічні форсунки: Зазвичай менш гнучкі в регулюванні потоку рідини, оскільки потік контролюється механічними рухами або регуляторами.
- 2) Пневматичні форсунки: Мають більший діапазон регулювання потоку, оскільки тиск стисненого повітря може бути легко контрольований.

- Ефективність розпилення:

- 1) Механічні форсунки: Можуть бути ефективними для розпилення менш в'язких рідин, але можуть бути менш ефективними для в'язких матеріалів.
- 2) Пневматичні форсунки: Часто ефективніші для розпилення в'язких рідин через використання стиснутого повітря для розпилення.

- Міцність та тривалість:

- 1) Механічні форсунки: Зазвичай мають меншу міцність та тривалість через знос механічних елементів.
- 2) Пневматичні форсунки: Можуть мати довший термін служби, оскільки механічних частин майже відсутні, і основний механізм - це повітря.

- Витрати енергії:

- 1) Механічні форсунки: Можуть вимагати менше енергії для роботи, оскільки вони не використовують стиснуте повітря.
- 2) Пневматичні форсунки: Використовують стиснуте повітря, тому можуть бути менш енергоефективними, особливо якщо потрібно велику кількість стисненого повітря.

3.3 Переваги і недоліки механічної і пневматичної форсунки:

- Механічні форсунки:

Переваги:

- 1) Простота конструкції: Механічні форсунки зазвичай мають просту конструкцію, що робить їх відносно недорогими у виготовленні і обслуговуванні.
- 2) Надійність: У механічних форсунок менше елементів, що може знижувати ризик відмови чи поломки.
- 3) Висока точність: Можуть забезпечувати високу точність і контроль потоку рідини, що особливо важливо для деяких ділянок виробництва.
- 4) Ефективність з менш в'язкими рідинами: Добре працюють з менш в'язкими рідинами, такими як водні розчини.

Недоліки:

- 1) Обмежена гнучкість в регулюванні: Менша гнучкість в регулюванні потоку порівняно з пневматичними форсунками.
- 2) Менш ефективні з в'язкими рідинами: Можуть бути менш ефективними для розпилення в'язких рідин через обмеження в потоці.
- 3) Знос механічних елементів: Піддаються зносу механічні елементи, що може вимагати регулярного обслуговування чи заміни.

- Пневматичні форсунки:

Переваги:

- 1) Ширший діапазон регулювання потоку: Мають ширший діапазон регулювання потоку рідини за рахунок контролю тиску стисненого повітря.
- 2) Ефективність з в'язкими рідинами: Ефективніші для розпилення в'язких рідин через використання повітряних струменів для допомоги в розпиленні.
- 3) Менше зносу деталей: Мають менше механічних деталей, що піддаються зносу, що може забезпечити довший термін служби.

Недоліки:

- 1) Вищі витрати енергії: Вимагають стисненого повітря для роботи, що може збільшувати витрати енергії.
- 2) Складніше устрою: Можуть мати складнішу конструкцію порівняно з механічними форсунками, що може впливати на надійність та обслуговування.
- 3) Вищі витрати на обслуговування: Вимагають регулярного обслуговування та дотримання правильного тиску стисненого повітря.

Механічні форсунки відрізняються високою надійністю та меншими витратами енергії, але обмежені в регулюванні потоку рідини та менш ефективні для в'язких матеріалів. Пневматичні форсунки забезпечують ширший діапазон регулювання потоку і ефективніше розпилення в'язких рідин за рахунок використання стисненого повітря, але вимагають вищих витрат енергії та можуть бути складнішими у конструкції.

3.4 Принципова технологічна схема отримання порошку для інгаляції

Принципова схема наведена в табл. 1 і передбачає такі стадії отримання порошку для інгаляцій від рослинної сировини ромашка.

Схема технологічного процесу висушування рослини «Ромашка»,

табл. 1

Вихідна сировина, проміжна продукція і матеріали	Виробництво Ромашки екстракту сухого, порошку (субстанції)	Контроль у процесі виробництва
Етанол (спирт етиловий ректифікований) зі складу або відгін спирту етилового після ректифікації з ректифікаційної установки; вода очищена з установки отримання води очищеної	Стадія 1. Приготування екстрагенту Приміщення екстракції та концентрування № 211 Збірники (С 185), насос (Н 132), мірники (М 126, М 205), ваги (КП 1)	Аналітичний лист ВКЯ на сировину з відміткою про відповідність; кількість спирту етилового, відгонів спирту етилового, води очищеної; час перемішування; вміст етанолу в водноспиртовому розчині, екстрагенті; об'єм екстрагенту
Ромашки трава подрібнена зі складу; екстрагент зі стадії 1	Стадія 2. Екстракція рослинної сировини Приміщення екстракції та концентрування № 211 Реактор (Р 128), підйомник (ТР 2), мірники (М 70), ваги (КП 1), фільтр (Ф 6), насос (Н 132), збірники (С 16)	Маса подрібненої сировини; кількість екстрагенту на I, II, III заливи; час перемішування; час настоювання; об'єм екстракту спиртового (I, II, III заливи)
Екстракт зі стадії 2	Стадія 3. Концентрування екстракту Приміщення екстракції та концентрування № 211 Циркуляційний вакуум-випарний апарат (Р 10), мірники (М 65), збірники (С 14, С 88)	Об'єм екстракту; режим концентрування; аналіз екстракту концентрованого; вміст етанолу у відгоні; об'єм екстракту концентрованого, відгону спирту етилового
Екстракт концентрований зі стадії 3	Стадія 4. Сушіння Приміщення сушки фасування субстанцій № 213 Розпилювальна сушарка (СШ 130), ваги (КП 158), збірник (С 88), листи для сушіння (ГФ 32)	Температурний режим сушіння; Ромашки екстракту сухого
Корж Ромашки екстракту сухого зі стадії 4	Стадія 5. Просів та фасування Приміщення сушки та фасування субстанцій № 213 Кульовий млин (РМ 131), пристрій для просіювання (ГФ 64), ваги (КП 158)	маса Ромашки екстракту сухого фасованого; наявність дозволу ВКЯ на використання у виробництві пакувальних матеріалів; аналіз Ромашки екстракту сухого порошку (субстанції)



3.5 Опис технологічного процесу

Виробництво препарату здійснюється відповідно до Технологічної інструкції/протоколу виготовлення серії, Інструкції з пакування/протоколу пакування серії, Досьє виробничої дільниці ДПУ 64-31437750-570*.

Застосування у виробництві сировини та матеріалів здійснюють з урахуванням пожежо-вибухонебезпечних, токсичних властивостей та санітарно-гігієнічних нормативів, викладених у СТП 64-31437750-022*.

Завантаження сировини проводять совком, порційно, відповідно до рекомендованого розрахунку з визначення категорій виробничих приміщень, завантаження рідкої сировини здійснюють з використанням спеціальних ємностей (мірників, збірників).

Стадія 1. Приготування екстрагенту

Приміщення екстракції та концентрування № 211 - приміщення з контрольованими параметрами

Відгін спирту етилового з екстракту та відгін спирту етилового, регенерованого зі шроту, завантажують у мірник (М 126), переміщують за допомогою насоса (Н 132) протягом (10 + 5) хв. Після закінчення перемішування відбирають пробу водноспиртового розчину для визначення фактичного вмісту етанолу. Розраховані кількості етанолу (спирту етилового ректифікованого) або відгону спирту етилового після ректифікації і води очищеної завантажують в мірник (М 126), переміщують за допомогою насоса (Н 132) протягом (10 + 5) хв. Після закінчення перемішування відбирають пробу приготовленого екстрагенту для визначення вмісту етанолу, яке повинно становити $(50,0 \pm 0,2) \%$. Отриманий екстрагент використовують на стадії 2. Екстракція рослинної сировини.

Стадія 2. Екстракція рослинної сировини

Приміщення екстракції та концентрування № 211 - приміщення з контрольованими параметрами

У реактори (Р 128_{1,2}) завантажують відважену рослинну сировину - Ромашки траву подрібнену; сировину заливають приготовленим екстрагентом і проводять екстракцію (I, II і III заливання) при перемішуванні протягом (2,0 + 0,1) год і відстоюванні протягом: (1,0 + 0,1) год - I заливання; не менше 10,0 год - II заливання; (2,0 + 0,1) год - III заливання. Отриманий екстракт (I, II та III сливи) передають на стадію 3. Концентрування екстракту. Шрот залишають у реакторах для використання на стадії 6. Регенерація спирту етилового зі шроту.

Стадія 3. Концентрування екстракту

Приміщення екстракції та концентрування № 211 - приміщення з контрольованими параметрами

Екстракт (I, II та III сливи) концентрують у циркуляційному вакуум-

віпарному апараті (Р 10). Відбирають пробу екстракту концентрованого для визначення густини, яка має становити $(1,20 + 0,05)$ г/см³. Екстракт концентрований передають на стадію 4. Сушка. Відбирають пробу відгону спирту етилового з екстракту для визначення вмісту етанолу, який має бути не меншим за 51,0 %. Відгін спирту етилового з екстракту, який одержують після концентрування, використовують для приготування екстрагента на стадії 1.

Стадія 4. Процес сушіння

Приміщення сушки, подрібнення та фасування субстанцій № 213 - приміщення з контрольованими параметрами

Екстракт концентрований сушать на розпилювальній сушарці. Після закінчення сушіння відбирають пробу для визначення втрати в масі при висушуванні. Після отримання позитивного результату порошок відправляють на етап 5 «Просів».

Стадія 5. Просіювання, сортування та фасування

Приміщення сушки та фасування субстанцій № 213 - приміщення з контрольованими параметрами.

Порошок просівають через пристрій для просіювання (ГФ 64) і фасують в пакети з поліетиленової плівки. Відбирають пробу Ромашки екстракту сухого, порошку (субстанції) фасованого для аналізу ВКЯ за всіма показниками СПЦ-ГП-46/МКЯЛЗ/АНД-ДВ та передають на стадію 7. Пакування, маркування.

Стадія 6. Регенерація спирту етилового зі шроту

Приміщення екстракції та концентрування № 211 - приміщення з контрольованими параметрами

Регенерацію спирту етилового зі шроту проводять у реакторі (Р 128), в якому здійснювалася екстракція рослинної сировини, шляхом подачі пари в реактор. Отриманий відгін спирту етилового, регенованого зі шроту, збирають у мірнику (М 65) та використовують для приготування екстрагента на стадії 1.

Стадія 7. Пакування, маркування

Приміщення сушки, подрібнення та фасування субстанцій № 213 - приміщення з контрольованими параметрами

Ромашки екстракт сухий порошок (субстанцію) фасований поміщають у паперові мішки, на мішки наклеюють етикетки. Запаковану продукцію передають на карантинний склад. Після отримання позитивного результату аналізу продукцію транспортують на склад зберігання основної та допоміжної сировини.

3.6 Предмет дослідження і удосконалення

1. Опис встановленої форсунки:

На рисунку 3.6.1 показана форсунка для тонкого диспергування розчинів

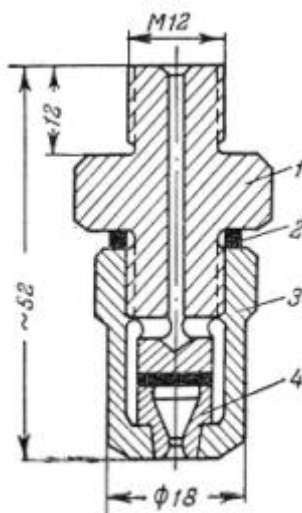


Рис. 3.6.1 Форсунка для розпилення висококонцентрованих розчинів.

1 – головка; 2 – прокладка; 3 – корпус; 4 – насадка.

Форсунка має такий склад: головка 1, корпус 3 і насадка 4, яка виконана з антиерозійного матеріалу. Діаметр вихідного отвору може варіюватись в межах 0,8; 1,0; 1,2; 1,5 мм. На насадці 4 для закручування потоку нарізані тангенціальні канавки. Змінюючи швидкість розчину в канавках, можна регулювати кут розкриття факелу. Кут розкриття факелу може бути до 140°.

2. Опис запропонованої форсунки для удосконалення:

На рисунку 3.6.2 показана пневматична форсунка. Розчин через центральну трубку 1. Подається в вихрову камеру по тангенціальним канавкам 2 і у вигляді плівки виходить через отвір 3. Стиснуте повітря по трубках 4 проходить в кільцеві канавки 5, потрапляє у вигляді закрученого потоку в камеру 6 та, виходячи через кільцевий зазор, зустрічається з плівкою розчину. Форсунки цього типу дають факел у вигляді парасолі застосовуються в скруберах цих процесах. Працюють вони під тиском від 0.25-0.5 МПа. Кут розкриття факелу може бути до 170 °.

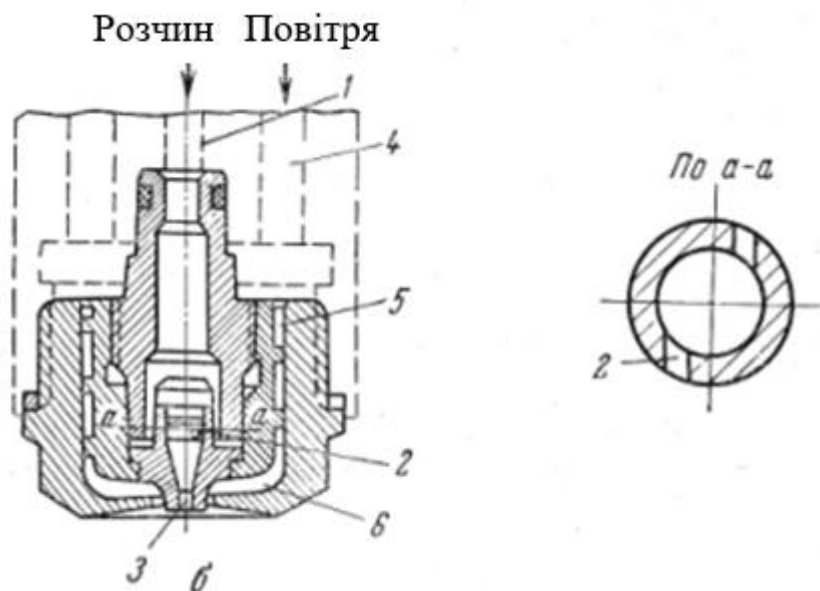
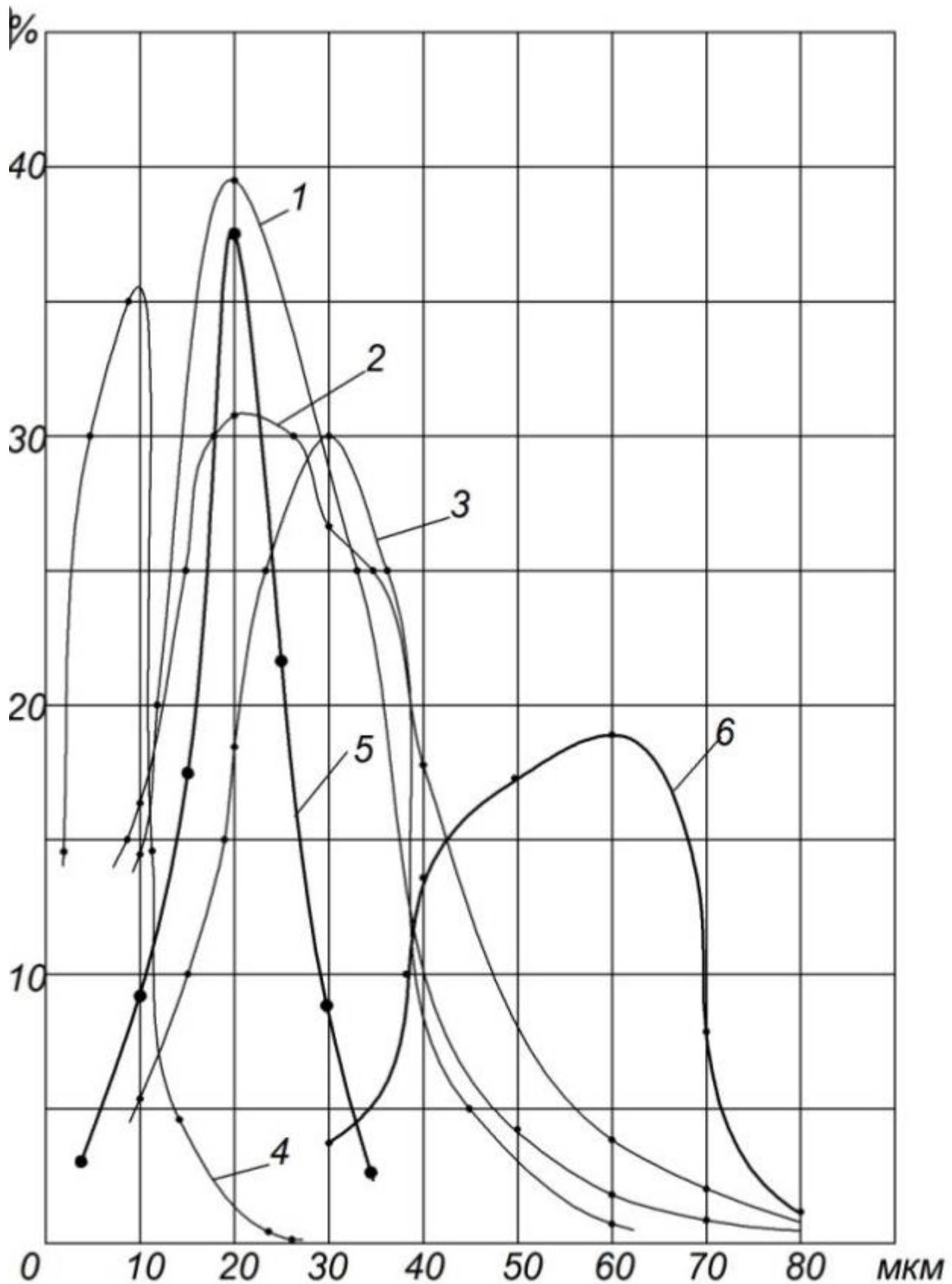


Рис. 3.6.2 Пневматична форсунка

Виходячи з вище наведеного опису двох форсунок можна зробити висновок, що для висушування порошків для інгаляцій краще встановлювати пневматичну форсунку. Вона забезпечує більший кут розпилу крапель, що дає змогу проводити розпилення по всій ширині сушильної камери.

3.7 Науково-дослідна частина

На графіку 3.7.1 досліджено і показано, як розподіляються краплі різних речовин в розпилувальній камері:



Графік 3.6.1 Експериментальні криві розподілення крапель різних продуктів (розпилення пневматичною форсункою).

1 - технічний альбумін; 2 - кормовий концентрат; 3 - кормові дріжджі; 4 - латекс ПВХ, 5 – екстракт квіток ромашки (форсункою), 6 – екстракт квітки ромашки (розпилюючим диском).

На графіку осі Y показана об'ємна частота продукту, а по осі X – розмір крапель.

Компактний і високоточний лазерний аналізатор розміру частинок Bettersizer 2600 від виробника Bettersize Instruments забезпечує простоту експлуатації, низький рівнем обслуговування та економічну ефективність, що дозволяє користувачу розробляти унікальний якісний продукт та чітко контролювати його параметри.

Завдяки інноваційній оптичній системі лазерний дифракційний аналізатор розміру частинок Bettersizer 2600 гарантує отримання точних результатів вимірювання розміру частинок в діапазоні від 0.02 – 2600 мкм. Модульна конструкція Bettersizer 2600 дає змогу проводити широкий спектр досліджень частинок, застосовуючи рідинний та сухий метод диспергування. В залежності від потреб користувача можливо обрати між двома, повністю автоматичними дисперсійними модулями: ВТ-902 і ВТ-903 (малого об'єму) та ВТ-802 для рідинного диспергування. Час зміни модулів займає менше 2 хв.

Модулі ВТ-902 і ВТ-903 проводять сухе диспергування за допомогою стисненого повітря, що оптимально підходить для стандартних вимірювань сухих порошків. Модуль ВТ-802 проводить рідинне диспергування в різних середовищах, що оптимально підходить для досліджень дрібних частинок. Легка зміна модулів забезпечує стабільні вимірювання з високою точністю та гарантовану відтворюваністю результатів.

У висновку маємо, що пневматичною форсункою набагато краще проводиться розпил від механічної і тим паче від розпилювального диску.

4. Розрахунок розпилювальної сушарки

Провести розрахунок удосконалення розпилювальної сушарки для висушування екстракту Ромашки за наступними даними:

необхідна продуктивність сушарки по вологому матеріалу $G=12\text{кг/год.}$, сушильний агент – повітря, що нагрівається від калорифера та примусово вводиться за допомогою вентилятора, продукт насосом подається на форсунку, де розпилюється на краплини з середнім об'ємно-поверхневим діаметром краплини 10 мкм, сухий продукт виноситься з сушарки потоком повітря, початкова вологість розчину $W_1=80\%$, вологість висушеного продукту $W_2=3\%$, початкова температура продукту $t_{\text{п}}=20^{\circ}\text{C}$, максимально допустима температура продукту $t_{\text{макс}}=65^{\circ}\text{C}$, теплоємність сухої речовини продукту $c_{\text{т}}=1,53 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$, температура навколишнього повітря $t_{\text{н}}=20^{\circ}\text{C}$, температура відпрацьованого повітря $t_2=70^{\circ}\text{C}$, швидкість сушильного агента $v=3,2 \text{ м/с}$.

4.1. Технологічні розрахунки

Для знаходження технологічних параметрів протікання складемо **матеріальний баланс** сушіння. Для цього зробимо позначення:

$G_1=12\text{кг/год}$ – к-сть вологого матеріалу, що поступає на сушку;

$G_2=2,5\text{кг/год}$ – к-сть висушеного матеріалу;

$\omega_1 = 80\%, \omega_2 = 3\%$ - початкова і кінцева вологість матеріалу відповідно;

W – к-сть вологи, яка видаляється з матеріалу при сушці.

Виходить, що матеріальний баланс матиме вигляд:

по цілому матеріалу, що підлягає сушці

$$G_1 = G_2 + W$$

по абсолютно сухій речовині у висушуваному матеріалі

$$G_1 \cdot \frac{100 - \omega_1}{100} = G_2 \cdot \frac{100 - \omega_2}{100}$$

З рівняння маємо:

$$G_1 = G_2 \cdot \frac{100 - \omega_2}{100 - \omega_1}$$

$$G_2 = G_1 \cdot \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2}$$

З рівняння визначимо к-сть вологи, яка видаляється з матеріалу

$$W = G_1 - G_2$$

Підносячи в вираз значення G_1 за формулою маємо

$$W = G_2 \cdot \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_1} = 2,5 \cdot \frac{80 - 3}{100 - 80} = 9,625 \text{ кг / год}$$

Підносячи в вираз значення G_2 за формулою маємо

$$W = G_1 \cdot \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_2} = 12 \cdot \frac{80 - 3}{100 - 3} = 9,625 \text{ кг / год}$$

На сушіння потрапляє повітря з вологовмістом $x_0 = 0,01$ кг/кг сухого повітря, при тому, що витрата абсолютно сухого повітря є L кг/год. Із сушарки відходить така ж к-сть абсолютно сухого повітря, а вологовміст змінюється до $x_2 = 0,058$ кг/кг сухого повітря. К-сть вологи, яка випаровується з матеріалу в сушарці, складає $W = 9,625$ кг/год. Тоді маємо, що матеріальний баланс за вологою має такий вигляд:

$$L \cdot x_0 + W = L \cdot x_2$$

З рівняння балансу знаходимо витрату абсолютно сухого повітря на сушіння

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} = \frac{9,625}{0,058 - 0,01} = 200,5 \text{ кг / год}$$

Питома витрата повітря для випаровування з матеріалу 1 кг вологи дорівнює

$$l = \frac{L}{W} = \frac{200,5}{9,625} = 20,83 \text{ кг / кг}$$

Для знаходження витрат теплоти на протікання процесу зведемо **тепловий баланс**. Для цього прийемо наступні позначення.

На сушарку потрапляє $G_1 = 12$ кг/год вихідного матеріалу, який має температуру $\theta_1 = 20$ °С. В сушарці з даного матеріалу випаровується $W = 9,625$ кг/год вологи та, відповідно, з сушарки видаляється $G_2 = 2,5$ кг/год висушеного матеріалу при температурі $\theta_2 = 65$ °С. Прийемо питому

теплоємність висушеного матеріалу $c_m=1,53$ Дж/(кг град) і теплоємність вологи $c_v=4,19$ Дж/(кг град).

В сушарку вводиться вологе повітря, що містить $L=200,5$ кг/год абсолютно сухого повітря. Перед калорифером повітря має ентальпію $I_0=83$ Дж/кг сухого повітря; після нагрівання, себто на вході в сушарку, ентальпія повітря піднімається до $I_1=180$ Дж/кг сухого повітря. У процесі сушіння у результаті передачі тепла матеріалу, поглинання випаровуваної з матеріалу вологи та втрат теплоти в навколишнє середовище ентальпія повітря має деякі зміни та на виході з сушарки ентальпія відпрацьованого повітря дорівнює $I_2=165$ Дж/кг. Втрати теплоти у навколишнє середовище становлять - $Q_{\text{п}}=59$ Дж/год.

Тоді ми отримаємо:

Прихід теплоти:

з навколишнім повітрям $L I_0$; з сухим матеріалом $G_2 c_m \theta_1$; з волого, що випаровується з матеріалу $W c_v \theta_1$; в калорифері Q_k ;

Витрати теплоти:

з відпрацьованим повітрям $L I_2$; з висушеним матеріалом $G_2 c_m \theta_2$; втрати теплоти в навколишнє середовище $Q_{\text{п}}$.

При установленому процесі сушарки тепловий баланс виражається рівністю, яка має вигляд:

$$L \cdot I_0 + G_2 \cdot c_m \cdot \theta_1 + W \cdot c_v \cdot \theta_1 + Q_k = L \cdot I_2 + G_2 \cdot c_m \cdot \theta_2 + Q_n$$

Визначимо витрату теплоти на, безпосередньо, калорифері

$$Q_k = L \cdot (I_2 - I_0) + G_2 \cdot c_m \cdot (\theta_2 - \theta_1) - W \cdot c_v \cdot \theta_1 + Q_n,$$

Тобто отримаємо

$$Q_k = 200,5 \cdot (165 - 83) + 2,5 \cdot 1,53 \cdot (65 - 20) - 9,625 \cdot 4,19 \cdot 20 + 59 = 15900 \text{ Дж / год .}$$

Розділивши результати на $W=9,625$ кг/год маємо питомі витрати теплоти (на 1кг випареною вологи):

$$q_k = \frac{Q_k}{W} = \frac{15900}{9,625} = 1652 \text{ Дж / кг}$$

4.2. Конструктивні розрахунки

Розрахунок геометричних параметрів сушильної камери

Розміри розпилювальних установок часто розраховують за їх внутрішнім об'ємом і допустимими напруженням сушильної камери за вологою, яка випаровується.

$$V_K = \frac{W}{A},$$

де $W=9,625$ кг/год – к-сть вологи, що випаровується; $A=9$ кг/(м³год) – напруження за випаровуваною вологою.

Тому маємо:

$$V_K = \frac{9,625}{9} = 1,069(\text{м}^3).$$

Співвідношення висоти сушильної камери до її внутрішнього діаметру часто приймають 1,1-1,25.

Робоча висота сушильної камери, м:

$$H_K = \frac{4 \cdot V_K}{\pi \cdot D_K^2}$$

Діаметр сушильної камери, м:

$$D_K = (2,2 \dots 2,4) \cdot R_\phi,$$

де R_ϕ – радіус факела розпилювання, що для форсунок має вигляд в межах 0,5-1,5 м. Беручи до уваги невелику продуктивність сушарки вибираємо механічну форсунку з радіусом факелу розпилення 0,5 м, і кутом розпилення 120°.

Виходить, що діаметр сушильної камери складає:

$$D_K = 2,4 \cdot 0,5 = 1,2 \text{ м}.$$

Беремо $D_K=1,2\text{м}=1200\text{мм}$.

Беремо висоту сушильної камери.

$$H_K = \frac{4 \cdot 1,069}{3,14 \cdot 1,2^2} = 0,946 \text{ м}.$$

Приймаємо $H_K=1\text{м}$.

4.3 Розрахунок циклона

Для виробництва готового продукту з апарату використовується пристрій для виловлювання частинок подібних на пил типу «Циклон», що працює під дією гравітаційних сил.

1. Радіус центральної вихлопної труби:

$$r_1 = \sqrt{\frac{V_{сек}}{\pi \cdot v_m}},$$

де $v_m = 15 \text{ м/с}$ – швидкість газового потоку в трубі; $V_{сек}$ – об’ємна продуктивність апарата за секунду, м³/с;

$$V_{сек} = \frac{G_c}{3600 \cdot \rho} \cdot \frac{100 - y}{100},$$

де $G_c = 200,5 \text{ кг/год}$ – к-сть газової суміші, яка надходить на очищення за 1 год; $\rho = 1,205 \text{ (кг/м}^3\text{)}$ - густина повітря; y – концентрація дисперсної фази (у % по масі) у суміші, яка розділяється, $y_c = 0,2$ і в очищеному повітрі – $y_n = 0,02$.

Отже маємо, що об’ємна продуктивність апарата за 1 секунду має значення:

$$V_{сек} = \frac{200,5 \cdot (100 - 0,2)}{3600 \cdot 1,205 \cdot 100} = 4,6 \text{ (м}^3 \text{ / с)}.$$

Тоді радіус центральної вихлопної труби буде дорівнювати:

$$r_1 = \sqrt{\frac{4,6}{3,14 \cdot 15}} = 0,055 \text{ м}$$

2. Розміри патрубку, який подає суміш у циклон. Патрубок розташований по дотичній до корпусу циклона й виготовляється прямокутного перерізу - $b \times h$, де b – ширина патрубка, h – його висота, м.

Рекомендовано такий вираз $b/h = 2-4 = a$, $a = 4$; прийняти $h = a \cdot b$, визначити:

$$b = \sqrt{\frac{V_{сек}}{a \cdot v}},$$

де $v = 25 \text{ м/с}$ – швидкість газового потоку в патрубку (береться в межах 15-25 м/с).

Тоді маємо:

$$b = \sqrt{\frac{4,6}{4 \cdot 25}} = 0,194 \text{ м, тоді } h=4b=0,776 \text{ м,}$$

3. Радіус циліндричної частини циклона r_2 :

$$r_2 = r_1 + \delta + \Delta r,$$

де $\delta=1,5\text{мм}=0,0015\text{м}$ – товщина стінки вихлопної труби; $\Delta r = 0,2\text{ м}$ – відстань по радіусу між вихлопною трубою та корпусом циклона; може бути в межах 0,1-0,5, але щоб $\Delta r > b$.

Тоді радіус циліндричної частини циклону буде:

$$r_2 = 0,055 + 0,0015 + 0,2 = 0,257 \approx 0,26\text{ м}$$

4. Кутова швидкість обертання газової суміші у циклоні:

$$\omega = \frac{v_c}{r_c}$$

$$v_c = \frac{v_n}{1,4} = \frac{25}{1,4} = 17,9\text{ м/с} - \text{ середня швидкість газового потоку у циклоні;}$$

$$r_c = \frac{1}{2}(r_2 + r_1 + \delta) = \frac{1}{2}(0,26 + 0,055 + 0,0015) = 0,16\text{ м} - \text{ середній радіус обертання}$$

потоку в циклоні.

Кутова швидкість обертання газової суміші у циклоні буде:

$$\omega = \frac{17,9}{0,16} = 112\text{ с}^{-1}$$

5. Тривалість перебування суміші у циклоні

$$\tau = \frac{\Delta r}{v},$$

де $v = 0,7 - 1,0\text{ м/с}$ – швидкість руху частинки в циклоні.

$$\tau = \frac{0,2}{0,85} = 0,2\text{ с}$$

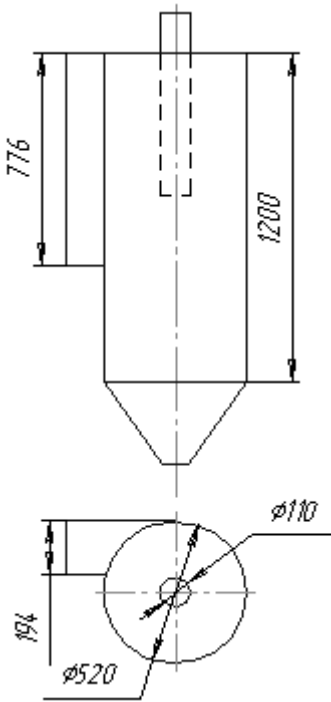


Рис. 4.2.1. Схема циклону.

6. Робочий об'єм камери

$$V_p = V_{сек} \cdot \tau \quad (6.2.10.),$$

$$V_p = 4,6 \cdot 0,2 = 0,92 \text{ м}^3.$$

7. Висота циліндричної частини циклона

$$H = \frac{V_p \cdot K}{\pi \cdot [r_2^2 - (r_1 + \delta)^2]},$$

де $K=1,25$ – коефіцієнт запасу висоти.

$$H = \frac{0,92 \cdot 1,25}{3,14 \cdot [0,26^2 - (0,055 + 0,0015)^2]} = 1,2 \text{ м}.$$

Схема розрахованого циклону показана на рисунку.

Розрахунок вентилятора

Повітря за допомогою вентилятора вводиться у сушильну камеру, де воно розповсюджується по всьому об'єму сушильної башти.

Годинну продуктивність вентилятора рахують на відсмоктування суміші:

$$V = \frac{L}{\rho},$$

Тоді отримаємо:

$$V = \frac{200,5}{1,205} = 166,4 \text{ м}^3 / \text{год}$$

При коефіцієнті запасу потужності 1,18 треба електродвигун потужністю 0,5кВт.

Діаметр ротора вентилятора:

$$D = A \cdot \frac{V^{0,5}}{H^{0,25}},$$

Тоді:

$$D = 0,015 \cdot \frac{166,4^{0,5}}{50^{0,25}} = 0,07 \text{ м} = 70 \text{ мм}.$$

Частота обертання:

$$n = B \cdot \frac{H^{0,5}}{D} \quad (6.2.14.),$$

Отримаємо значення:

$$n = 55 \cdot \frac{50^{0,5}}{0,07} = 558 \text{ об / хв}$$

Номер вентилятора

$$CD = 10 \cdot 0,07 = 0,7.$$

A=0,015, B=55, C=10 – коефіцієнти, що застосовуються при розрахунку вентиляторів низького тиску.

Кінематичні розрахунки

Виконаємо розрахунок пасової передачі, яка входить до складу приводу нагнітального вентилятора. Для початку складемо кінематичну схему приводу вентилятора.

За умовами попередніх розрахунків знаємо:

частота обертання валу вентилятора $n_B=558$ об/хв;

потужність на валу вентилятора $N_B=0,21$ кВт.

1. Розрахунок крутного моменту на валу вентилятора:

$$T_g = \frac{9550 \cdot N_g}{n_g}$$

де $N_{\text{в}}$ – потужність на валу вентилятора; $n_{\text{в}}$ – частота обертання вала вентилятора.

Тоді отримаємо:

$$T_{\text{в}} = \frac{9550 \cdot 0,21}{558} = 3,6 \text{ Н м.}$$

Вираховуємо ККД приводу вентилятора:

$$\eta_{\text{заг}} = \frac{N_{\text{в}}}{N_{\text{дв}}}$$

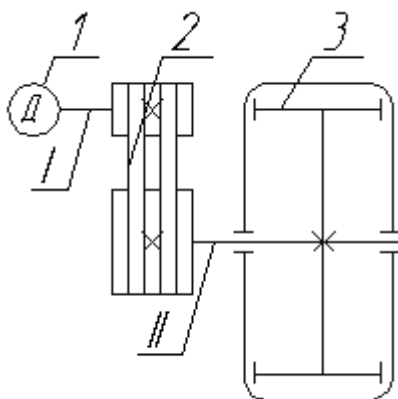


Рис. 4.3.1. Кінематична схема приводу вентилятора.

1 – електродвигун; 2 – пасова передача; 3 – вентилятор.

Виконавши перетворення в формулі маємо:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{в}}}{\eta_{\text{заг}}},$$

де $\eta_{\text{заг}}$ – загальний ККД приводу вентилятора:

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_1 \cdot \eta_2$$

де $\eta_1 = 0,95$ – ККД пасової передачі;

$\eta_2 = 0,5$ – ККД вентилятора.

Тоді ми маємо:

$$\eta_{\text{заг}} = 0,95 \cdot 0,5 = 0,475,$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{0,21}{0,475} = 0,45 \text{ кВт.}$$

3. Приймаємо з каталогу марку двигуна, при цьому щоб здійснювалась умова:

$$N_{двиг}^{кат} \geq N_{дв}$$

З врахуванням розрахункової потужності через каталог беремо двигун серії 4А за ГОСТ 19523-81 з асинхронною к-стю обертів 1000 хв⁻¹.

Приймаємо двигун серія 4А71В6У3, у якого N=0,55 кВт, n=920 хв⁻¹, $\frac{M_{пуск}}{M_{ном}} = 2,2$. Приєднувальні і габаритні розміри вибраного двигуна представлені на рисунку .3.2.

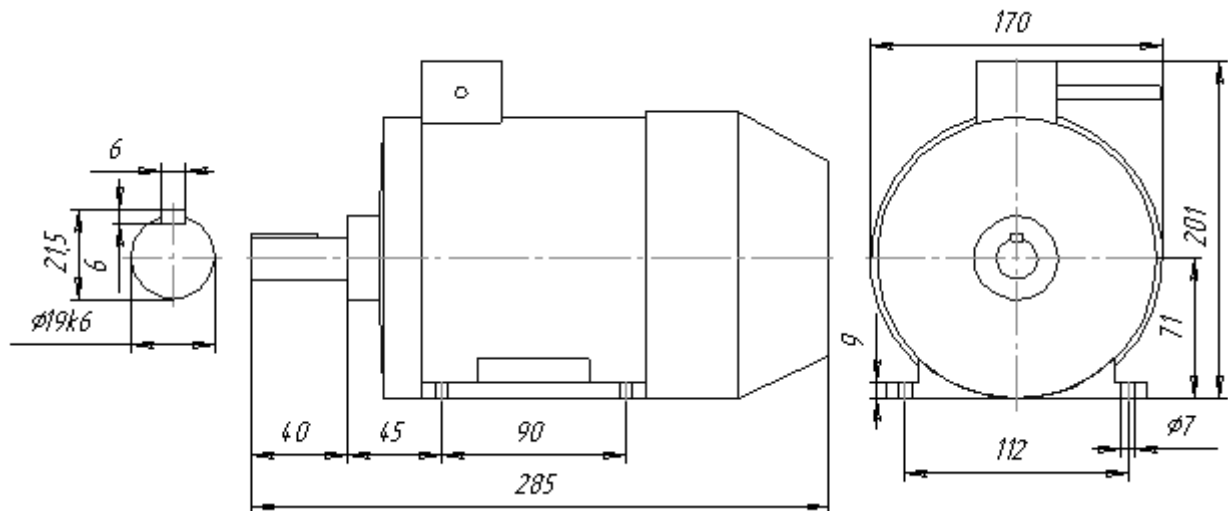


Рис. 4.3.2. геометричні розміри двигуна 4А71В6У3.

4. Визначаємо загальне передаточне число:

$$U_{заг} = \frac{n_{дв}}{n_{вих}}$$

де $n_{дв}$ – к-сть обертів двигуна $n_{дв}=920$ хв⁻¹; $n_{в}$ – к-сть обертів валу вентилятора $n_{вих}=110$ хв⁻¹.

$$U_{заг} = \frac{920}{558} = 1,65.$$

Таким чином передаточне число пасової передачі становить $U_{шт}=1,65$.

Розрахунок параметрів валів

I-вал

$$T_1 = 9550 \frac{N_1}{n_1},$$

де T_1 - крутний момент 1 вала T_1 -?;

N_1 – потужність на виході 1 вала $N_1 = 0,55$ кВт;

n_1 – кількість обертів на 1 валу $n_1 = 920$ хв⁻¹;

$$T_1 = 9550 \frac{0,55}{920} = 5,71 \text{ Н м.}$$

Приймаємо кутову швидкість 1 вала

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30},$$

де n_1 – к-сть обертів | вала,

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 920}{30} = 96,29 \text{ с}^{-1}.$$

II-вал

Вибираємо потужність на II валу:

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_1 \cdot \eta_4,$$

де N_1 – потужність на 1 валу $N_1 = 0,55$ кВт; η_1 - ККД пасової передачі $\eta_1 = 0,95$; η_2 - ККД вентилятора $\eta_4 = 0,5$.

$$N_2 = 0,55 \cdot 0,95 \cdot 0,5 = 0,26 \text{ кВт.}$$

Шукаємо крутний момент на другому валу

$$T_2 = 9550 \frac{N_2}{n_2},$$

де $n_2 = \frac{n_1}{U_{\text{шп}}}$, де n_1 – к-сть обертів на першому валу $n_1 = 920$ хв⁻¹; $U_{\text{шп}}$ –

передаточне число пасової передачі $U_{\text{шп}} = 1,65$

$$n_2 = \frac{920}{1,65} = 557,6 \text{ хв}^{-1}.$$

N_2 – потужність на другому валу $N_2 = 0,26$ кВт; n_2 – к-сть обертів другого валу $n_2 = 557,6$ хв⁻¹.

$$T_2 = 9550 \frac{0,26}{557,6} = 4,45 \text{ Н м.}$$

Приймаємо кутову швидкість II вала

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30},$$

де n_2 – к-сть обертів вала $n_2 = 557,6 \text{ хв}^{-1}$,

$$\omega_2 = \frac{3,14 \cdot 557,6}{30} = 58,36 \text{ с}^{-1}.$$

Складаємо табл. значень розрахункових параметрів всіх валів приводу

№ вала	N, кВт	T, Н м	n, хв ⁻¹	ω, с ⁻¹
I	0,55	5,71	920	96,29
II	0,26	4,45	557,6	58,36
II дано	0,21	3,6	558	58,4
Δ	19%	19%	0,07%	0,06%

Розрахунок клинопасової передачі приводу вентилятора

Для розрахунку беремо наступні початкові дані $N_1 = 0,55 \text{ кВт}$; $n_1 = 920 \text{ хв}^{-1}$; $U_1 = 1,65$. Навантаження спокійне, Робота двозмінна.

1. Крутний момент на швидкохідному валу:

$$T_1 = 9550 \frac{N_1}{n_1},$$

де N_1 – потужність на швидкохідному валу $N_1 = 0,55 \text{ кВт}$; n_1 – к-сть обертів швидкохідного валу $n_1 = 920 \text{ хв}^{-1}$.

$$T_1 = 9550 \frac{0,55}{920} = 5,71 \text{ Н м.}$$

Розрахунок ведеться по книзі “Расчет и проектирование деталей машин” Н.Ф. Киркач, Р.А. Баласанян. Х.1991.

Усі табличні дані вибираємо з цієї книги.

2. При даному крутному моменті по табл.2.12 обираємо переріз паса “О” з розмірами : $b_p = 8,5 \text{ мм}$; $h = 6,0 \text{ мм}$; $b_0 = 10 \text{ мм}$; $y_0 = 2,1 \text{ мм}$; $F_1 = 0,47 \text{ см}^2$.

3. Діаметр меншого шківа у відповідності з рекомендаціями табл.2.12 $d_{pmin} = 63 \text{ мм}$.

4. Діаметр великого шківа:

$$d_{p2} = d_{p1} \cdot U \cdot (1 - \varepsilon) \quad (6.3.13.),$$

де d_{p1} – діаметр ведучого шківа, $d_{p1} = 63 \text{ мм}$; U – передаточне число пасової передачі, $U = 1,65$; ε - коеф. проковзування пасів по шківах $\varepsilon = 0,02$

$$d_{p2} = 63 \cdot 1,65 \cdot (1 - 0,02) = 99,8 \text{ мм.}$$

Стандартний діаметр d_{p2} приймаємо з ряду стандартизованих значень за ГОСТом 17383-73 (табл. 2.21) $d_{p2} = 100 \text{ мм.}$

5. Фактичне передаточне число:

$$U_p = \frac{d_{p2}}{d_{p1} \cdot (1 - \varepsilon)},$$

де d_{p2} – діаметр веденого (II) шківa $d_{p2} = 100 \text{ мм}$; d_{p1} – діаметр ведучого (I) шківa $d_{p1} = 63 \text{ мм}$; ε - коеф. проковзування пасів по шківaх $\varepsilon = 0,02$.

$$U_p = \frac{100}{63 \cdot (1 - 0,02)} = 1,66.$$

Це передаточне число допустиме, тому що його відхилення від заданого $U = 1,65$ в межах 5%.

6. Швидкість паса:

$$V = \frac{\pi \cdot d_{p1} \cdot n_1}{60 \cdot 1000},$$

де d_{p1} – діаметр ведучого шківa $d_{p1} = 63 \text{ мм}$; n_1 – к-сть обертів на I валу $n_1 = 920 \text{ хв}^{-1}$.

$$V = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 920}{60 \cdot 1000} = 3,03 \text{ м/с.}$$

7. Частота обертання веденого вала:

$$n_{p2} = \frac{d_{p1} \cdot n_1 \cdot (1 - \varepsilon)}{d_{p2}},$$

$$n_{p2} = \frac{63 \cdot 920 \cdot (1 - 0,02)}{100} = 568,01 \text{ хв}^{-1}.$$

Значення n_{p2} вступає в поле допустимих значень 5%.

8. Міжосьова відстань відповідно рекомендаціям (табл.2.14)

$$a = 1,305 \cdot d_{p2},$$

$$a = 1,305 \cdot 100 = 130,5 \text{ мм.}$$

9. Розрахункова довжина паса:

$$L = 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} (d_{p1} + d_{p2}) + \frac{(d_{p2} - d_{p1})^2}{4 \cdot a},$$

де a - міжосьова відстань $a = 130,5$ мм; d_{P1} - діаметр ведучого шківа $d_{P1} = 63$ мм; d_{P2} - діаметр веденого шківа $d_{P2} = 100$ мм.

$$L = 2 \cdot 130,5 + \frac{3,14}{2} \cdot (63 + 100) + \frac{(100 - 63)^2}{4 \cdot 130,5} = 519,533 \text{ мм.}$$

Стандартизована величина $L = 560$ мм.

10. За стандартизованою величиною паса $L = 560$ мм з'ясуємо дійсну міжосьову відстань:

$$a = \frac{2 \cdot L - \pi \cdot (d_{P1} + d_{P2}) + \sqrt{[2 \cdot L - \pi \cdot (d_{P1} + d_{P2})]^2 - 8 \cdot (d_{P2} - d_{P1})^2}}{8},$$

де L - довжина паса $L = 560$ мм.

$$a = \frac{2 \cdot 560 - 3,14 \cdot (63 + 100) + \sqrt{[2 \cdot 560 - 3,14 \cdot (63 + 100)]^2 - 8 \cdot (100 - 63)^2}}{8} = 151 \text{ мм.}$$

Мінімальна міжосьова відстань для підтяжки і натяжки пасів при витяганні:

$$a_{\min} = a - 0,01 \cdot L,$$

$$a_{\min} = 151 - 0,01 \cdot 560 = 145,4 \text{ мм.}$$

Максимальна міжосьова відстань для підтяжки і натяжки пасів при витяганні:

$$a_{\max} = a + 0,025 \cdot L,$$

$$a_{\max} = 151 + 0,025 \cdot 560 = 165 \text{ мм.}$$

11. Кут охоплення на меншому шківу:

$$\alpha_1^0 = 180^\circ - 60^\circ \cdot \frac{d_{P2} - d_{P1}}{a},$$

де $d_{P1} = 63$ мм; $d_{P2} = 100$ мм; $a = 151$ мм.

$$\alpha_1^0 = 180^\circ - 60^\circ \cdot \frac{100 - 63}{151} = 165^\circ [\alpha] = 150^\circ.$$

12. Початкова довжина паса (табл.2.15) $L_0 = 1320$ мм.

$$\text{Відносна довжина: } \frac{L}{L_0} = \frac{560}{1320} = 0,42.$$

13. Коефіцієнт довжини (табл. 2.19): $C_L = 0,86$.

14. Початкова потужність при $d_{p1} = 63$ мм і $V = 3,03$ м/с (табл. 2.15):
 $N_0 = 0,31$ кВт.

15. Коеф. кута охоплення (табл. 2.18): $C_\alpha = 0,965$.

16. Поправка до крутного моменту на передаточне число (табл. 2.20):
 $\Delta T_n = 0,4$ Н м.

17. Поправка до потужності:

$$\Delta N_n = 0,0001 \cdot \Delta T_n \cdot n_6,$$

де ΔT_n – поправка до крутного моменту $\Delta T_n = 0,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$; n_6 – к-сть обертів на першому валу $n_6 = 920 \text{ хв}^{-1}$;

$$\Delta N_n = 0,0001 \cdot 0,4 \cdot 920 = 0,0368 \text{ кВт}.$$

18. Коефіцієнт режиму роботи при вказаному навантаженні (табл. 2.8)
 $C_p = 0,73$

19. Допустима потужність на один пас:

$$[N] = (N_0 \cdot C_\alpha \cdot C_L + \Delta N_n) \cdot C_p,$$

де N_0 – початкова потужність при $d_{p1} = 63$ мм і $V = 3,03$ м/с; $N_0 = 0,31$ кВт; C_α – коеф. кута охоплення $C_\alpha = 0,965$; C_L – коефіцієнт довжини $C_L = 0,86$; C_p – коеф. режиму роботи $C_p = 0,73$; ΔN_n – поправка до потужності $\Delta N_n = 0,0368$ кВт.

$$[N] = (0,31 \cdot 0,965 \cdot 0,86 + 0,0368) \cdot 0,73 = 0,215 \text{ кВт}.$$

20. Розрахункове число пасів:

$$Z = \frac{N}{[N]},$$

де N – потужність, яку треба передати пасовою передачею $N = 0,55$ кВт;
 $[N]$ – допустима потужність на один пас $[N] = 0,215$ кВт.

$$Z = \frac{0,55}{0,215} = 2,56.$$

21. Коефіцієнт, який враховує нерівномірність навантаження $C_z = 0,9$.

22. Дійсне число пасів у передачі:

$$Z' = \frac{Z}{C_z} = \frac{2,56}{0,9} = 2,84 \quad (6.3.27),$$

Приймаємо число пасів $Z' = 3$.

23. Сила початкового натягу 1 клинового паса:

$$S_{0,1} = \frac{780 \cdot N}{V \cdot C_\alpha \cdot C_p \cdot Z'} + q \cdot V^2 \quad (6.3.28.),$$

де $N = 0,55$ кВт; $V = 3,03$ м/с; $C_\alpha = 0,965$; $C_p = 0,73$; $Z' = 3$; $q = 0,07$ кг/м
(табл. 2.12).

$$S_{0,1} = \frac{780 \cdot 0,55}{3,03 \cdot 0,965 \cdot 0,73 \cdot 3} + 0,07 \cdot 3,03^2 = 67,6 \text{ Н.}$$

24. Зусилля, яке діє на вали передачі:

$$Q = 2 \cdot S_{0,1} \cdot Z' \sin \frac{\alpha_1^0}{2},$$

де $S_{0,1}$ – сила початкового натягу 1-го паса $S_{0,1} = 67,6$ Н; Z' – дійсне число пасів $Z' = 3$; α_1^0 – кут охоплення пасом меншого шківів $\alpha_1^0 = 165^\circ$.

$$Q = 2 \cdot 67,6 \cdot 3 \cdot \sin \frac{165^\circ}{2} = 296 \text{ Н.}$$

25. Розміри обода шківів за (табл. 2.21):

$l_p = 8,5$ мм; $h = 7,0$ мм; $b = 2,5$ мм; $l = 12 \pm 0,3$ мм; $f = 8 \pm 1$ мм; $r = 0,5$ мм;
 $h_{1\min} = 10$ мм; $d_p = 63$ мм; $\alpha_1 = 34^\circ$; $b_1 = 10,0$ мм; $x = 6$ мм.

26. Зовнішній діаметр шківів:

$$d_{e1} = d_{p1} + 2 \cdot b = 63 + 2 \cdot 2,5 = 68 \text{ мм,}$$

$$d_{e2} = d_{p2} + 2 \cdot b = 100 + 2 \cdot 2,5 = 105 \text{ мм.}$$

27. Ширина обода шківів:

$$M = (Z' - 1) \cdot e + 2 \cdot f = (3 - 1) \cdot 12 + 2 \cdot 8 = 40 \text{ мм.}$$

4.4 Розрахунок елементів конструкції

Розрахунок діаметру трубопроводів підведення та відведення повітря

Для зазначення діаметру трубопроводів відведення та підведення повітря задамося наступними даними: густина повітря $\rho = 1,205$ кг/м³; швидкість руху

повітря в трубопроводі подачі $v_n = 30$ м/с та в трубопроводі виведення повітря $v_e = 25$ м/с; витрата повітря на сушіння $L=200,5$ кг/год= $0,056$ кг/с.

Обчислимо об'ємну витрату пари, м³/с. Це можна зробити за наступною формулою:

$$L_{об} = \frac{L}{\rho}.$$

підставивши відповідні значення у формулу отримаємо:

$$L_{об} = \frac{0,056}{1,205} = 0,046 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Таким чином, за одну секунду через поперечний переріз трубопроводу має пройти $0,046$ м³ повітря. Для того щоб визначити діаметр трубопроводу, необхідно визначити його поперечний переріз за формулою:

$$S = \frac{L_{об}}{v}.$$

Для трубопроводу подачі повітря він становитиме:

$$S = \frac{L_{об}}{v} = \frac{0,046}{30} = 0,0015 \text{ м}^2,$$

для трубопроводу відведення повітря відповідно:

$$S = \frac{L_{об}}{v} = \frac{0,046}{25} = 0,0018 \text{ м}^2.$$

Тепер можна визначити діаметр трубопроводу. Знаючи, що площа поперечного перерізу кола визначається за формулою:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4},$$

можна визначити діаметр трубопроводу:

$$\text{подачі повітря } D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0015}{3,14}} = 0,045 \text{ м} = 45 \text{ мм},$$

$$\text{відведення повітря } D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0018}{3,14}} = 0,048 \text{ м} \approx 50 \text{ мм}.$$

Розрахунок товщини обичайки

Товщина обичайки визначається за формулою:

$$\delta = \frac{D \cdot p}{2 \cdot \sigma_d \cdot \varphi} + C_K + C_{OKP},$$

де D – внутрішній діаметр обичайки, D=1,2 м;

p – внутрішній тиск в сушарці, p=0,8 МПа;

σ_d – допустиме напруження розтягу для матеріалу обичайки, для сталі марки 12Х18Н10Т при температурі 110⁰С $\sigma_d = 143 \text{ МН} / \text{м}^2$;

отвори в обичайці укріплені, зварний шов стиковий двосторонній ($\varphi = 0,95$);

C_K – додаток товщини з урахуванням корозії, $C_K = \Pi \cdot \tau_a = 0,1 \cdot 5 = 0,5 \text{ мм}$ ($\Pi=0,1$ мм/рік – корозійна проникність; $\tau_a=5$ років – амортизаційний строк служби апарата);

C_{OKP} – додаток на округлення до найближчого нормалізованого значення.

Таким чином товщина обичайки буде дорівнювати:

$$\delta = \frac{1,2 \cdot 0,8}{2 \cdot 143 \cdot 0,95} + 0,0005 + C_{OKP} = 0,004 \text{ м}.$$

Беремо умову:

$$\frac{(\delta - C_K)}{D} \leq 0,1,$$

$$\frac{(4 - 0,5)}{1200} = 0,0029 \leq 0,1.$$

Умова виконана, то товщина обичайки розрахована вірно.

Розрахунок товщини кришки

Беремо стандартну сферичну кришку.

Товщина кришки визначається за формулою:

$$\delta = \frac{D \cdot p}{2 \cdot \sigma_d \cdot \varphi} + C_K + C_{OKP},$$

D – внутрішній діаметр обичайки, D=1,2 м;

p – внутрішній тиск в сушарці, p=0,8 МПа;

σ_d – допустиме напруження розтягу для матеріалу кришки, для сталі марки 12Х18Н10Т при температурі 110⁰С $\sigma_d = 143 \text{ МН} / \text{м}^2$;

кришка зварна з укріпленими отвором ($\varphi = 0,95$);

C_K – додаток товщини з урахуванням корозії, $C_K = P \cdot \tau_a = 0,1 \cdot 5 = 0,5 \text{ мм}$
($P=0,1$ мм/рік – корозійна проникність; $\tau_a=5$ років – амортизаційний строк служби апарата);

C_{OKP} – додаток на округлення до найближчого нормалізованого значення.

Таким чином товщина кришки буде дорівнювати:

$$\delta = \frac{1,2 \cdot 0,8}{2 \cdot 143 \cdot 0,95} + 0,0005 + C_{OKP} = 0,004 \text{ м}.$$

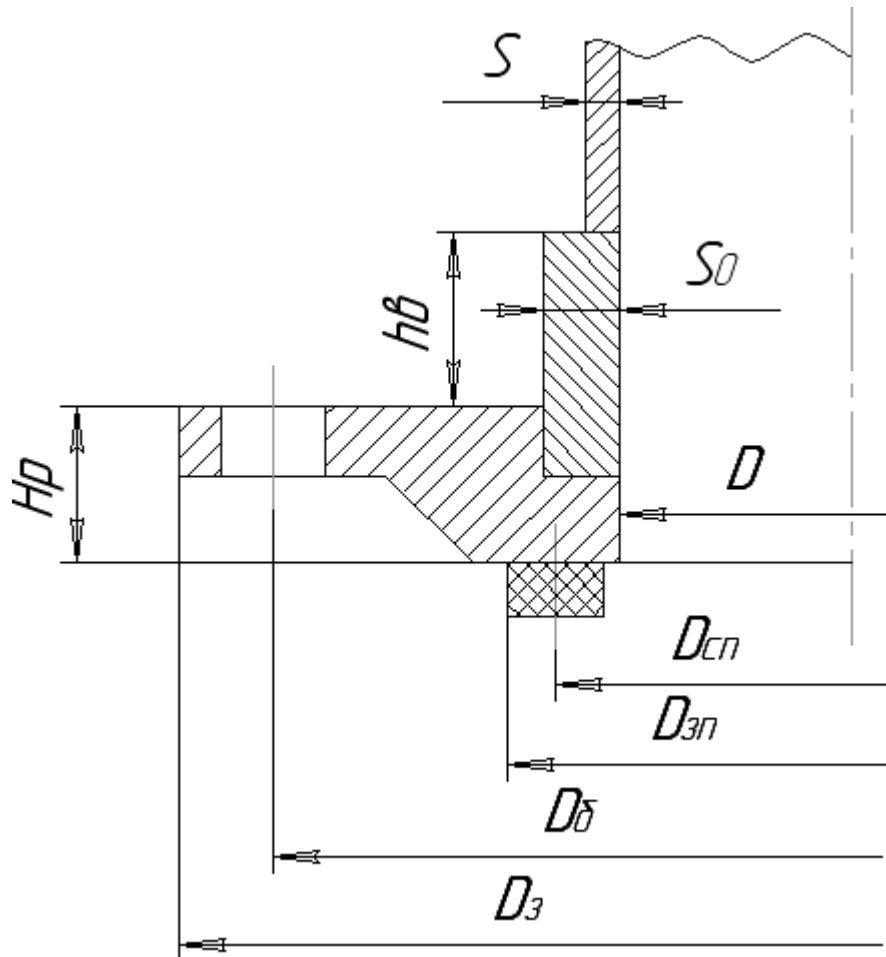
Беремо умову:

$$\frac{(\delta - C_K)}{D} \leq 0,125,$$

$$\frac{(4 - 0,5)}{1200} = 0,0029 \leq 0,125.$$

Оскільки умова виконується, то товщина кришки розрахована вірно.

Розрахунок фланцевих з'єднань кришки.



1. Товщина втулки фланця: $S_0 \geq S$ $S_0 = 4$ мм.

2. Висота втулки:

$$h_b = 0,5 \cdot \sqrt{D \cdot (S_0 - c)} \quad (6.4.8.), \quad c = 1 \dots 2 \text{ мм},$$

$$h_b = 0,5 \cdot \sqrt{1,2 \cdot (0,004 - 0,002)} = 0,024 \text{ м.}$$

3. Діаметр болтового кола:

$$D_B = 1,1 \cdot D^{0,993} = 1,1 \cdot 1,2^{0,993} = 1,32 \text{ м.}$$

Розрахунковий діаметр болтів:

$$d_B = \frac{(D_B - D_r)}{2} - 0,006 = \frac{(1,32 - 1,25)}{2} - 0,006 = 0,027 \text{ м.}$$

4. Зовнішній діаметр фланця $D_3 \geq D_6 + a$ (6.4.10.),

a – конструктивна добавка на розміщення гайок по діаметру фланця; для $d_6 = 12 \dots 40$ мм

$$a = 2d_6 \rightarrow a = 2 \cdot 0,027 = 0,054 \text{ м}$$

$$D_3 = 1,32 + 0,054 = 1,374 \text{ м.}$$

5. Зовнішній діаметр прокладки

$$D_{зп} = D_{\sigma} - e \quad (6.4.11.).$$

e – нормативний параметр, який залежить від типу прокладки.

Вибираємо плоскі прокладки:

$$\text{при } d_B = 12...40 \text{ мм}; e = 1,4...1,5d_B; \quad (6.4.12.)$$

$$e = 1,5 \cdot 0,027 = 0,04 \text{ м},$$

$$D_{зп} = 1,32 - 0,04 = 1,28 \text{ м}.$$

6. Середній діаметр прокладки:

$$D_{сп} = D_{зп} - b \quad (6.4.13.),$$

b – ширина прокладки по таблиці 1.42 (Михалев) $b = 25$ мм,

$$D_{сп} = 1,28 - 0,025 = 1,255 \text{ м}.$$

7. К-сть болтів, яка необхідна для забезпечення герметичності з'єднання:

$$n_{\sigma} \geq \frac{\pi \cdot D_{\sigma}}{t_{кр}} \quad (6.4.14.);$$

$$t_{кр} = (4,2...5) \cdot d_{\sigma} \text{ при } p=0...1 \text{ МПа}.$$

Тоді отримаємо кількість болтів:

$$n_{\sigma} = \frac{3,14 \cdot 1,32}{4,5 \cdot 0,030} = 30,7 \text{ шт.}$$

Округляючи до більшого значення та враховуючи запас по безпеці приймаємо кількість болтів рівну $n_{\sigma}=32$ шт.

4.5. Енергетичні і теплові розрахунки

Розрахунок теплоізоляції

Втрати теплоти в навколишнє середовище визначаються за формулою:

$$Q = \left(\frac{\lambda}{\delta} \right) \cdot F \cdot (T_{cm1} - T_{cm2}) \cdot \tau,$$

де λ – еквівалентний коефіцієнт теплопровідності, який визначається за формулою:

$$\lambda_{екв} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \delta_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}}.$$

З формули беремо значення цього коефіцієнта:

$$\lambda = \frac{Q \cdot \delta}{F \cdot (T_{cm1} - T_{cm2}) \cdot \tau} = \frac{59 \cdot 0,036}{3,77 \cdot (95 - 30) \cdot 1} = 8,7 \cdot 10^{-3} \text{ (Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)) (6.5.3.)}$$

Звідси

$$0,004 + \delta_2 + 0,002 = 12,8 + \frac{86,4 \cdot 10^{-6}}{\delta_2} + 140,8,$$

$$\delta_2^2 - 153,6 \cdot \delta_2 - 86,4 \cdot 10^{-6} = 0,$$

$$D = \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c} = \sqrt{(-153,6)^2 + 4 \cdot 1 \cdot (-86,4 \cdot 10^{-6})} = \pm 153,58,$$

$$\delta_2 = \frac{-b + \sqrt{D}}{2 \cdot a} = \frac{153,6 - 153,58}{2 \cdot 86,4 \cdot 10^{-6}} = 0,03 \text{ м.}$$

5. Монтаж, ремонт та технічне обслуговування розпилювальної сушарки

5.1. Монтаж

Розпилювальні сушильні установки встановлюються для роботи в приміщеннях з температурою навколишнього середовища 0-300°C. Перед монтажем сушарка розпаковується і перевіряється на комплектність відповідно до документації виробника. Приймання зерносушарки здійснюється шляхом візуального огляду без демонтажу комплектуючих деталей, щоб переконатися у відсутності видимих пошкоджень, поломок та інших дефектів. Потім сушарка від'єднується (видалення промасленого паперу і захисного мастила) без демонтажу будь-яких додаткових частин.

Потім сушильну установку встановлюють на місце монтажу. При цьому перевіряють розміри опорної поверхні фундаменту і правильність розташування отворів для фундаментних болтів. Також перевіряється, що бетон фундаменту досяг проектної міцності. Під час монтажу сушарка повинна бути підвішена у повній відповідності до системи стропів, показаної на рис. 5.1.1. Підвісне обладнання повинно бути промарковане із зазначенням вантажопідйомності.

Встановіть сушарку на фундамент так, щоб поздовжні та поперечні позначки на обладнанні збігалися з осьовими позначками на планках, вмурованих у фундамент. Також перевірте положення патрубків подачі продукту, подачі та відведення повітря, а також сопел на обладнанні. За допомогою регулювальних гвинтів вирівняйте їх щодо горизонтальної та вертикальної осей. Підставте під регулювальний гвинт опорну пластину, що входить до комплекту поставки сушарки. Коли залитий бетон затвердіє, викрутіть регулювальні гвинти і затягніть гайки на фундаментних болтах.

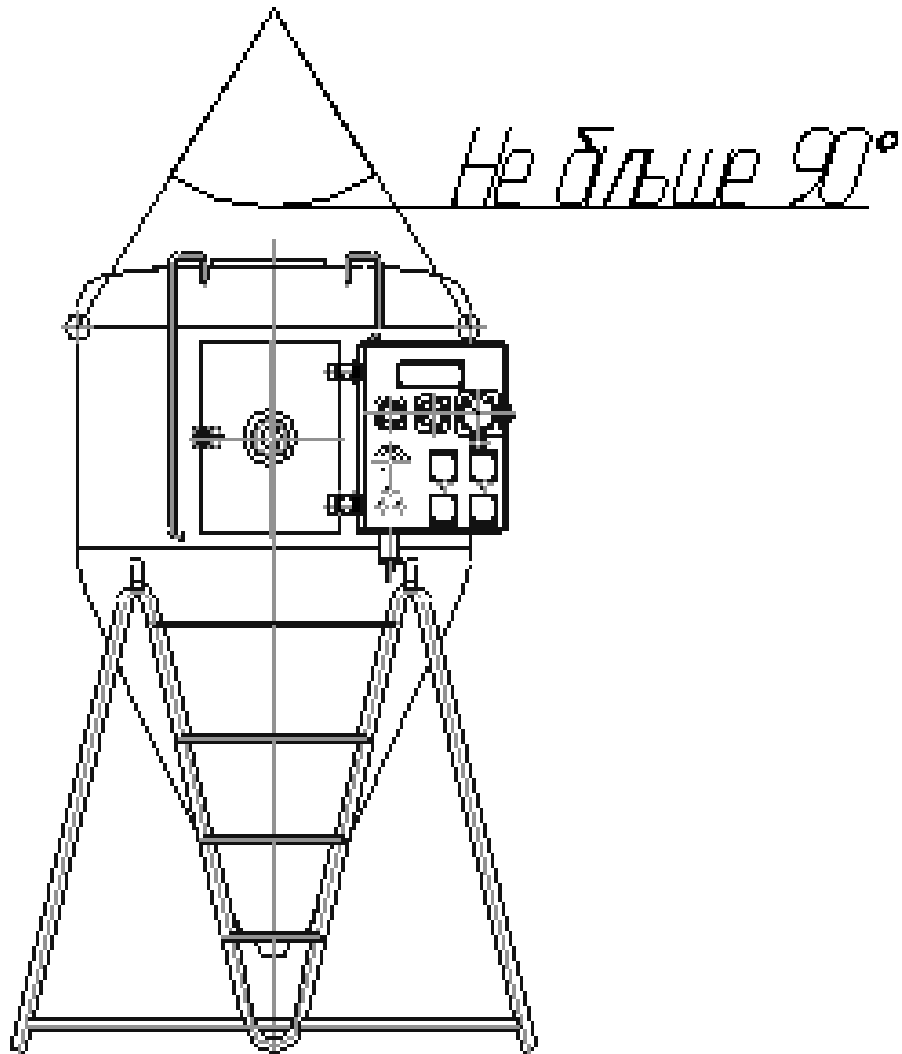


Рис. 5.1.1. Схема строповки сушарки при установці.

Після монтажу прикріпіть до сушарки все суміжне обладнання (нагнітальні насоси, циклони, нагнітальні вентилятори) рис. 5.1.2. Потім підключіть трубопроводи подачі продукту, подачі повітря і витяжки до відповідних з'єднань на обладнанні. Заземліть сушарку та електрообладнання, що забезпечує її роботу.

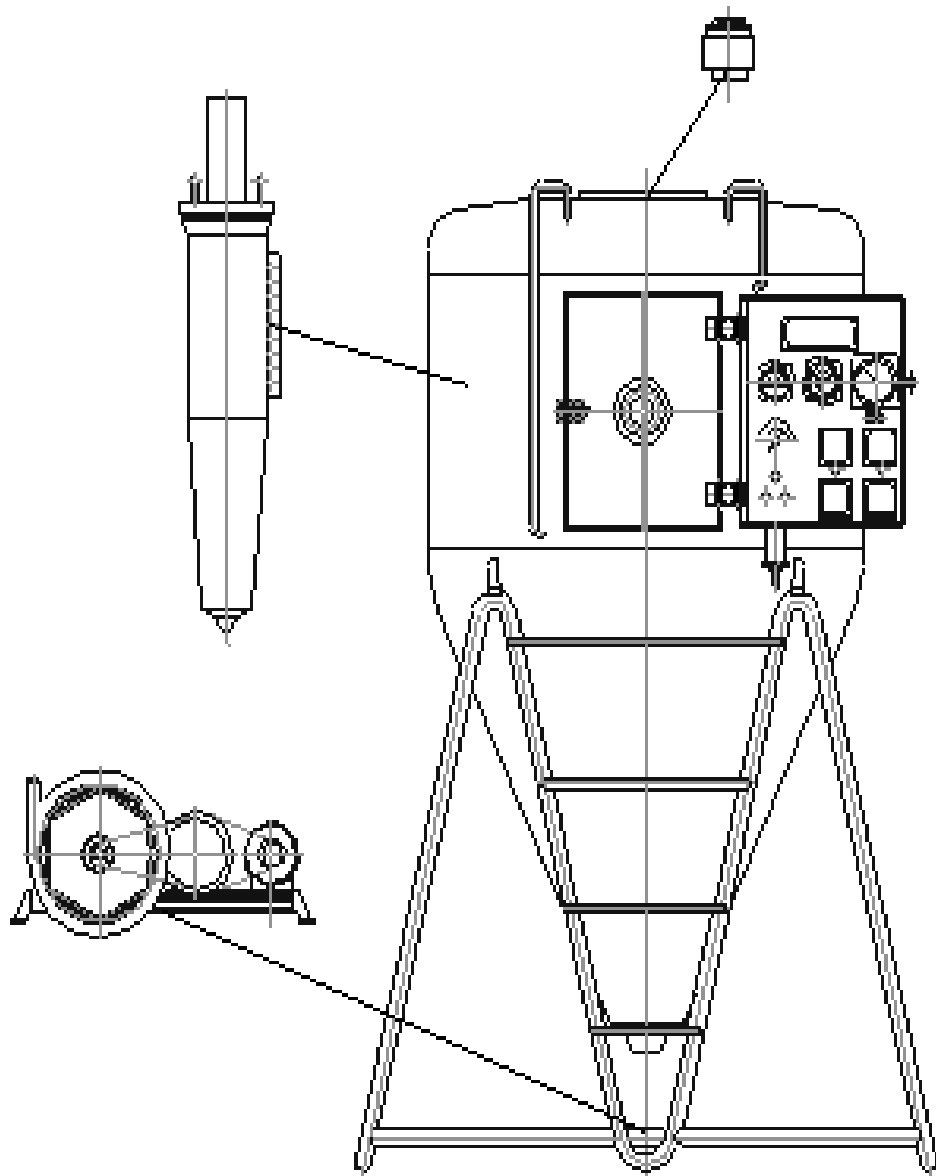


Рис. 5.1.2. Схема місць встановлення суміжних пристроїв.

При монтажі контрольно-вимірювальних приладів і систем автоматизації (КВПіА) слід керуватися монтажними кресленнями і документацією проектної організації на автоматизацію. Монтаж контрольно-вимірювальних приладів і обладнання системи автоматизації повинен здійснюватися відповідно до інструкцій з монтажу та експлуатації цього обладнання.

Перед введенням в експлуатацію перевірте затягування всіх болтових з'єднань і фланцевих з'єднань з'єднувальних трубопроводів. Злегка ослабте

болти в місцях кріплення агрегату до рами, щоб забезпечити теплове розширення корпусу зерносушарки. Перевірте натяг ремінного приводу від електродвигуна до нагнітального вентилятора. Переконайтеся, що вал вентилятора і опори підшипників електродвигуна змащені.

Зніміть розпірку та розпірку з рами агрегату. Візуально перевірте стан різьбового з'єднання на готовому бутлі і гумової прокладки, що ущільнює це з'єднання. Перевірте роботу механізму відкривання і закривання зливного клапана. Він повинен відкриватися і закриватися плавно, без поштовхів і заїдань. Візуально перевірте стан гумових ущільнювачів на дверцятах і оглядовому вікні. Перевірте надійність замикання дверного замка, а також його герметичність і ущільнення в закритому стані.

Вручну проверніть шків вентилятора сушарки 5-10 разів. Переконайтеся, що лопаті вентилятора не торкаються корпусу. Обертання повинно бути плавним, без поштовхів і заїдань, а приводний ремінь не повинен торкатися сушарки або будь-якої частини захисного кожуха.

Увімкніть привід вентилятора, перевірте фланцеве з'єднання на наявність витоків повітря і перевірте герметичність з'єднання з сушаркою. Переконайтеся, що напрямок обертання валу вентилятора відповідає стрілці, що вказує на цей напрямок.

Перевірте сушарку на герметичність. Для цього увімкніть привід вентилятора та нагрівач. Після того, як зерносушарка прогріється до робочої температури, очистіть всі фланцеві з'єднання, де можуть бути витoki повітря. У разі виявлення витoku повітря (через утворення витoku внаслідок теплового розширення), вимкніть привід вентилятора і дайте тиску впасти до атмосферного, перш ніж затягувати болти. Затягувати болти під тиском заборонено з міркувань безпеки. Після цього слід ще раз перевірити систему. Якщо є які-небудь витoki, скиньте тиск і охолодіть зерносушарку, а також перевірте стан прокладок на з'єднаннях. Прокладка повинна бути цілою, без подряпин або розривів і концентрично сидіти в монтажному пазу. Повторіть перевірку після усунення витoku.

Можливі місця нещільностей сушарки:

1. всі фланцеві з'єднання,
2. місце встановлення вивантажувального клапана,
3. місце встановлення флакону для готового продукту,
4. місце закривання дверей,
5. ущільнення оглядового вікна.

Як усунути витіки.

- Фланцеві з'єднання - нагріти осушувач до робочої температури, скинути тиск і затягнути кріплення. Якщо після затягування герметичність не забезпечується, слід замінити прокладку;

- Випускний клапан - перевірити стан прокладки, рівномірність і концентричність прилягання до клапана;

- Готові флакони - перевірити стан прокладки, рівномірність та концентричність прилягання до флакону;

- Місце закриття дверцят - перевірити стан прокладки, надійність закриття замка та відрегулювати запірний елемент;

- Місце ущільнення вічка - перевірте стан прокладки та затягніть кріпильні гвинти.

5.2. Ремонт установки

Під час ремонту сушильної установки виконайте такі операції

Зніміть станцію обприскування з сушарки і відремонтуйте форсунку, нагнітальний насос і циклон відповідно до інструкцій виробника.

Замініть підшипники у валу вентилятора та електродвигуна. Відцентруйте вали вентилятора та електродвигуна після складання. При ремонті повітропроводів роз'єднати, розібрати, випрямити, замінити прокладки, відновити ізоляцію і знову зібрати.

При ремонті нагрівачів сушарки зніміть і почистіть, перевірте цілісність електричної ізоляції та встановіть на місце.

Після ремонту окремі вузли сушарки випробовуються відповідно до критеріїв, зазначених в інструкціях виробника. Потім випробовується вся сушильна установка, як описано в розділі 5.1.

5.3. Технічне обслуговування

Переконайтеся, що випускний клапан надійно закритий. Увімкніть нагрівач і, як тільки нагрівач нагріється, увімкніть подачу повітря. Після того, як сушарка нагріється, відрегулюйте температуру нагрівача відповідно до витрати повітря так, щоб температура в сушарці відповідала технологічним нормам. Після цього вмикається дозуючий насос на лінії подачі гною. Після 30 хвилин роботи сушарки відкривають випускний клапан і збирають висушений продукт у підготовлений флакон.

Процес сушіння повинен проводитися строго відповідно до технічного регламенту для конкретного продукту. Після закінчення процесу сушіння необхідно вимкнути нагнітальний насос і нагрівач. Щоб вийняти висушений продукт із сушарки, залиште вентилятор увімкненим на 10 хвилин, потім закрийте нагнітальний клапан і вийміть флакон з продуктом. Торкайтеся оболонки сушарки тільки після її повного охолодження.

Перевірте герметичність сушильної шафи та всієї системи. Перевіряйте систему на герметичність щонайменше раз на місяць. Якщо є витіки повітря з сушарки, знайдіть і загерметизуйте місця витоків. Регулярно перевіряйте стан прокладки на зливному клапані та плящі з продуктом. Прокладка повинна концентрично прилягати до гнізда, бути неушкодженою і щільною, без розривів і тріщин. Якщо продукт прилип до прокладки або клапана, його необхідно видалити. Стан прокладки на фланцевому з'єднанні необхідно регулярно контролювати.

Необхідно постійно контролювати стан і чистоту форсунки. Слід контролювати стан приводу нагнітального вентилятора. Змастити підшипникові опори вала вентилятора та електродвигуна. Підшипникові опори змащувати мастилом CIATIM 22 згідно з ГОСТ 9433-70. Необхідно

постійно контролювати стан пасової передачі. Своєчасно підтягуйте ремені та замінійте їх у разі зносу.

Регулярно перевіряти надійність кріплення телекомунікаційного обладнання та герметичність фланцевих з'єднань. Перевірте надійність заземлення зерносушарки. Слідкуйте за справністю контрольно-вимірювальних приладів і систем автоматизації. Стежити за станом огороження рухомих частин сушарки. Стежити за справністю електрообладнання. Споживана потужність не повинна перевищувати потужність встановлених електродвигунів.

Перевіряти прилади, що вимірюють потужність, тиск і температуру всередині зерносушарки, відповідно до меж вимірювання згідно з метрологічними нормами. Не рідше одного разу на місяць слід вимірювати споживану потужність приводного електродвигуна на холостому ході і під навантаженням. Вимірювання проводять стандартним приладом класу точності 0,5. Відхилення не повинно перевищувати прохідної характеристики електродвигуна.

Робочий тиск всередині сушарки контролюється технічним манометром класу точності 2,5 з межею вимірювання 1 МПа (10 кгс/см²). Температура всередині сушарки контролюється скляним термометром (ціна поділки 20 °С, діапазон вимірювання 0-2000 °С).

Транспортування сушарки може здійснюватися будь-яким видом транспорту, узгодженим зі споживачем, за винятком пневмотранспорту. Транспортування, вантажно-розвантажувальні роботи повинні проводитися без різких поштовхів і ударів. Під час транспортування обладнання та його упаковка повинні бути збережені.

Умови зберігання зерносушарки у споживача повинні забезпечувати її захист від механічних пошкоджень і корозії. Сушарки не повинні зберігатися більше двох років без переконсервації. Умови зберігання необхідно перевіряти не рідше одного разу на шість місяців. Відповідальність за зберігання зерносушарки несе споживач.

6. Охорона праці

Оскільки промисловість стрімко розвивається, збільшуються виробничі потужності та впроваджуються нові технології, здоров'я працівників та умови праці все частіше опиняються в центрі уваги. Для того, щоб врегулювати відносини між працівниками та роботодавцями, уряд створив необхідну правову базу. Для виконання цих нормативних актів і законів компанії створили відділи охорони праці.

Законодавство про охорону праці в Україні

В Україні Закон "Про охорону праці" був прийнятий Верховною Радою 14 жовтня 1992 року і змінений 21 листопада 2002 року. Цей Закон та Кодекс законів про працю України є основною правовою базою для охорони праці. Вона включає стандарти, правила, норми, положення, статuti, директиви та інші документи, які мають силу закону і є обов'язковими для виконання всіма установами та працівниками України.

Аналіз основних технологічних процесів на установці та ідентифікація небезпечних і шкідливих факторів

Розпилювальна сушарка (рис. 9.1) складається з сушильної камери та допоміжних агрегатів (нагрівачів, циклону, насосів для впорскування матеріалу та ємностей для збору сухого порошку). Крім того, установка оснащена індивідуальними панелями з розташованими на пульті управління приладами сигналізації, контролю та вимірювання.

Перед початком роботи вмикається нагрівач. Під час роботи вмикається припливний вентилятор. Після нагріву сушильної камери відбувається регулювання температури нагрівачів. Потім вмикається шламовий насос і шлам в сушарці розпилюється через форсунки. Висушений продукт і пари спирту згортаються в повітряний потік і транспортуються в циклон, де вони розділяються на тверду і парову фази.

Порошок випадає вниз і збирається в підготовлену ємність, а пароповітряна суміш відводиться в конденсатор, де відбувається відділення спирту.

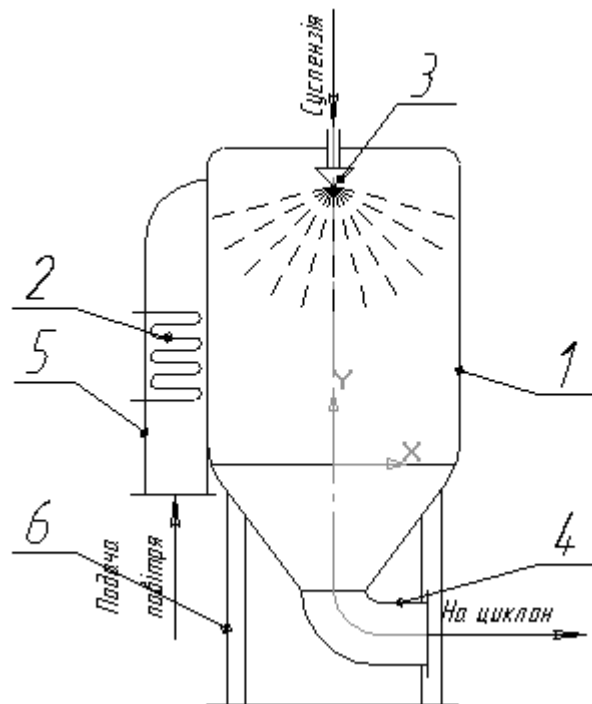


Рис. 6.1. Принципова схема розпилювальної сушарки.

1 – корпус; 2 – калорифер; 3 – форсунка; 4 – патрубок виведення паропилової суміші; 5 – патрубок подачі повітря; 6 – опори.

У робочій зоні можуть виникати шкідливі та небезпечні виробничі фактори: підвищена температура (у разі виходу з ладу обладнання або несправності припливно-витяжної системи), ураження електричним струмом (у разі пошкодження електричної ізоляції). Для підтримки нормальних умов праці необхідно забезпечити надійну ізоляцію поверхонь обладнання та подачу свіжого повітря через систему вентиляції.

Для зручності безпеки, присутні в цеху, позначені наступними символами: Ш - шум, Мт - механічні пошкодження, Е - електричні безпеки, Т - виділення тепла, Г - викиди газів і парів.

Шум

Джерелами шуму є технологічне обладнання заводу, компресори та двигуни. Шум на робочих місцях часто перевищує норми.

Заводи генерують шум різної частоти та інтенсивності, які не перевищують допустимі норми. Частотний спектр - це розподіл рівнів звукового тиску в октавній смузі частот. Спектр представлений у вигляді таблиці або графіка. Залежно від характеру спектра шум можна розділити на: широкосмуговий - безперервний спектр шириною в одну октаву і більше; тональний - дискретний спектр, де частотні складові відокремлені одна від одної значними частотними інтервалами. Шум вимірюється згідно з ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ "Шум. Общие требования безопасности" і вимірюється двома способами: граничним спектром і рівнем шуму (дБА).

Заходи щодо зниження шуму на виробництві

Зниження шуму в джерелі, зміна напрямку випромінювання від джерела шуму, зниження шуму на шляху розповсюдження, проектування акустики будівлі на основі акустичних розрахунків (можна визначити очікувані рівні звукового тиску і порівняти їх з нормованими рівнями звукового тиску). Для зменшення шуму у виробничих приміщеннях проводиться акустична обробка шляхом розміщення на внутрішніх поверхнях приміщень звукопоглинальних матеріалів, таких як ультратонкі скляні волокна, нейлонові волокна, мінеральна вата і мінераловатні плити.

Якщо загальні технічні заходи не можуть знизити шум до прийнятного рівня, використовуються засоби індивідуального захисту.

Вібрація.

Вібрація - це механічні коливання машин, механізмів та їх елементів. Вібрація не тільки погіршує здоров'я працівників і знижує продуктивність праці, але й може викликати серйозні патологічні зміни в організмі людини. Комплексна автоматизація і механізація підприємств є основним способом позбавлення людей від шкідливого впливу вібрації.

За способом передачі на організм людини розрізняють локальну та загальну вібрацію. Загальна вібрація викликана коливаннями на поверхні опору і може бути розділена на транспортну вібрацію, транспортно-технічну вібрацію і технологічну вібрацію в залежності від її джерела. Критерії

загальної технічної вібрації наведені в ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ "Вібраційна безпека. Общие требования".

Якщо вібрація оцінюється з точки зору дози, нормованим параметром є еквівалентне скориговане значення віброшвидкості або віброприскорення.

Заходи щодо зменшення вібрації на виробництві

Основою профілактики вібраційної хвороби є використання обладнання та інструментів, параметри вібрації яких не перевищують ГОСТ 12.1.012-90, а також впровадження прогресивних технологій для усунення впливу вібрації на працюючих.

Для зменшення негативного впливу вібрації використовуються засоби індивідуального захисту та визначено робочий час для працівників вібронебезпечних професій. В якості засобів індивідуального захисту використовуються антивібраційні рукавички та антивібраційне взуття. Для захисту працівників від шкідливого впливу ультразвукових хвиль, що поширюються в повітрі, слід використовувати засоби захисту від шуму. Для захисту рук від ультразвукових хвиль в місцях контакту людини з твердими (рідкими) середовищами необхідно використовувати спеціальні рукавички і рукоятки маніпуляторів. Вібрація в цьому типі установки відсутня.

Мікрокліматичні умови

Мікрокліматичні умови виробничого приміщення визначаються такими параметрами: температура повітря в приміщенні, оС; відносна вологість повітря, %; рухливість повітря, м/с; теплове випромінювання Вт/м², ГОСТ 12.1.005-88 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны".

Робота, яку виконують працівники, що обслуговують обладнання, відноситься до категорії 1б - легка робота (сидячи, стоячи або рухи, пов'язані з легким фізичним навантаженням).

Обладнання повинно працювати в наступних умовах:

- Температура в приміщенні, °С: 21°. .23°
- Швидкість вітру, м/с: 0,1

- Відносна вологість повітря в приміщенні 40.... .60

- Теплове випромінювання, Вт/м²: 140.... .150

Мікроклімат виробничого приміщення нормується відповідно до теплових характеристик виробничого приміщення, категорії важкості робіт та пори року. При роботі в даному приміщенні умови мікроклімату не є оптимальними.

Заходи та засоби для нормалізації параметрів мікроклімату:

- Удосконалення технологічних процесів та обладнання;
- Раціональне розміщення технічного обладнання;
- Автоматизація та дистанційне керування технологічними процесами;
- Раціональна вентиляція, опалення та кондиціонування повітря;
- Раціоналізація режимів праці та відпочинку
- Використання ізоляції обладнання та захисних екранів;
- використання засобів індивідуального захисту.

Розглядаючи приміщення робочого місця, слід також зазначити, що, згідно з класифікацією ПУЕ, приміщення, де встановлено агрегат, належить до зони підвищеної небезпеки (небезпечні фактори - можливий одночасний контакт між заземлювачем і працюючими конструкціями в разі пошкодження ізоляції або непрофесійної поведінки персоналу).

Електронебезпека

Для забезпечення захисту працівників від ураження електричним струмом слід застосовувати захисні заходи та способи захисту, визначені в Правилах улаштування електроустановок (ПУЕ) та Правилах безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕ).

Згідно з ПУЕ, всі виробничі приміщення поділяються на різні категорії за ступенем ризику ураження персоналу електричним струмом

- I - Висока небезпека;
- II - особливо небезпечні
- III - достатньої безпеки.

Розглядаючи приміщення заводу, згідно з класифікацією ПУЕ, зону, де встановлено обладнання, можна віднести до зони достатньої безпеки (фактор небезпеки: можливість дотику до заземлених або працюючих конструкцій у разі пошкодження ізоляції або непрофесійної поведінки працівників).

Засоби електрозахисту.

1) Занулення всіх металевих неструмоведучих конструкцій на електрообладнанні (заземлення електрообладнання є обов'язковим у вибухонебезпечних та особливо небезпечних установках);

2) Застосування системи захисного відключення живильного струму в разі короткого замикання на корпус електродвигуна або його перевантаження;

4) Всі панелі живлення повинні бути закриті захисним кожухом. Під щити необхідно підкладати діелектричний ковдру (або підставку);

5) електрообладнання повинно бути позначене знаками безпеки; і

6) ремонт і технічне обслуговування машини повинні проводитися тільки при відключеному електроживленні; і

7) Відповідно до ПТЕ та ПТБ до споживачів та обслуговуючого персоналу обладнання, що використовує струм, пред'являються наступні вимоги

а) до роботи на обладнанні не допускаються особи, які не досягли 18-річного віку, та особи з ознаками поганого стану здоров'я

б) особи, які пройшли теоретичне та практичне навчання, повинні скласти перевірку знань та отримати відповідне посвідчення.

Пожежна безпека

Основним нормативним документом щодо вимог пожежної безпеки є Закон України "Про пожежну безпеку", прийнятий Верховною Радою України 17 грудня 1993 року. Закон встановлює загальні правові, економічні та соціальні основи забезпечення пожежної безпеки. Відповідно до Закону, керівники несуть відповідальність за пожежну безпеку на своїх підприємствах.

Пожежна безпека - стан об'єкта, за якого з певною ймовірністю виключається можливість виникнення або розвитку пожежі та впливу її небезпечних факторів на людей і забезпечується захист матеріальних цінностей.

Загальні вимоги пожежної безпеки

- Всі працівники повинні знати місця розташування первинних засобів пожежогасіння, вміти ними користуватися та знати шляхи евакуації;
- Легкозаймісті речовини та легкозаймісті рідини повинні зберігатися у спеціально відведених для цього місцях відповідно до нормативних вимог;
- Легкозаймісті речовини та легкозаймісті рідини необхідно зберігати окремо від інших матеріалів і речовин у спеціальній тарі;
- У разі виникнення пожежі негайно повідомити про це пожежну охорону і керівництво компанії та розпочати заходи з гасіння пожежі.

Перебуваючи в зоні пожежі, люди можуть піддаватися впливу небезпечних і шкідливих факторів, які можна розділити на дві категорії

а) Основні небезпечні фактори пожежі.

- Небезпечні продукти горіння
- Вогонь.
- Підвищення температури навколишнього середовища;
- Дим, нестача кисню;

б) Вторинні симптоми пожежної небезпеки

- Руйнування будівельних конструкцій; вибух;
- Витік небезпечних речовин внаслідок пожежі;
- паніка.

Пожежа є небезпечним фактором пожежі; температура може досягати 1200-14000°C, що призводить до дефіциту кисню та задимлення. Коли концентрація кисню в повітрі падає до 14% (норма - 21%), ситуація вважається небезпечною для життя людини. Часто на пожежах спостерігається висока концентрація чадного газу, який є токсичним газом і може бути смертельним при вдиханні повітря з концентрацією 0,4%.

Залежно від характеру та категорії пожежної небезпеки (приміщення категорії В), в приміщеннях повинні бути передбачені первинні засоби пожежогасіння, пісок та вогнегасники.

Відповідно до ГОСТ 12.4.009-83 "Техника пожарная для защиты объектов. Основные типы", розміщення та утримання вогнегасників повинно відповідати цим вимогам. Для даної установки слід використовувати порошкові вогнегасники (ОП), а для електроустановок - вуглекислотні (ОУ, ОУ-3, ОУ-5). Як робоча речовина використовується безбарвний, без запаху і смаку вуглекислий газ з температурою 710°C. Його основна дія при горінні полягає в розведенні горючої парогазової суміші повітрям (киснем), який також має охолоджувальну дію (твердий вуглекислий газ). Крім легкозаймистих рідин і твердих речовин, можна гасити електрообладнання під напругою. Перед гасінням пожежі електрообладнання слід знеструмити.

Розрахунок обсягу повітря на вентиляцію

Для сталого процесу загальнообмінної вентиляції та виділення у приміщення тих чи інших шкідливостей необхідна кількість вентиляційного повітря L (м³/год) обчислюється за формулами:

$$L = \frac{3,6 \times Q}{c \times \rho (t_2 - t_1)} \quad (1)$$

При забиранні надлишкової пароподібної вологи:

$$L = \frac{1000 \times W}{\rho \times (d_2 - d_1)} \quad (2)$$

де Q і W - відповідно надлишкова теплоємність (Вт), інтенсивність виділення вологи парою (кг/год), газу, пари або пилу (г/год), G - питома теплоємність повітря, густина повітря при даній температурі, = 1,2 кг/м³ за нормальних умов, t_1 і t_2 - температура вхідного та вихідного повітря, K і d_1 і d_2 - вологовміст вхідного і вихідного повітря, г/кг, відповідно.

Надлишок тепла Q визначається в рівнянні (1) як різниця між загальною кількістю тепла, що виділяється в приміщенні (наприклад, тепло від гарячих

поверхонь технологічного обладнання та трубопроводів, охолодження нагрітих продуктів, роботи електрообладнання та штучного освітлення, людського тіла) і втратами через будівельні конструкції в приміщенні.

Значення для кожної складової загальних тепловтрат наведені в додатковій літературі. Величина тепловтрат визначається кліматичними умовами. Кількість вологи W рівняння (2), яка випаровується у повітря в приміщенні, базується на додаткових даних.

Дані про концентрацію шкідливих речовин, температуру і вологість визначають на основі гігієнічних норм, технічної літератури і довідників.

Найскладніші випадки виникають при визначенні кількості вологи, температури та шкідливих речовин, що виділяються від технічних процесів та обладнання. Ці дані можуть бути визначені за існуючими стандартами, розрахунками або натурними дослідженнями.

Після розрахунку витрати вентиляційного повітря L визначається кратність повітрообміну n (год-1) в приміщенні.

$$n=L/V, (3)$$

де V - об'єм приміщення, м³.

Кратність повітрообміну вказує на інтенсивність вентиляції приміщення, тобто кількість разів, яку повітря обмінюється в приміщенні, яке подається або видаляється протягом однієї години. Якщо повітря подається, перед значенням n ставиться знак "+", якщо видаляється - "-", а якщо повітря подається і видаляється одночасно - "±". Наприклад, $n = -3$ означає, що за одну годину з приміщення видаляється три об'єми повітря.

Якщо складно визначити об'єм шкідливих викидів, об'єм повітрообміну можна розрахувати за допомогою методу множення. Кратність повітрообміну вибирається з "Норм проектування промислових будівель", а витрата повітря L , необхідна для вентиляції, визначається за формулою (3).

За відсутності надлишкового тепла, вологи, парів газу або пилу необхідний об'єм вентиляції визначається за гігієнічними нормами (СН 245-71) відповідно до об'єму приміщення на одного працівника, тобто питомого

об'єму приміщення. Якщо цей об'єм менше 20 м³, необхідна подача зовнішнього повітря не менше 30 м³/год на одного працівника; якщо об'єм приміщення 20 м³ і більше, необхідна подача зовнішнього повітря не менше 20 м³/год на одного працівника. За відсутності природної вентиляції в приміщенні або його окремих приміщеннях механічна вентиляція повинна забезпечувати подачу не менше 60 м³/год. зовнішнього повітря на одного працівника. При цьому мінімальна кратність повітрообміну для всього приміщення - один раз на годину.

Кількість повітря L_M , що видаляється місцевою витяжною вентиляцією та залежить від характеру шкідливих виділень, швидкості і напрямку їх руху можна обчислити з виразу

$$L_M = 3600 F \cdot V, \quad (4)$$

де F – площа відкритого перерізу витяжного пристрою, м²;

V – швидкість всмоктування повітря у цьому перерізі (приймається 0,5...1,7 м/с в залежності від токсичності і леткості газів і парів).

Якщо площа поверхні випаровування води F становить м², гравітаційний коефіцієнт рухливості навколишнього середовища $\lambda = 0,028$, тиск водяної пари зовнішнього повітря P_1 - гПа і тиск насиченої водяної пари внутрішнього повітря P_2 - гПа, необхідно розрахувати об'єм повітрообміну для видалення надлишкової вологи у виробничому приміщенні об'ємом V_p , м³. Кількість водяної пари в повітрі, що надходить у приміщення, становить $d_{ПС}$, г/м³.

Відсмоктування - це інтенсивне всмоктування повітря безпосередньо з місць, де утворюються шкідливі гази, пари і пил (млини, транспортні машини, пакувальні машини, варильні котли).

Аспіраційні системи (обладнання) передбачаються при проектуванні технологічних процесів та окремих видів обладнання. До них відносяться пристрої забору забрудненого повітря, мережі повітропроводів, окремі фільтри або пристрої очищення повітря і витяжні вентилятори. При

необхідності система аспірації може бути додатково оснащена іншими пристроями для очищення повітря.

Залежно від призначення, аспіраційні системи поділяються на індивідуальні, де кожен верстат або робоче місце має окрему аспіраційну установку, і централізовані, де одна аспіраційна установка обслуговує групу верстатів або робочих місць.

За способом очищення вентиляційного повітря розрізняють сухі та мокрі аспіраційні системи. Використовуються різні методи, в тому числі механічні (під дією інерційних сил), фільтруючі (текстиль, листи, волокнисті пористі матеріали, пористі пластмаси, кераміка, металокераміка, шари волокон, стружки, гранульовані матеріали тощо), фізичні (під дією електростатичних сил, звукової та вібраційної енергії) і хімічні (розчинення, абсорбція).

Розрахунки для всмоктувальних систем виконують у такій послідовності

а) Визначити об'єм забрудненого повітря, який необхідно видалити під час вентиляції, використовуючи рівняння (2);

б) Намітити місце відбору повітря. Розподіліть кількість вентиляційного повітря по витяжним соплам і розробіть план вентиляції;

в) розрахувати повітропровід. Це в принципі те ж саме, що і розрахунок водопроводу, з використанням того ж рівняння як це вивчалось в курсі гідравліки. (6):

$$R = \lambda \rho v^2 / 2d \quad (5)$$

$$Z = \sum \zeta \rho v^2 / 2 \quad (6)$$

Де R і Z - відповідно, втрати тиску на тертя на погонний метр трубопроводу і місцевий опір при виборі діаметра трубопроводу, Па;

λ - коефіцієнт тертя;

ρ - густина рідини, кг/м³;

v - швидкість рідини, м/с; v - швидкість рідини, м/с; v - швидкість рідини, м/с; v - швидкість рідини, м/с; v - швидкість рідини, м/с

d - діаметр трубопроводу, мм;

$\sum \zeta$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів (вигини, трійники, розширення та звуження тощо).

Різниця полягає в тому, що густина ρ , коефіцієнт тертя λ і коефіцієнт місцевого опору ζ змінюються відповідно. Швидкість вітру приймається 2-4 м/с на початковій ділянці і 6-12 м/с на кінцевій ділянці (біля вентилятора).

При більш високих швидкостях може виникати шум.

г) Визначити опір рідини Δp фільтра (очисного пристрою), використовуючи довідкові дані. Ці дані можна визначити експериментально як різницю між тиском повітряного потоку на вході p_{vh} і виході p_v пристрою або розрахувати за формулою (6).

Під час роботи гідравлічний опір обладнання зростає, тому його початкове значення $\Delta p_{поч}$ і кінцеве значення $\Delta p_{кін}$ необхідно відрегулювати, зупинити процес очищення і провести регенерацію (очищення) обладнання. Наприклад, для фільтрів $\Delta p_{кін} = (2 \dots 5) \Delta p_{старт}$.

е) Розрахувати загальні втрати системи вентиляції шляхом підсумовування втрат повітропроводів, очисних фільтрів (пристроїв) та інших пристроїв, які можуть бути включені в систему всмоктування;

ф) Підібрати продуктивність (L_B) загального напору вентиляційної системи (N_v) на основі загального об'єму вентиляційного повітря і втрат. г) Підібрати продуктивність (L_B) загального напору вентиляційної системи (N_v) на основі загального об'єму вентиляційного повітря і втрат.

Вентиляційна установка складається з вентилятора та електродвигуна, де електродвигун встановлений на тому ж валу або клинопасовому приводі, що і вентилятор. При необхідності, встановлену потужність електродвигуна (N_d , Вт) можна розрахувати за наступною формулою:

$$N_d = k_z * L_v * N_v / (0,075 * \eta_{пп}),$$

де k_z - коефіцієнт запасу потужності і $k_z = 1,1 \dots 1,5$ є допустимим;

L_v - продуктивність вентилятора, м³ /год;

N_v - повний напір, що створюється вентилятором, Па;

η_v - коефіцієнт корисної дії вентилятора (ККД), $\eta_v = 0,65 \cdot 0,8$;

$\eta_{пп}$ - коефіцієнт корисної дії пасової передачі, $\eta_{пп} = 0,92 \cdot 0,95$.

Використовуються два типи вентиляторів: відцентрові та осьові. Перші працюють тихіше і мають більший напір (тиск), а другі більш компактні і можуть встановлюватися в повітроводах.

Також розроблені осьові вентилятори високого тиску. Крім того, два осьові вентилятори можуть бути встановлені послідовно для створення значно більшого напору.

Промисловість також випускає витяжні вентилятори з електродвигуном, розміщеним в корпусі, які встановлюються на даху промислових будівель ("дахові вентилятори").

У цьому випадку площа поверхні випаровування води $F = 0,4 \text{ м}^2$, швидкість повітря над витоком випаровування $V = 0,5 \text{ м/с}$, коефіцієнт гравітаційного переносу навколишнього середовища $\lambda = 0,028$, тиск водяної пари у зовнішньому повітрі $P_1 = 32,48 \text{ гПа}$ і тиск водяної пари, насиченої у повітрі приміщення $P_2 = 56,93 \text{ гПа}$. Кількість водяної пари в повітрі, що видаляється з приміщення, становить $d_{вид} = 26,35 \text{ г/м}^3$, а кількість водяної пари в повітрі, що надходить до приміщення, становить $d_{рс} = 13,87 \text{ г/м}^3$.

Для видалення надлишкової вологи та забезпечення нормального мікроклімату в приміщенні, продуктивність вентиляції (в $\text{м}^3/\text{год}$) розраховується за наступною формулою:

$$L = \frac{1000 \cdot W_{над}}{\gamma \cdot (d_{вид} - d_{п.с})}$$

γ – густина повітря при даній температурі, за даних умов $\gamma = 1,05 \text{ кг/м}^3$

$W_{над}$ - кількість вологи, яка випаровується з поверхні F :

$$W_{над} = F \cdot n \cdot (\lambda + 0,0174 \cdot V) \cdot (P_2 - P_1)$$

n – кількість одиниць обладнання з відкритою поверхнею випаровування ($n=10$)

1 мм. рт. ст. = 133,322 Па, звідки 1 Па = $7,5024 \cdot 10^{-3}$ мм. рт. ст.

$$W_{\text{над}} = 0,4 \cdot 10 \cdot (0,028 + 0,0174 \cdot 0,5) \cdot (56,93 - 32,48) \cdot 0,75024 = 2,69 \text{ кг/год}$$

$$L = \frac{1000 \cdot 2,69}{1,05 \cdot (26,35 - 13,87)} = 205,28 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Кратність повітрообміну, год⁻¹:

$$N = L / V_{\text{П}}$$

$$N = 205,28 / 72 = 2,85 \text{ об/год, год}^{-1}.$$

Тоді продуктивність вентиляційної системи повинна забезпечувати 205 м³/год.

Розрахунок освітлення

Штучне освітлення з люмінесцентними лампами використовується для загального освітлення вдень, це ж стосується і освітлення в темних приміщеннях. Розрахуємо штучне освітлення в майстерні.

Для освітлення використовуються люмінесцентні лампи ЛБ-40 зі світловим потоком $\Phi = 2480$ лм. Незалежно від характеристик фону, контрасту між об'єктом, що ідентифікується, і фоном, а також від того, чи перевищує мінімальний розмір об'єкта, що ідентифікується, 0,5 мм, мінімальна штучна освітленість для загального спостереження за виробничим процесом при постійній присутності людини в приміщенні становить 75 люкс.

Індекс приміщення визначається за формулою

де a - ширина приміщення, $a = 4$ м;

b - довжина приміщення, $b = 6$ м;

H_p - висота світильника від робочої поверхні, $H_p = 3$ м.

Коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 50\%$; коефіцієнт відбиття стелі $r_{\text{ceiling}} = 60\%$; коефіцієнт відбиття стін $r_{\text{wall}} = 20\%$; індекс приміщення $i = 0,8$.

Визначити кількість n ламп, необхідних для забезпечення нормальної потужності:

Де F - світловий потік однієї лампи, люкс;

E - мінімальна нормована освітленість, лк;

S - площа приміщення, м²;

K - коефіцієнт запасу міцності, що враховує старіння лампи, пил і забруднення світильника; $K = 1,5$;

z - поправочний коефіцієнт на нерівномірність освітлення, тут $z = 1,1$;

η - коефіцієнт використання світлового потоку світильників, %.

(шт).

Кількість світильників визначається за формулою

де n_c - кількість ламп в одному світильнику, $n_c = 2$;

Висновок

У цьому розділі розглядаються потенційні небезпеки, які можуть виникнути під час реалізації цього проекту, та заходи, вжиті для їх запобігання.

Правильні розрахунки освітлення та вентиляції мають важливе значення для забезпечення стандартних і комфортних умов праці.

Для успішної профілактики пожеж на підприємствах важливо знати основні причини загорянь: необережне поводження з вогнем, неналежний стан обладнання та недотримання правил його експлуатації, недотримання вимог нормативно-правових актів з пожежної безпеки та нормативних документів.

Швидке виявлення та ліквідація пожеж залежить від знання порядку дій у разі виникнення пожежі, наявних засобів пожежогасіння та вміння працівників ними користуватися.

Висновки

Проектом було запропоновано модернізувати розпилювальні сушарки, що використовуються для сушіння інгаляційних порошоків. Метою модернізації було підвищення продуктивності сушарки, зменшення енергоспоживання процесу та зниження виробничих витрат. При цьому необхідно було максимально зберегти основні габарити сушарки.

Під час проведення дослідно-конструкторських робіт та аналізу технічних і конструктивних рішень для сушіння рідких і пастоподібних речовин було відмічено, що в розпилювальних сушарках процес сушіння найбільш ефективний, коли продукт розпилюється за допомогою форсунки (пневматичної насадки) всередині корпусу сушарки. Техніко-економічне обґрунтування модернізації та подальші техніко-економічні розрахунки по її впровадженню лише підтвердили доцільність запропонованого вдосконалення існуючої сушарки.

В ході розрахунків для вдосконаленого обладнання також було відзначено, що температура, при якій відбувається процес сушіння, може бути знижена, що дозволить значно підвищити якість продукції і запобігти перегріву продукту і руйнуванню білкової структури висушеної речовини.

Основною перевагою запропонованих удосконалень є те, що використання розпилювального розпилення рівномірно і швидко нагріває об'єм матеріалу і збільшує покриття площі поперечного перерізу сушильної камери розпиленим матеріалом. Це збільшує загальну площу тепло- і масообміну, що призводить до зменшення споживання тепла під час процесу сушіння і зниження виробничих витрат.

В якості основи для сушіння використовувався екстракт ромашки, який згодом був висушений в порошок для інгаляцій.

Використання цього обладнання рекомендується для фармацевтичної, мікробіологічної та хімічної промисловості.

Список використаної літератури

1. A. Hersey «Упорядкування змішування – нова концепція в практиці змішування порошків», Порошкова технологія, 1975 р.
2. Smith «Інгалятори майбутнього. Огляд пристроїв для сухого порошку на сучасному ринку», Легенева фармакологічна терапія, 2003 р.
3. PM Young «Вплив дози на ефективність систем інгаляцій сухого порошку», Pharm, 2005 р.
4. R.J. Malcolmson «Сухі порошкові препарати для доставки в легені» Pharm Sci Technol Today, 1998 р.
5. JS Patton, «Посилення проникнення поліпептидів через епітелій. Легенева доставка пептидів і білків для системної дії», Adv Drug Deliv Rev, 1992 р.
6. H. Adi «Висушені розпиленням антибіотики для доставки сухого порошку в легені», Pharm Sci, 2008 р.
7. Вальде, П. Приготування везикул (ліпосом) в Енциклопедії нанонауки і нанотехнологій (ред. Налва, Х.С.) 9, 43-79 (Американське наукове видавництво), 2004 р.
8. Fan, Y. & Zhang, Q. «Розробка ліпосомальних препаратів: від концепції до клінічних випробувань» Asian J. Pharm. Sci. 8, 79-90, 2013 р.
9. Allen, TM & Cullis, PR «Ліпосомальні системи доставки ліків: від концепції до клінічного застосування» Adv. Препарат Делів. Rev. 65 , 36–48, 2013 р.
10. Chang, H. & Yeh, M. «Клінічна розробка ліків на основі ліпосом: рецептура, характеристика та терапевтична ефективність» Міжн. J. Nanomedicine 7 , 49–60, 2012 р.
11. Управління з продовольства і медикаментів. «Ліпосомні лікарські засоби - Керівництво для промисловості» Pharm, Редакція 1, 1–13 2015р.

12. Mayer, LD, Hope, MJ & Cullis, PR «Везикули змінних розмірів,
отримані шляхом швидкої процедури
екструзії» *Біохім. біофіз. Acta* 858 , 161–168 1986 р.