МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) *Навчально-науковий Інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С. Гулого*

Кафедра *Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв*

«До захисту в ЕК»	**«До захисту допущено»**
Директор інституту(декан факультету)	Завідувач кафедри
_____ Сергій БЛАЖЕНКО	_____ Олександр ГАВВА
(підпис) (ім'я та прізвище)	(підпис) (ім'я та прізвище)
«___» _____ 20__р.	«___» _____ 20__р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності *133 «Галузеве машинобудування»*
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «*Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»*

на тему

Модернізація функціонального модуля фільтрування у сушильному апараті із псевдозрідженим шаром продуктивністю за висушеним продуктом 40 кг/год.

Виконав: здобувач IV курсу, групи ОХ-4-2
Якименко Олександр Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

Керівник Володін Сергій Олексійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Консультанти_____ _____
(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)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут *Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого*
Кафедра *Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв*
Освітній ступінь *бакалавр*
Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*
(шифр і назва)
Освітня програма *«Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МАХФВ
проф. Олександр ГАВВА
(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

10 червня 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Якименко Олександр Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Модернізація функціонального модуля фільтрування у сушильному апараті із псевдозрідженим шаром продуктивністю за висушеним продуктом 40 кг/год.**
керівник проекту (роботи) Володін Сергій Олексійович, доц., канд. тех. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від «10» квітня 2024 р. № 218-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 10 червня 2025 р.
3. Вихідні дані до роботи
1. Модуль фільрування у сушильному апараті із псевдо зрідженим шаром.
2. Оглядові і дослідницькі наукові статті за тематикою проекту
3. Презентації та рекламні матеріали виробників обладнання

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *анотація, зміст; перелік умовних позначень, термінів; вступ; порівняльний аналіз технічних рішень для реалізації задачі; техніко-економічне, соціальне обґрунтування; характеристика вихідної сировини і готового продукту; опис запропонованого технічного рішення, будова та принцип роботи; вибір конструкційних матеріалів; розрахункова частина; вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту; технологічний маршрут виготовлення деталі; система управління; заходи щодо охорони праці, екології; висновки; список використаних літературних джерел, специфікація.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Загальний вигляд обладнання – 1 лист; Розрізи, Складальні одиниці обладнання – 3 листи; Технологія машинобудування – 5 лист

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультантів	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: «1» квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Порівняльний аналіз технічних рішень для реалізацій задачі	01.04.2025р.	
2	Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.	05.04.2025р.	
3	Характеристика вихідної сировини і готового продукту	10.04.2025р.	
4	Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.	15.04.2025р.	
5	Вибір конструкційних матеріалів	20.04.2025р.	
6	Розрахункова частина	02.05.2025р.	
7	Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту	15.05.2025р.	
8	Технологічний маршрут виготовлення деталі	17.05.2025р.	
9	Розрахунок припусків	18.05.2025р.	
10	Заходи щодо охорони праці, екології	20.05.2025р.	
11	Висновки,	22.05.2025р.	
12	Графічна частина: 5 аркушів формату А3	25.05.2025р.	
13	Список використаних літературних джерел	27.05.2025р.	
14	Анотація, зміст, вступ	28.05.2025р.	
	Подача ДП на кафедру	10.06.2025р.	

Здобувач _____ Олександр *Якименко*

Керівник роботи _____ *Сергій Володін*

ЗМІСТ

ЗМІСТ 1
АНОТАЦІЯ 2
ВСТУП 4
1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАДАЧІ 7
2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ТА СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ 22
3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВХІДНОЇ СИРОВИНИ ТА ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ. ОПИС ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ. КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП ДІЇ ОБЛАДНАННЯ 24
4. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ 28
5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА 30
6. ВИМОГИ ДО МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ 39
7. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ……..……54
8. РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ……..57
9. ОХОРОНА ПРАЦІ……71
ВИСНОВКИ 82
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 83

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа	Статус документа
НУХТ	Володін С.О.	Пояснювальна записка	

Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва	651 КР.01.01.000 ПЗ			
Кафедра МАХВ ОХ-4-2	Якименко О.С.	ЗМІСТ	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
	Документ затверджено: Гавва О.М.				UA	

АНОТАЦІЯ

Ця кваліфікаційна робота, присвячена темі «Модернізація вузла фільтрування у сушильному апараті із псевдозрідженим шаром продуктивністю за висушеним продуктом 40 кг/год», була виконана у відповідності до поставленого завдання.

У рамках дослідження було здійснено аналіз процесу сушіння у псевдозрідженому шарі та виявлено технічні недоліки фільтраційної системи, які призводили до втрати продукту та зниження загальної ефективності сушарки. Ретельно вивчено конструкцію рукавних фільтрів, особливості їх роботи, а також причини накопичення продукту в зоні фільтрації.

Ключовою частиною роботи стали технічні рішення щодо вдосконалення конструкції фільтраційного вузла: заміна існуючих рукавних фільтрів та впровадження додаткового патрубка для повернення частинок продукту назад у псевдозріджений шар. Запропоновані заходи дозволили підвищити продуктивність сушарки та зменшити втрати сировини. Проведено техніко-економічне обґрунтування ефективності запропонованої модернізації, що підтвердило доцільність її впровадження у виробничих умовах.

Особливу увагу приділено питанням монтажу, технічного обслуговування, безпечної експлуатації обладнання, охорони праці та захисту довкілля, що є актуальними вимогами сучасного виробництва.

Кваліфікаційна робота представлена у вигляді 75 аркушів пояснювальної записки, яка містить описову частину, розрахунки та обґрунтування, а також 3 аркушів креслень формату А1, що включають загальний вигляд сушарки, вузол фільтрації, деталювання елементів конструкції та схему технологічного процесу.

Ключові слова: сушіння, псевдозріджений шар, рукавний фільтр, фільтраційний вузол, модернізація.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа	Статус документа
НУХТ	Володін С.О.	Пояснювальна записка	

Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва	651 КР.01.01.000 ПЗ			
Кафедра МАХВ ОХ-4-2	Якименко О.С.	АНОТАЦІЯ	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
	Документ затверджено: Гавва О.М.				UA	

ABSTRACT

This qualification thesis, entitled "Modernization of the Filtration Unit in a Fluidized Bed Dryer with a Dried Product Output of 40 kg/h", was completed in accordance with the assigned task.

Within the scope of the study, the drying process in a fluidized bed apparatus was analyzed, with particular attention to the shortcomings of the filtration system that led to product loss and reduced overall dryer efficiency. The design and operation of bag filters were thoroughly examined, along with the causes of material accumulation in the filtration area.

The key focus of the project was the implementation of technical improvements in the filtration unit: replacement of the existing bag filters and installation of an additional pipe, enabling the return of retained product particles back into the fluidized bed. These modifications significantly enhanced the dryer's productivity and minimized raw material loss. A techno-economic analysis confirmed the feasibility and effectiveness of implementing the proposed modernization in industrial conditions.

Special attention was given to installation requirements, maintenance procedures, safe operation of the equipment, occupational safety, and environmental protection, which are essential aspects of modern industrial processes.

The qualification thesis consists of 75 pages of explanatory notes, including technical descriptions and calculations, as well as 3 A1-format drawings that illustrate the general view of the dryer, the filtration unit, detailed components, and the technological process scheme.

Keywords: drying, fluidized bed, bag filter, filtration unit, modernization.

ВСТУП

Фармацевтичний сектор охоплює сукупність підприємств, установ і організацій, що здійснюють діяльність, пов'язану з розробкою, виготовленням, збутом лікарських засобів та медичних виробів, а також із забезпеченням їх якості й підготовкою спеціалістів у цій галузі.

На території України фармацевтична галузь включає широкий спектр діяльності: від виробництва лікарських форм і медичних товарів до оптової та роздрібної реалізації, спеціалізованого зберігання й розповсюдження через розгалужену систему аптек, аптечних пунктів та інших логістичних каналів.

Цей сектор відіграє вагому роль в економіці держави, оскільки має стратегічне значення як для національного ринку, так і для забезпечення економічної стабільності й обороноздатності країни. Йому притаманні високий рівень наукоємності та налагоджена міжгалузева кооперація.

Сьогодні українські виробники забезпечують випуск приблизно 1400 найменувань із понад 3000 лікарських препаратів, присутніх на внутрішньому ринку. Виробництво охоплює майже всі лікарські форми — тверді, рідкі, порошкоподібні тощо. Основний асортимент складають препарати для лікування серцево-судинних хвороб, анальгетики, вітамінні комплекси, засоби для респіраторної та ендокринної систем, шлунково-кишкового тракту, а також антибіотики.

На сьогодні в Україні налічується 49 зареєстрованих виробників фармацевтичних субстанцій. У структурі продукції – 76 синтетичних і 82 природних сполуки. Водночас лише третина субстанцій виготовляється на вітчизняних підприємствах, тоді як решта імпортується з таких країн, як Китай, Німеччина, Індія та США.

До провідних українських фармацевтичних підприємств, що випускають продукцію на понад 5,1 млн грн щомісяця (еквівалентно приблизно 1 млн доларів США), належать ЗАТ «Фармацевтична фірма «Дарниця», Корпорація «Артеріум» (ТОВ «Київмедпрепарат» і АТ «Галичфарм»), ТОВ «Фармацевтична компанія «Здоров'я», ЗАТ НВЦ «Борщагівський хіміко-фармацевтичний завод» і ВАТ «Фармак».

Кожен із провідних вітчизняних виробників лікарських засобів охоплює приблизно 10% національного ринку препаратів, виготовлених в Україні. Упродовж останніх років фармацевтичний ринок демонструє стійку позитивну динаміку — щороку спостерігається приріст обсягів реалізації на рівні близько 20%. За даними реєстрацій, частка українських медикаментів на внутрішньому ринку становить 34%, тоді як решта — це продукція іноземного походження.

Серед ключових підприємств, які забезпечують випуск лікарських засобів на території України, варто відзначити такі компанії, як ЗАТ «Фармацевтична фірма «Дарниця», яка забезпечує 14,9% загального національного обсягу виробництва (у грошовому вираженні), АТ «Київмедпрепарат» — 14,4%, АТ «Фармацевтична фірма «Здоров'я» — 12,9%, АТ «Фармак» — 11%, АТ «Борщагівський хіміко-фармацевтичний завод» — 7,6%. До списку також входять АТЗТ «Індар» (5,4%), ДП «Біостимулятор» (4,9%), АТ «Галичфарм» (3,9%), АТ «Київський вітамінний завод» (3,5%) і Дослідний завод ДНЦЛЗ (3,3%).

Окрему нішу на ринку займають підприємства, які спеціалізуються на випуску психотропних і наркотичних лікарських препаратів. Зокрема, ДФП «Здоров'я народу» у Харкові виробляє ін'єкційні форми наркотичних засобів, а ДП «Біостимулятор» в Одесі — психотропні медикаменти.

Фармацевтичні фабрики продовжують традиції виробництва класичних лікарських форм — настоянок, мазей, крапель, водних і водно-спиртових розчинів. Серед підприємств, які виділяються високим рівнем організації виробничого процесу, технологічної оснащеності та забезпечення нормативною документацією, лідирують фабрики, розташовані у Тернополі та Києві.

Найбільшим національним виробником медикаментів є ЗАТ «Фармацевтична фірма «Дарниця». Ця компанія, що має понад 70-річну історію, послідовно реалізує принцип орієнтації на потреби людини й охорону її здоров'я. «Дарниця» стабільно займає провідні позиції на українському фармацевтичному ринку, що підтверджується щорічними показниками діяльності та визнанням у професійних рейтингах.

На підприємстві виробляється 215 найменувань лікарських засобів, включно з 500 мільйонами ампул, 4 мільярдами упаковок таблетованих форм, 30 мільйонами флаконів стерильних антибіотиків та 8,5 мільйонами туб м'яких форм. Усі ці обсяги забезпечує штат із 800 висококваліфікованих працівників. Завдяки сталому авторитету серед медичних працівників і довірі споживачів до продукції компанії, засоби виробництва «Дарниці» користуються стабільним попитом. На частку підприємства припадає понад 25,8% від загального обсягу виробництва вітчизняної фармацевтичної галузі.

Щороку компанія вкладає орієнтовно 20 мільйонів гривень у модернізацію виробничих процесів і розробку нових фармацевтичних продуктів. На сьогодні Фармацевтична фірма «Дарниця» спеціалізується на випуску широкого спектра лікарських форм, включаючи таблетки, капсули, ін'єкційні розчини в ампулах, стерильні порошки для приготування ін'єкцій у флаконах, а також мазі, гелі та креми, що зарекомендували себе як ефективні й безпечні засоби лікування.

Паралельно з основною продукцією, на підприємстві активно ведуться розробки в нових технологічних напрямах, зокрема щодо випуску крапель і препаратів на основі макролідів. Основними перевагами продукції «Дарниці» є стабільна якість, підтверджена клінічними дослідженнями ефективність, безпечність застосування, а також доступна ціна, що робить ліки соціально орієнтованими. Високий рівень відповідності європейським стандартам підтверджено сертифікатом GMP, виданим міжнародною організацією.

У технологічному ланцюжку виробництва лікарських засобів стадія сушіння зазвичай завершує процес. Вона необхідна для отримання

фармацевтичної субстанції, яка відповідає встановленим стандартам якості. Окрім цього, сушіння сприяє полегшенню транспортування матеріалів у рідкому стані, забезпечує підвищення механічної міцності препаратів та покращує їх стабільність під час зберігання.

1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАДАЧІ

Сушіння — це процес, під час якого волога усувається з матеріалу через випаровування та подальше виведення парової фази з робочої зони.

Цей технологічний етап широко застосовується в багатьох галузях промисловості, а в хіміко-фармацевтичному виробництві відіграє особливо важливу роль. Сушінню підлягають як сировинні матеріали, так і проміжні продукти та готові форми лікарських засобів. Через особливості складу фармацевтичних препаратів їхня сушка зазвичай проводиться в спеціалізованих сушильних установках — тобто штучним способом. Даний процес є критичним для досягнення кінцевої якості продукції, а його перевага полягає в можливості значного скорочення тривалості висушування.

У виробничому циклі виготовлення лікарських засобів етап сушіння має надзвичайно важливе значення, оскільки фармакопейні вимоги передбачають абсолютну чистоту продукції, а також виключення мікробіологічного забруднення.

Найбільш розповсюдженим методом видалення вологи з пастоподібних і твердих речовин є сушіння, що здійснюється двома основними способами:

- **Конвективне сушіння**, де тепловий агент (як правило, нагріте повітря або топкові гази) безпосередньо контактує з продуктом;
- **Контактне (поверхневе) сушіння**, в якому тепло передається через теплопровідні стінки від теплоносія до матеріалу.

Також застосовують методи сушіння, в яких використовується інфрачервоне випромінювання або високочастотний електромагнітний нагрів.

Кількісну характеристику процесу сушіння можна дати на основі рівняння масообміну:

M = KFΔ,
де:

- **K** — коефіцієнт масопередачі,
- **F** — площа контакту між фазами,
- **Δ** — рушійна сила процесу (різниця концентрацій вологи).

За сталих умов, коли K і Δ залишаються незмінними, інтенсифікація процесу можлива шляхом збільшення поверхні взаємодії між фазами. Це досягається, зокрема, шляхом використання сушарок із псевдозрідженим шаром, що особливо ефективно при роботі з дрібнозернистими сипучими речовинами.

У псевдозрідженому (киплячому) шарі завдяки активному перемішуванню та інтенсивному теплообміну відбувається швидке вирівнювання температур між твердими частинками і сушильним агентом. Унаслідок цього досягається високий рівень масо- і теплообміну, а тривалість сушіння суттєво скорочується — до кількох хвилин.

Як сушильні агенти найчастіше використовуються нагріте повітря або топкові гази. Сушіння може відбуватися як у безперервному, так і у періодичному режимі. Безперервні апарати поділяються на одноступеневі та багатоступеневі, причому останні забезпечують більш ефективне використання теплової енергії.

Сушильні установки із псевдозрідженим шаром належать до найсучасніших типів сушильного обладнання. Технологія киплячого шару дає змогу значно розширити площу контакту між матеріалом і тепловим агентом, що позитивно впливає на швидкість і ефективність процесу видалення вологи.

Цей тип сушильного обладнання широко застосовується у фармацевтичній, хімічній, мікробіологічній, харчовій та інших промисловостях. Вони відрізняються різноманітністю конструктивного виконання, особливостями гідродинаміки та теплових режимів роботи.

Основні переваги сушарок із псевдозрідженим шаром:

- висока інтенсивність процесу сушіння;
- можливість короткотривалого впливу високих температур, що не шкодить матеріалу;
- ефективне використання теплоти сушильного агента;

- можливість автоматизованого контролю технологічних параметрів.

Одним із варіантів подібного обладнання є сушарка зі зваженим шаром та інертною насадкою (див. рис. 1.1). Вона ефективно працює з дисперсними матеріалами й використовується у багатьох галузях, зокрема в мікробіологічному, харчовому, хімічному виробництві.

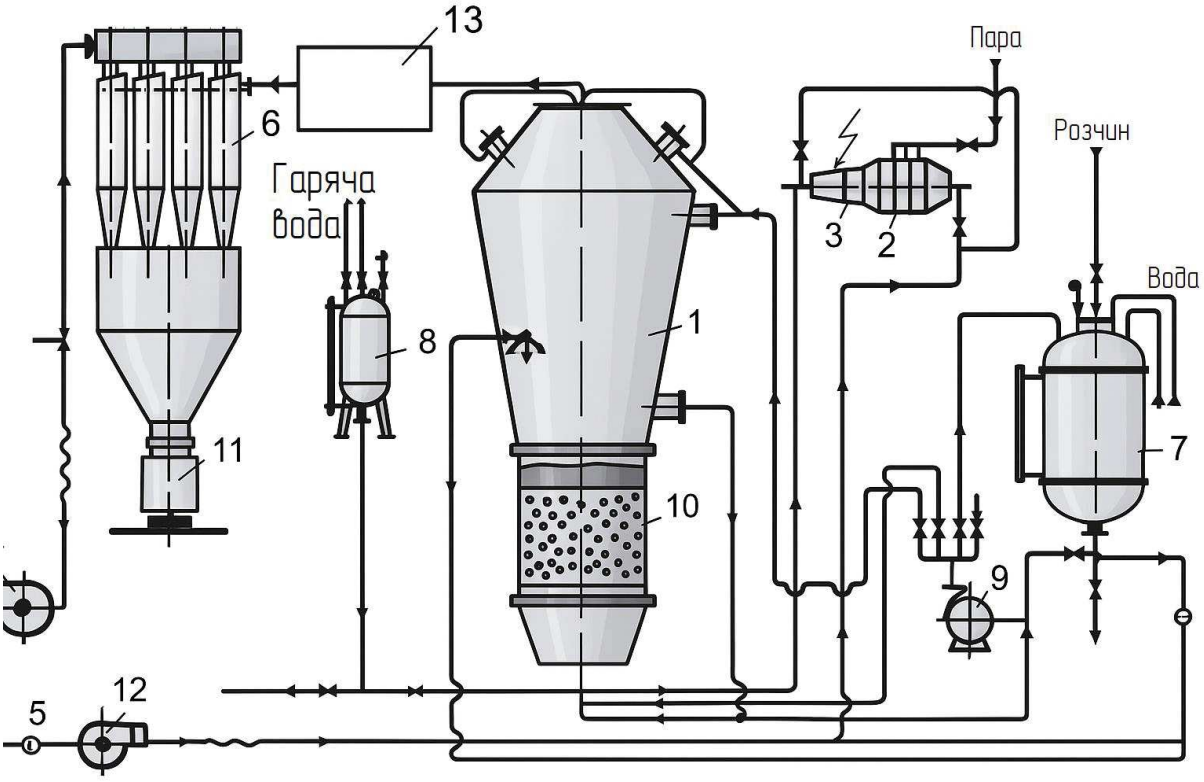


Рис. 1.1. Конструктивна схема сушильного апарата із зваженим (псевдозрідженим) шаром та інертною насадкою.

Сушильна установка включає в себе паровий та електричний калорифери, апарат із псевдозрідженим шаром, оснащений розподільною решіткою, а також систему вентиляції, яка складається з напірного та витяжного вентиляторів. Очищення повітряного потоку здійснюється за допомогою групи циклонів, обладнаної розвантажувальним механізмом.

Для подачі початкового розчину використовується спеціальний бак, з якого речовина надходить у робочу зону через розпилювальні форсунки. Дозування забезпечує насос, а вхідне повітря проходить через фільтр. Окремо передбачено мірник гарячої води для санітарної промивки обладнання.

Робоча камера сушарного апарата розміщена у нижній частині корпусу і заповнена фторопластовими інертними тілами. Частинки мають розміри 4,5×4 мм. Камера має діаметр 400 мм та висоту 500 мм. Над площиною решітки встановлено натягнуті пружні металеві струни.

На вході в циклонну секцію встановлена акустична система, яка впливає на частинки середньої дисперсності у повітряному потоці з концентрацією не менше 2 г/м³. Параметри звукового впливу включають рівень звукового тиску 140…150 дБ, частоту 800…1000 Гц та тривалість акустичної дії в межах 1,5–2 с.

Застосування такого технічного рішення забезпечує підвищення інтенсивності процесу сушіння та сприяє збільшенню загальної продуктивності обладнання.

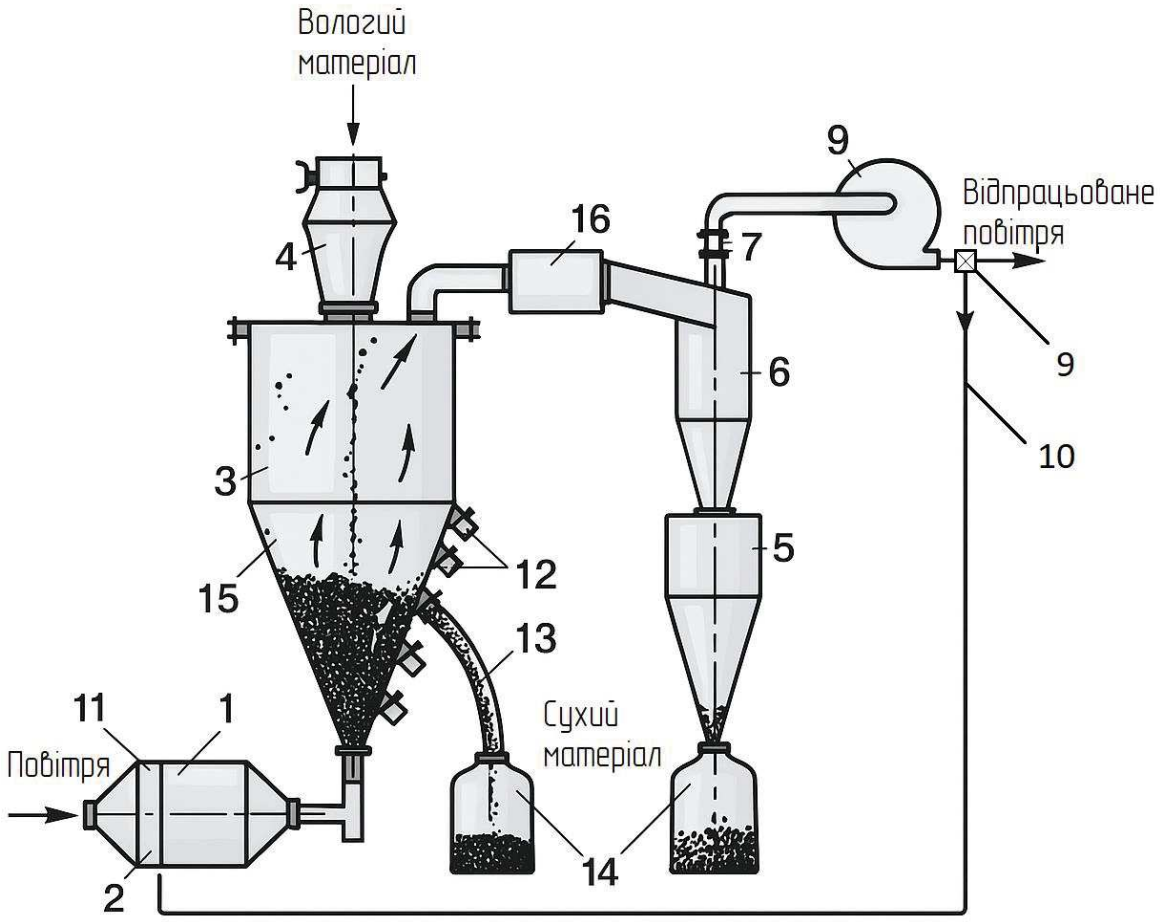


Рис. 1.2. Конструкція сушильного апарата з псевдозрідженим шаром, призначеного для обробки пастоподібних речовин.

Сушарка з псевдозрідженим шаром, призначена для обробки пастоподібних речовин (рис. 1.2.), має у своєму складі шнековий живильник для подачі вологого матеріалу, сушильну камеру, топкову частину зі змішувальною секцією, турбогазодувку, а також систему фільтрації та очищення повітряного потоку. Робоча частина апарата представлена циліндричним корпусом із конічною нижньою зоною, у найвужчій частині якого встановлені опорні решітки. Подача теплоносія, що забезпечує псевдозрідження, здійснюється з топки під опорні решітки, тоді як суха речовина виводиться з верхньої частини установки через патрубки, що з'єднані гнучкими рукавами з накопичувальними ємностями для готового продукту.

Ці патрубки закріплені рівномірно по твірній конічної поверхні із заданим кроком, який залежить від висоти шару оброблюваного матеріалу. Для уловлювання твердих мікрочастинок передбачена пилоочисна система. Відпрацьований повітряний потік витягується вентилятором, обладнаним рециркуляційним клапаном, що забезпечує повернення очищеного теплоносія у змішувальну камеру через відповідний трубопровід. Таке інженерне рішення дає змогу підвищити продуктивність агрегату.

На сьогодні в хіміко-фармацевтичній галузі активно впроваджуються технології сушіння в псевдозрідженому шарі. Цей тип обладнання ефективно застосовується, зокрема, для висушування препаратів групи сульфаніламідів та жарознижувальних засобів, які є типовими представниками речовин першої групи [1].

Як приклад, на Анжеро-Судженському хіміко-фармацевтичному підприємстві використовується апарат, що має вигляд герметичної сушильної камери з решіткою. Матеріал подається зверху на решітку, а процес відбувається під дією гарячого повітря, яке попередньо нагрівається в паровому калорифері. Готовий продукт вивантажується через бічний люк, а повітря, що виходить із сушарки, проходить через циклони і рукавні фільтри для очищення.

Крім того, у практиці фармацевтичного виробництва впроваджено сушарки типу КШП, призначені для обробки сипучих матеріалів у великотоннажному виробництві. Ці установки були сконструйовані з урахуванням експлуатаційного досвіду періодичних сушильних апаратів із псевдозрідженим шаром.

Сушарка (рис. 1.3.) складається з камери, змонтованої на мобільному візку. Це дозволяє здійснювати процеси завантаження та вивантаження поза основним корпусом. Камеру з продуктом закочують у зону сушіння, де вона піднімається за допомогою важелів і герметично приєднується до фільтра зі склотканини, розташованого у верхній частині сушильної зони. Поверхня фільтра становить 20 м².

До сушильної камери прилягає секція, що містить допоміжне обладнання: вентилятори, парові калорифери та калорифери для нагріву теплоносія до температури 180–200 °С. Для процесів, у яких присутні леткі органічні речовини, передбачено використання конденсаційного блоку, що дозволяє працювати в замкнутому циклі на базі азоту або повітря.

Установка КШП розрахована на завантаження до 100 кг вихідного продукту. Об’єм сушильної камери становить 0,28 м³, витрата повітря – 2650 кг/год, встановлена електрична потужність – 15,3 кВт.

Останніми роками також набув поширення метод сушіння у зваженому шарі з інертною насадкою. У цьому випадку рідка фаза рівномірно розпорошується на інертні частинки, які підтримуються в завислому стані гарячим газовим потоком. Частинки нагріваються і передають тепло тонкому шару осадженого матеріалу, що покриває їхню поверхню. Волога випаровується, а готовий сухий продукт у вигляді дрібнодисперсного порошку відривається від частинок і виноситься повітряним потоком у пилоуловлювач. Через надзвичайно високу швидкість випаровування основним обмеженням у процесі є стирання сухого шару з поверхні інертних тіл [1].

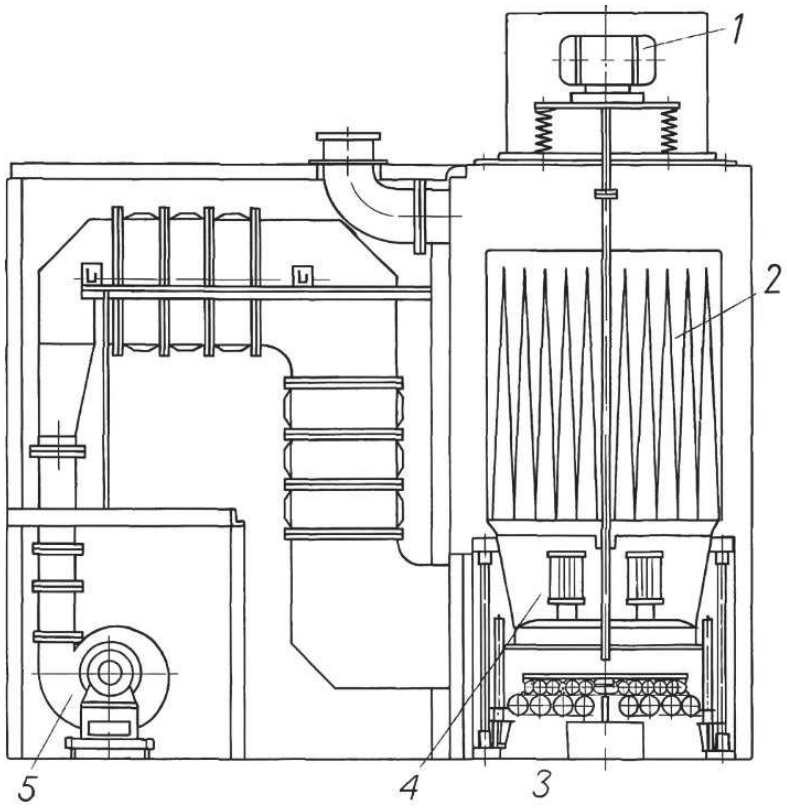


Рис. 1.3. Сушильна установка періодичної дії з псевдозрідженим шаром (тип КШП), призначена для обробки сипучих і пастоподібних речовин:
1 – вібраційний механізм;
2 – струшувальний фільтр;
3 – перфорований розподільний диск;
4 – робоча камера на пересувному візку;
5 – вентилятор для створення циркуляції повітря.

Препарати фармацевтичного призначення, отримані з рослинної сировини (фітохімічні засоби), зазвичай виготовляються шляхом зневоднення екстрактів, що включає до п’яти основних технологічних операцій: доупарювання, сушіння, подрібнення, просіювання та змішування.

З огляду на термолабільність таких препаратів, традиційні методи зневоднення часто призводять до зниження якості готового продукту, зокрема до втрати його біологічної активності.

Результати досліджень свідчать, що цих негативних наслідків можна уникнути за умови використання сушіння у псевдозрідженому шарі інертних тіл. Такий підхід дозволяє об’єднати кілька технологічних

операцій в один уніфікований процес, який реалізується в апараті з псевдозрідженим шаром.

Фахівцями була розроблена безперервна технологічна установка для зневоднення водних розчинів та екстрактів термочутливих фітохімічних речовин, зокрема даукарину, екстракту кореня алтеї та інших подібних засобів. Схематичне зображення цієї установки представлено на рис. 1.4.

Установка розрахована на обробку розчинів з вмістом сухих речовин до 25% (за умови попередньої концентрації) та забезпечує сушіння при температурі теплоносія до 150 °C.

Конструкція апарата включає решітку діаметром 400 мм. У такій конфігурації установка демонструє продуктивність до 30 кг/год за випареною вологою, що свідчить про її ефективність для безперервного виробництва термочутливих фітопрепаратів.

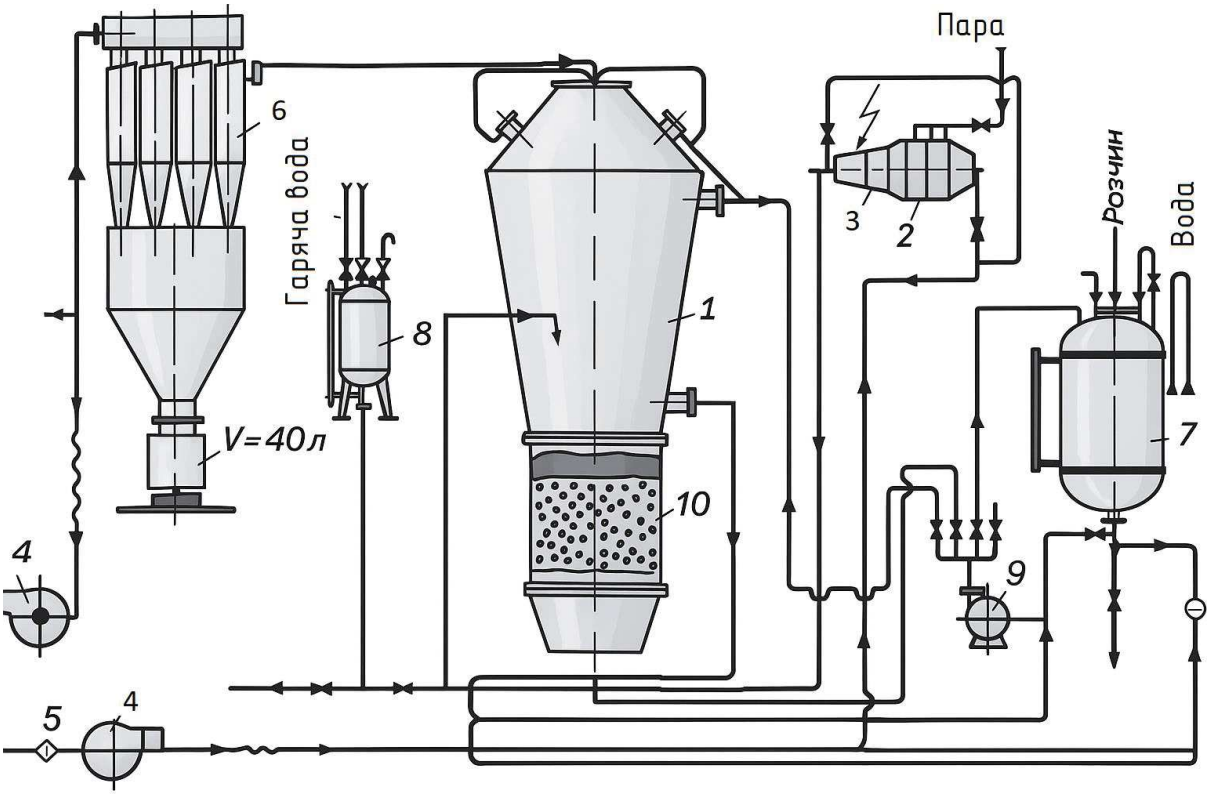


Рис. 1.4. Технологічна схема апарата безперервної дії для зневоднення рослинних екстрактів у псевдозрідженому шарі.

До складу установки, зображеної на рис. 4, входять наступні елементи: апарат із псевдозрідженим шаром (1), паровий калорифер (2), електричний

калорифер (3), система вентиляції, що включає нагнітальний і витяжний вентилятори (4), вхідний повітряний фільтр (5), циклонний пиловловлювач (6), ємність для початкового розчину (7), мірник гарячої води для промивання (8) та дозувальний насос (9).

Перед початком сушіння робоча камера апарата, висотою 500 мм, заповнюється інертним матеріалом — фторопластовими частинками розміром 4,5×4 мм (10). Після запуску калориферів (2, 3) і вентиляторів (4) у камеру подається нагріте повітря, яке створює ефект псевдозрідження шару. Коли температура інертних тіл досягає приблизно 100 °C, розчин починає подаватися на їхню поверхню. Волога швидко випаровується, і сухий залишок осідає на частинках у вигляді тонкого шару. Внаслідок інтенсивного руху й зіткнень інертних тіл цей шар стирається, а готовий порошок виноситься з повітряним потоком у циклон, де відокремлюється й збирається, тоді як вологе повітря видаляється назовні.

Отримані препарати характеризуються стабільною або навіть підвищеною біологічною активністю порівняно з вимогами технічних умов. Кінцева вологість продукту нижча за допустимі нормативи. За даними розробників, техніко-економічні показники при використанні сушіння в псевдозрідженому шарі інертного середовища значно покращуються:
– трудові витрати зменшуються у 17 разів у порівнянні з традиційними методами (наприклад, вакуумним випарюванням чи вакуумною сушильною шафою);
– споживання електроенергії знижується у 2,5 рази;
– собівартість процесу зменшується у 5 разів.

Порівняно з розпилювальними сушарками, вказані показники покращуються у 2–3 рази. При цьому питома продуктивність на одиницю об’єму апарата зростає у 9 разів, а на одиницю площі виробничого приміщення — у 2,5 рази.

Експериментальні дані свідчать, що для ефективного функціонування інертні частинки мають не лише добре передавати тепло, але й бути здатними до ефективного стирання висушеного шару з їх поверхні. З цього випливає, що метод підходить лише для тих речовин, чий сухий осад утворює ламку, легко знімну плівку. В деяких випадках, як-от при сушінні екстракту даукарину, плівка погано відокремлюється, що робить використання псевдозрідженого шару неефективним.

Для покращення ефективності стирання з частинок сухого шару було запропоновано доповнити конструкцію сушарки натягнутими дротяними струнами, розміщеними над розподільною решіткою. Під час роботи установки частинки вдаряються об струни, що забезпечує додаткове стирання плівки і сприяє підвищенню загальної продуктивності процесу.

Разом з тим, використання псевдозрідженого шару має і свої обмеження. Наприклад, при роботі з вологими або липкими матеріалами часто формуються нестабільні зони у вигляді газових каналів, порожнин чи застійних ділянок. Це пов’язано з нерівномірним розподілом повітряного потоку, що погіршує рівномірність сушіння.

Одним зі способів подолання цієї проблеми є застосування вібрації у зоні газорозподільної решітки, що дозволяє створити віброкиплячий шар. Такий підхід розширює спектр можливих матеріалів для обробки. Наприклад, у технології сушіння сульфаніламідних препаратів використовується сушарка з віброкиплячим шаром, де подача вологого продукту здійснюється з мобільного контейнера через скіповий підйомник у бункер із живильником. Регулювання продуктивності живильника забезпечується плавною зміною обертів шнека.

Необхідний напір повітря та вакуум у робочій камері створюється за допомогою високонапірних відцентрових вентиляторів. Газ розподіляється через щілинну колосникову решітку, а готовий продукт вивантажується через переливний канал. Частки, що виносяться повітрям, додатково вловлюються в циклоні.

На основі досвіду експлуатації таких сушарок за кордоном і проведених досліджень у НДІХІММАШі було розроблено кілька типорозмірів віброкиплячих сушарок серії ВКС: ВКС-0,14; ВКС-0,6; ВКС-2,6; ВКС-8. Зокрема, модель ВКС-0,6 призначена для невеликих за обсягами виробництв і рекомендована для використання в різних секторах хіміко-фармацевтичної галузі після проходження модельних випробувань.

Сушарка типу ВКС (рис. 1.5.) має загальну площу газорозподільної решітки 0,6 м² і складається з двох лотків розміром 0,3×1 м. Кожен лоток змонтовано на чотирьох амортизаторах та обладнано індивідуальним вібраційним пристроєм, що дає змогу змінювати як напрям, так і амплітуду коливань.

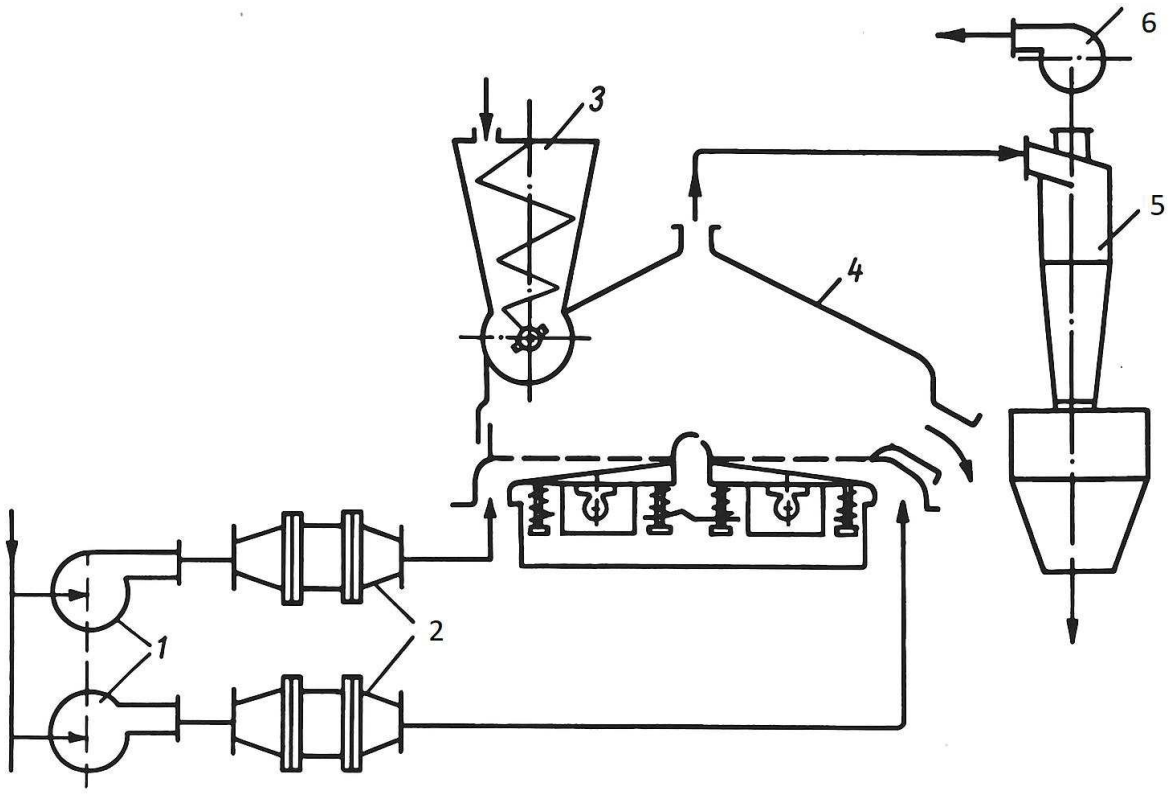


Рис. 1.5. Схематична будова сушильної установки з віброкиплячим шаром:
1 – нагнітальні вентилятори для подачі повітря;
2 – теплообмінники (калорифери);
3 – пристрій для дозованої подачі матеріалу (живильник);
4 – камера сушіння з віброкиплячим шаром;
5 – пиловловлювач циклонного типу;
6 – витяжний вентилятор для видалення відпрацьованого повітря.

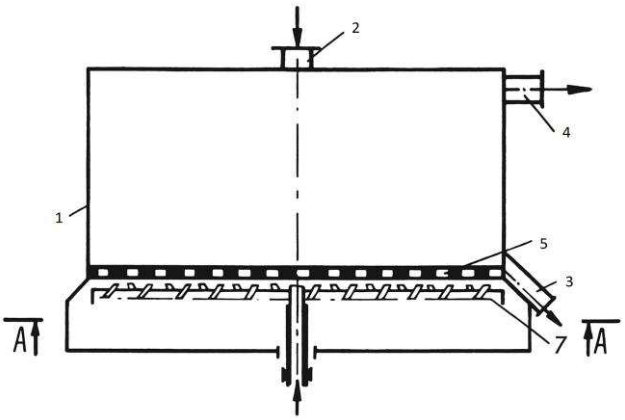
Подавання повітря в установку здійснюється за допомогою двох високонапірних вентиляторів. Повітряний потік попередньо нагрівається в парових калориферах і потім у вигляді двох окремих потоків спрямовується під розподільні решітки обох вібруючих лотків сушарки.

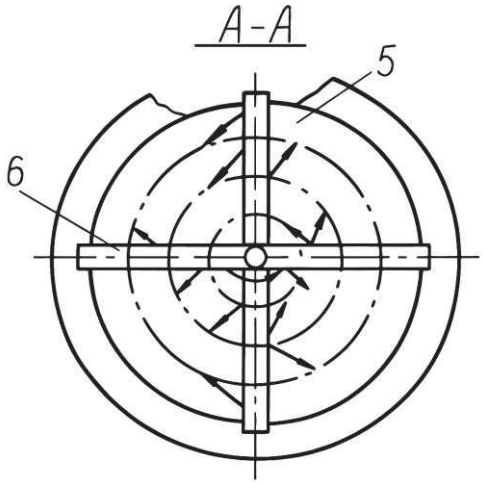
Матеріал для сушіння надходить із бункера через живильний пристрій і завантажується на підтримувальну решітку, розташовану в торцевій частині першого лотка. У процесі переміщення в середовищі віброкиплячого шару продукт поступово рухається по довжині лотка і через пересипну ділянку переходить на другий лоток. На протилежному боці другого лотка передбачено вузол для автоматичного вивантаження висушеного продукту.

Видалення використаного теплоносія здійснюється через циклон, де повітря очищується від залишків пилу, після чого викидається в навколишнє середовище за допомогою витяжного вентилятора.

Сушарки з віброкиплячим шаром можуть використовуватись як самостійно, так і в складі багатоступеневих сушильних систем, де вони функціонують як друга або навіть третя стадія в комбінованих технологічних лініях [1].

Сушіння у псевдозрідженому (киплячому) шарі





1 – корпус апарата;
2 – патрубок для подачі сировини;
3 – патрубок для виведення висушеного продукту;
4 – канал відведення повітряного потоку;
5 – решітка для розподілу повітря;
6 – зворотний повітропровід для інтенсифікації процесу.

Потік повітря подається через порожнисту трубку в повітропровід-розподільник, який одночасно виконує функцію зворошувача та оснащений системою сопел. Оскільки розташування рядів сопел орієнтоване під певним кутом до площини, перпендикулярної до розподільчої решітки (поз. 5), зворошувач під впливом реактивних сил починає обертатися навколо своєї осі.

Обертання зворошувача досягається завдяки асиметрії моментів сил, зумовленій варіативністю конструктивних параметрів — кутами нахилу сопел, їх кількістю, діаметром і напрямом розміщення. Така конфігурація дає змогу реалізувати обертання без необхідності встановлення окремого механічного приводу для перемішування матеріалу, що знаходиться на решітці (поз. 5).

Після введення оброблюваної речовини через завантажувальний патрубок (поз. 2), сировина рівномірно розподіляється по площині решітки. Ефективне висушування забезпечується завдяки розміщенню сопел таким чином, що кожне концентричне кільце, утворене на перетині струменів повітря з площиною решітки, спочатку охоплюється менше ніж чотирма повітряними потоками. Далі, у напрямку до зовнішніх зон, кількість струменів, спрямованих на кожне наступне кільце, поступово зростає, що сприяє рівномірному розподілу температури та інтенсифікації процесу сушіння.

У сушильному апараті з псевдозрідженим шаром, що має функцію рециркуляції матеріалу, створення ефекту «кипіння» здійснюється шляхом подачі повітря у нижню частину камери.

Конструкція сушарки включає рециркуляційний пневматичний привід (поз. 5), оснащений інжектором (поз. 4), який забезпечує повернення частини оброблюваного матеріалу назад у сушильну зону для повторного проходження процесу.

Об’єм матеріалу, що направляється на рециркуляцію після проходження через патрубок (поз. 3), контролюється за допомогою регулювальної заслінки (поз. 9), що дозволяє точно дозувати потік зворотного продукту.

Відпрацьований теплоносій після взаємодії з матеріалом очищується від твердих частинок у циклонах (поз. 7), після чого відводиться із системи.

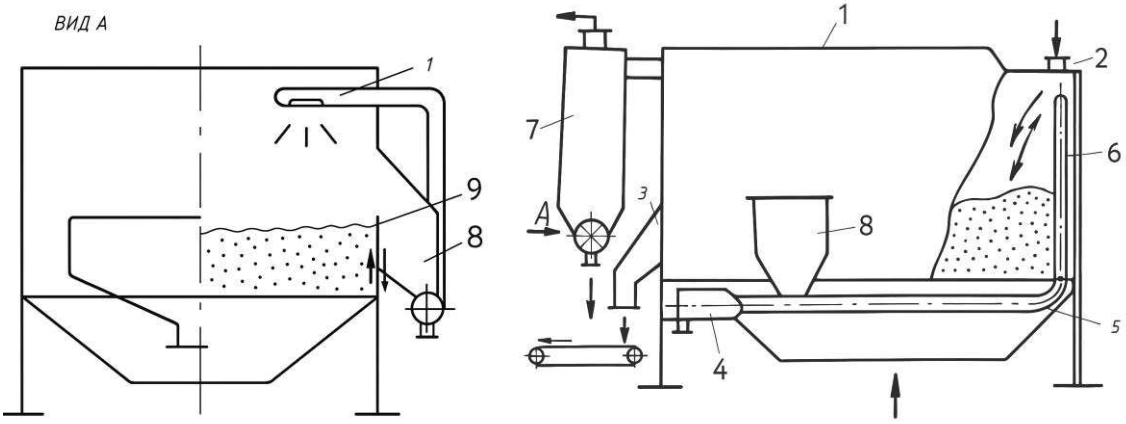


Рис. 1.7. Конструкція сушарки з псевдозрідженим шаром і рециркуляційною системою:
1 – робоча камера сушіння;

2 – патрубок для подачі матеріалу;
3 – патрубок для вивантаження продукту;
4 – інжекційний вузол;
5 – пневматичний привід рециркуляції;
6 – вихідна секція трубопроводу;
7 – циклонний пиловловлювач;
8 – накопичувальний бункер;
9 – регулювальна заслінка.

У сушильному апараті з псевдозрідженим шаром, де реалізовано зональне розділення, переміщення матеріалу від зони завантаження до вихідного патрубка забезпечується за рахунок перепадів тиску, створених шляхом чергування ділянок з різним живим перетином.

Зони, позначені як (поз. 10), відрізняються швидкістю руху повітряного потоку, що обумовлено змінною геометрією каналу. За принципом аеродинаміки, в зонах із підвищеною швидкістю потоку створюється знижений тиск, що сприяє поступовому просуванню оброблюваного матеріалу в напрямку до вихідного патрубка (поз. 5).

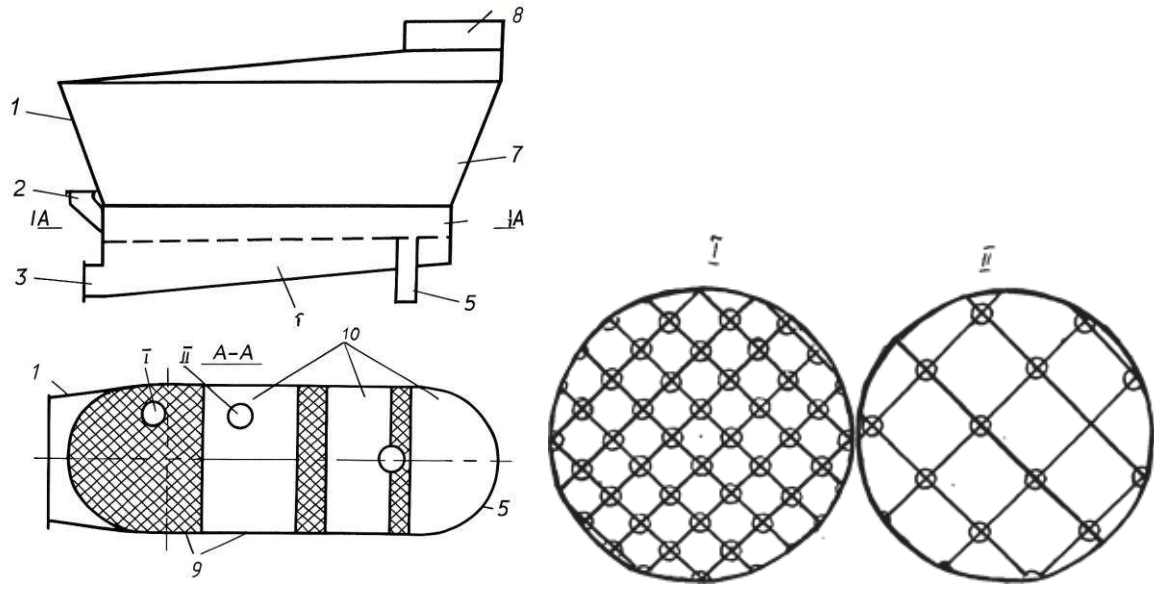


Рис 1.8. Зони в конструкції сушарки з псевдозрідженим шаром і зональною подачею повітря:
1 – корпус сушильного апарата;
2 – патрубок для завантаження матеріалу;
3 – повітряний вхід;

4 – канал подачі повітряного потоку;
5 – вихідний патрубок для сухого продукту;
6 – зона псевдозрідження (робоча частина шару);
7 – сепараційна камера;
8 – повітровідвідний канал;
9 – ділянки з розширеним перетином;
10 – ділянки зі зменшеним перетином.

2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ТА СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Останніми роками підприємства фармацевтичної галузі значно розширили номенклатуру виробів, що охоплюють різні форми випуску, механізми дії, швидкість фармакологічного ефекту та інші характеристики. На сучасному етапі найбільшу частку на ринку займають таблетки — близько 80 % усіх лікарських форм. Такий рівень поширення пояснюється їх зручністю у використанні, простотою дозування та широкою доступністю для населення.

У більшості технологічних схем виготовлення таблетованих препаратів передбачено етапи змішування компонентів, вологого гранулювання, сушіння та сухого гранулювання. Для оптимізації виробничого процесу застосовуються установки, які об’єднують ці операції в одному апараті.

Проте навіть сучасне обладнання має певні недоліки. У межах даного дипломного проєкту розглядається модернізація апарата для сушіння у псевдозрідженому шарі з метою підвищення ефективності його функціонування.

Технічно-економічні показники до та після вдосконалення:

- Базова продуктивність апарата становить 30 кг/год, тоді як після впровадження модернізацій цей показник зростає до 40 кг/год, що свідчить про приріст на 10 кг/год.
- Кількість персоналу, необхідного для обслуговування обладнання, залишається незмінною — 1 оператор.
- Вартість продукції у результаті модернізації не змінюється.
- Строк експлуатації апарата зберігається на рівні 6 років як у вихідному, так і у вдосконаленому варіантах.

До модернізації основними недоліками системи були потреба в періодичних зупинках для очищення рукавних фільтрів, часте засмічення фільтраційної системи та супутні витрати часу й енергії. Вдосконалення конструкції дозволило уникнути зупинок процесу, скоротити частоту очищення фільтрів, знизити енергоспоживання та зменшити втрати часу на непродуктивні операції.

Суть модернізації

У межах запропонованого технічного рішення передбачено:

- заміна рукавних фільтрів на електростатичний фільтр, який забезпечує безперервну роботу без частих зупинок на обслуговування;
- встановлення додаткового патрубка, через який зібраний на фільтрі порошковий продукт автоматично повертається у псевдозріджений шар для повторної обробки.

Таке конструктивне вдосконалення не лише покращує технічні показники роботи апарата, але й має соціальний ефект — зменшення трудомісткості обслуговування та підвищення надійності роботи обладнання у фармацевтичному виробництві.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВХІДНОЇ СИРОВИНИ ТА ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ. ОПИС ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ. КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП ДІЇ ОБЛАДНАННЯ

У межах розглянутої технологічної схеми сушильного обладнання реалізується процес сушіння саліцилової кислоти.

Вхідний матеріал – саліцилова кислота

Саліцилова кислота (2-гідроксибензойна кислота), хімічна формула – $C_6H_4(OH)COOH$, являє собою безбарвні кристали, що мають обмежену розчинність у воді (приблизно 1,8 г/л при 20 °C), але добре розчиняються в полярних органічних розчинниках, таких як етанол або діетиловий ефір.

Ця сполука відома своїми антисептичними, подразнюючими та кератолітичними властивостями (при високих концентраціях), що забезпечує її широке застосування в дерматології. Вона входить до складу різних мазей, паст, присипок і розчинів, зокрема: паста Лассара, присипка «Гальманін», «мозольна рідина», «мозольний пластир».

Окрім безпосередньої форми, фармакологічну цінність мають її похідні:

- Саліцилат натрію, саліциламід, ацетилсаліцилова кислота (аспірин) — використовуються як знеболювальні, протизапальні, жарознижувальні та протиревматичні засоби.
- Фенілсаліцилат — застосовується як антисептик.
- Пара-аміносаліцилова кислота — відома як протитуберкульозний препарат, який метаболічно конкурує з пара-амінобензойною кислотою, необхідною бактеріям.

Також саліцилову кислоту застосовують у харчовій промисловості як консервант, у виробництві ароматичних ефірів, барвників (зокрема, азофарбників), а також у аналітичній хімії — для кольорових реакцій на іони Pe та Cu, і при виділенні торію з мінеральних сумішей.

У природі речовина трапляється у вигляді глікозидів (наприклад, метилового ефіру), найбільш відома з яких була вперше виділена з кори верби (звідси походить і назва "саліцилова"). У вільному вигляді вона міститься також у ефірних оліях деяких представників роду Spiraea.

Слід зазначити, що у великих дозах саліцилова кислота може мати токсичний вплив, тому технологія її обробки повинна забезпечувати точне дозування та відповідність санітарним вимогам.

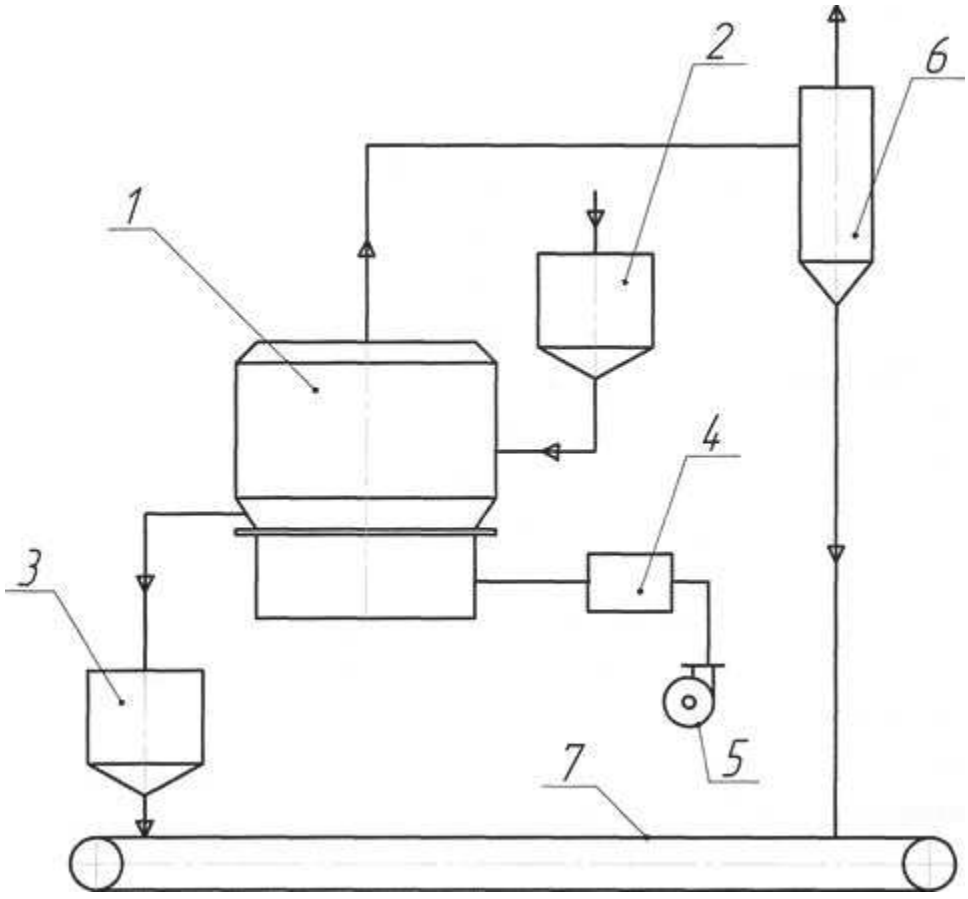


Рис. 3.1. Принципова технологічна схема сушильної установки з псевдозрідженим шаром:

1 – апарат для сушіння в псевдозрідженому шарі;
2 – завантажувальний бункер з вологим матеріалом;
3 – накопичувальна ємність для висушеного продукту;
4 – теплогенеруючий елемент (калорифер);
5 – вентилятор для подачі повітряного потоку;
6 – система пиловловлювання типу циклон;
7 – стрічковий транспортер для виведення готової продукції.

Вологий матеріал із бункера (поз. 2) надходить у сушильний апарат (поз. 1) на газорозподільну решітку, де безпосередньо здійснюється процес сушіння

в псевдозрідженому шарі. Після видалення вологи висушений продукт вивантажується з апарата та надходить у бункер (поз. 3), звідки транспортується до стрічкового конвеєра (поз. 7) для подальшого переміщення або пакування.

Подача повітря у систему здійснюється за допомогою вентилятора (поз. 5), який нагнітає повітря у калорифер (поз. 4), де воно підігрівається до необхідної температури. Підігрітий повітряний потік подається під газорозподільну решітку сушарки, забезпечуючи необхідні умови для псевдозрідження шару та інтенсивного сушіння матеріалу.

Після проходження через робочу зону сушарки відпрацьоване повітря, разом із дрібнодисперсними частинками, потрапляє в пиловловлювач циклонного типу (поз. 6). У циклоні тверді частинки осідають, а очищене повітря виводиться в атмосферу. Зібраний у циклоні сухий матеріал також прямує на стрічковий транспортер (поз. 7), де об'єднується з основним потоком готової продукції.

Принцип дії сушарки з псевдозрідженим шаром

Усі основні конструктивні елементи сушильної установки розміщені в корпусі сушарки (поз. 1), до якого також під’єднано виносний пульт керування (поз. 5). Для нагріву повітря до робочої температури, яка становить близько 70 °C, використовується калориферна установка (поз. 7), що включає від одного до чотирьох калориферів — залежно від моделі сушарки.

Підігріте повітря надходить до робочої зони апарата через зовнішній повітряний фільтр. Матеріал, що підлягає сушінню, знаходиться у резервуарі (поз. 3), який встановлено на мобільному візку (поз. 4). Для забезпечення однорідності обробки матеріалу та запобігання утворенню грудок у резервуарі передбачено встановлення перетрушувача (поз. 8), який інтенсифікує процес сушіння.

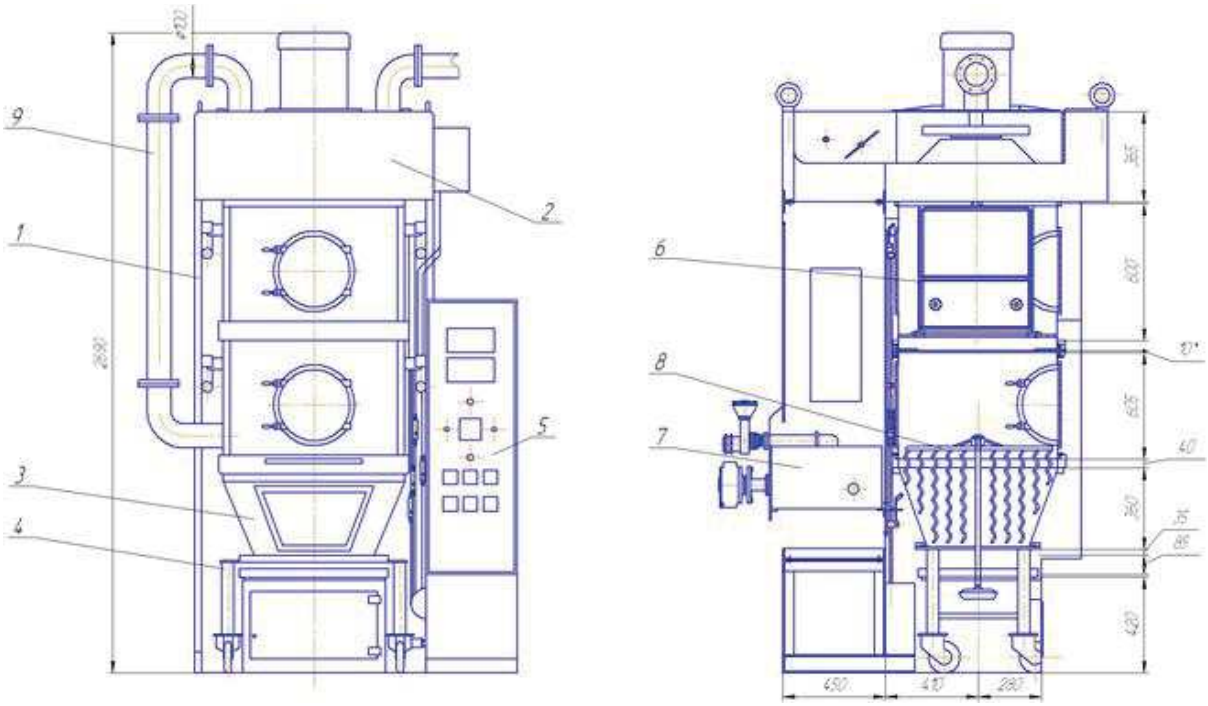
Під днищем резервуара розміщене перфороване сито, через яке повітря, нагнітане вентилятором (поз. 2), проходить у робочу зону. Потік повітря створює псевдозрідження шару грануляту — матеріал перебуває у зваженому стані, що значно покращує масо- та теплообмін.

В процесі роботи частинки дрібної фракції можуть виноситись з основного шару повітряним потоком і потрапляють у електростатичний фільтр (поз. 6), де вони відокремлюються від повітря і за допомогою трубопроводу (поз. 9) повертаються до робочої зони сушарки. Таке рішення дозволяє мінімізувати втрати продукту та забезпечити безперервність циклу.

Електростатичний заряд, що виникає внаслідок тертя частинок, автоматично знімається безпосередньо з резервуара (поз. 3), що підвищує безпечність процесу.

Після проходження через сушильну камеру відпрацьоване повітря виводиться назовні вентилятором (поз. 2) через систему очищення.

Сушарка обслуговується одним оператором, що свідчить про високу автоматизацію та зручність експлуатації обладнання.



4. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Фармацевтичне виробництво характеризується рядом специфічних експлуатаційних умов, серед яких: агресивні середовища (включаючи залишки діючих речовин, мийні та дезінфекційні розчини), вплив високих температур, значна швидкість потоку технологічних середовищ, а також регулярні перепади тиску. Ці фактори формують підвищені вимоги до вибору матеріалів, що використовуються при виготовленні технологічного обладнання.

Одна з основних характеристик, якою повинні володіти конструкційні матеріали — це висока корозійна стійкість, особливо при тривалому контакті з активними органічними або мікробіологічними середовищами. Також важливо враховувати:

- нетоксичність та відповідність гігієнічним нормам;
- стійкість до санітарної обробки (миття, стерилізація, дезінфекція);
- механічну міцність під час циклічного навантаження;
- економічну доцільність вибору — співвідношення ціни до ресурсу роботи.

Таким чином, термін служби сушильного апарата та його функціональна надійність значною мірою визначаються властивостями застосованих матеріалів. Тому правильний вибір конструкційних матеріалів є критичним фактором для довговічної, стабільної та безпечної експлуатації обладнання у фармацевтичному виробництві.

Обґрунтування вибору матеріалів:

- Для виготовлення електростатичного фільтра прийнято рішення використати нержавіючу сталь, оскільки вона має високу хімічну та біологічну стійкість, добре переносить стерилізацію і дозволена до використання в умовах прямого контакту з фармацевтичними речовинами.

- Корпус сушильного апарата буде виготовлено зі сталі марки 45, яка вирізняється хорошими механічними властивостями, високою термостійкістю, легкістю в обробці, а також помірною вартістю. Вона також має невисоку чутливість до впливу концентраторів напружень при багаторазових навантаженнях, що особливо важливо для елементів, які працюють у змінних режимах.

5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

5.1. Технологічні обчислення

Оцінка витрати повітря, швидкості переміщення газів та визначення діаметра сушильного апарата.

Починаємо з визначення кількості вологи, що видаляється з матеріалу під час сушіння. Формула має вигляд:

$W = Gc * (w1 - w2) / (100 - w2)$, кг/с

Підставляючи числові значення:

$W = 0,013 * (15 - 0,7) / (100 - 15) = 2,19 * 10^{(-3)}$ кг/с

Тепловий баланс сушильної камери. Визначення різниці між надходженням та витратою теплової енергії у сушарці виконується за рівнянням:

$\Delta = c * \theta1 + q_доп - (q_n + q_w + q_s) * r / \lambda_волога$, кДж/кг сух. матеріалу

де:

Δ – теплове перевищення (надлишок або нестача тепла в камері),

c – питома теплоємність,

q_доп – додаткове тепло, введене до сушарки (приймається нульовим),

q_n, q_w, q_s – питомі теплові витрати на нагрів матеріалу, повітря та втрати тепла,

r – теплота випаровування,

λ_волога – теплові витрати на випаровування одиниці маси вологи.

Визначення теплових витрат на нагрів висушуваного матеріалу:

$q_n = Gc * c_x * (\theta2 - \theta1)$

де: c_x = 0,9 кДж/(кг·К) — теплоємність сухого матеріалу, θ2 = 10°C — кінцева температура нагріву.

Оцінка теплових втрат у навколишнє середовище:

q_s = 15 кДж/кг вологи

Розрахунок значення Δ:

Δ = 1,16 * 10^(-3) * (35 - 16) - 0,7 * 0,0139 = 15,3 кДж/кг вологи

На основі психрометричної діаграми I - x, для початкових умов:

температура повітря t_м = 10°C,

вологовміст φ1 = 90%,

ентальпія i1 = 28,6 кДж/кг сух. повітря,

вологість повітря x0 = 0,006 кг/кг сух. повітря

При підігріві повітря в калорифері до температури t2 = 100°C, отримаємо:

ентальпія i2 = 118 кДж/кг сух. повітря

Для побудови робочої кривої сушіння задаємо орієнтовне значення вологості повітря:

x = 0,02

температура після калорифера: t2 = 45°C

ентальпія: i0 = 68 кДж/кг сух. повітря

вологовміст: x1 = 0,023 кг/кг сух. повітря

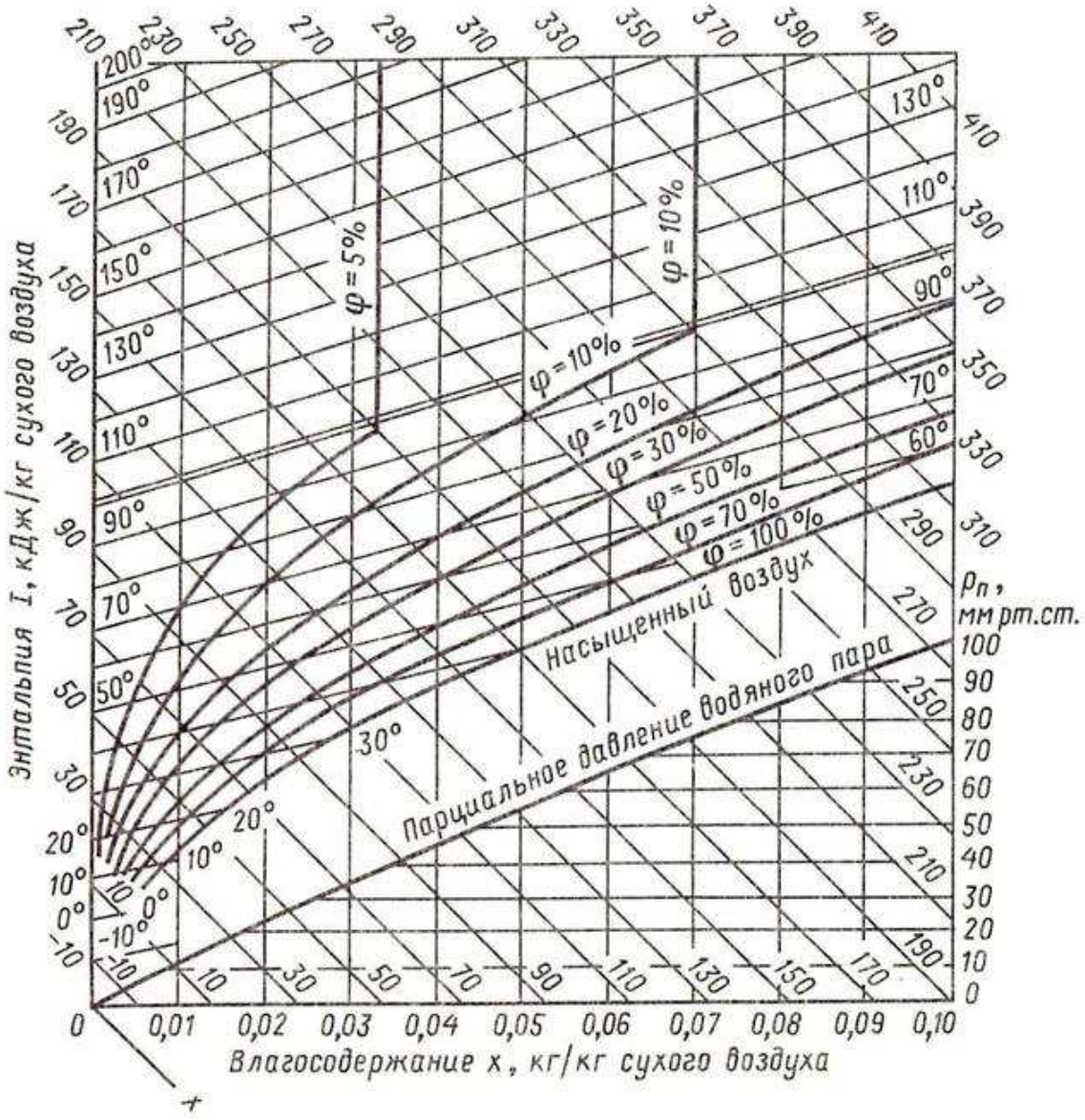


Рис. 5.1. Діаграма стану вологого повітря у координатах ентальпія – вологовміст (I – x).

Рівняння, яке описує робочу лінію сушіння, має вигляд:

$i = i1 + \Delta(x - x1)$

Підставивши числові значення отримаємо:

$i = 118 - 3{,}4(0{,}02 - 0{,}006) = 113$ кДж/кг.

Розрахунок витрати повітря L на сушіння:

$L_{вл} = W / (x2 - x1)$, кг/с

Lвл = 2,19 * 10^(-3) / (0,023 - 0,006) = 0,128 кг/с

Середнє значення температури повітря в сушарці визначається як:

tср = (t2 + t1) / 2 = (100 + 45) / 2 = 73°С

Середній вміст вологи хср у повітрі в апараті розраховується так:

хср = (х0 + х1) / 2 = (0,006 + 0,023) / 2 = 0,0145 кг/кг сух. повітря

Середня густина повітря і пари визначається за формулами:

ρп = Мр / Vр = 1,02 * 273 / (273 + 73) = 1,02 кг/м³

ρв = Мв / Vв = 18 * 273 / (273 + 73) = 0,63 кг/м³

Середній об’єм повітря, що продувається V:

V = L * хср / ρп = 0,128 * 0,0145 / 1,02 = 0,128 м³/с

Далі обчислюється фільтраційна швидкість сушильного агента за критеріями подібності:

Re = ωс * d / ν

Ar = d³ * g * ρп * Δρ / μ² — число Архімеда

Де ν — кінематична в’язкість повітря при tср = 73°С:

ν = 2,08 * 10^(-5) м²/с

Ar = (0,8 * 10^(-3))³ * 1,02 * 9,81 * 1450 / (2,08 * 10^(-5))² = 1,72 * 10^4

Re = √(1,72 * 10^4 / 1400 * 5,22 / 2,72 * 10^(-5)) = 8,25

Розрахунок швидкості частинок сушильного агента:

ωс = √(Ar / (18 + 0,75 * √Ar)) = √(1,72 * 10^4 / (18 + 0,75 * √1,72 * 10^4)) = 4,7 м/с

Критичне число псевдозрідження: Ккр = 224

Приймаємо коефіцієнт псевдозрідження Кпс = 1,5

Тоді робоча швидкість агента визначається як:

ωп = Кпс * ωс = 1,5 * 0,321 = 0,483 м/с

Діаметр сушарки обчислюємо за формулою:

d = √(4V / (π * ωп)) = √(4 * 0,128 / (3,14 * 0,483)) = 0,785 м

5.2. Теплотехнічний розрахунок
Висота псевдозрідженого шару

Для визначення висоти псевдозрідженого шару матеріалу, який піддається сушінню, використовують експериментальні залежності, засновані як на кінетичних, так і на теплофізичних характеристиках.

Виходячи з рівняння: dM = α_ср * S * Δt * (x' - x1) * F,

де dM — масова витрата випарuваної вологи, кг/с;

S — площа перетину сушарки, м²;

x' — вологість агента;

x1 — робоча вологість повітря;

F — площа шару продукту, що сушиться, м²;

ρср — середнє значення густини речовини, кг/м³.

Під час сушіння поверхню матеріалу можна виразити через формулу: dF = [60(1 - s1)] / [S * dh], де h — висота шару. Шляхом перетворення рівняння отримаємо вираз для h:

(x' - x1) / (x' - x0) = exp(-βv * (60(1 - s1)) / (αср * ρср * d1) * h)

З діаграми I – x визначають вміст вологи x', що відповідає робочій точці сушарки. Припустимо x' = 0,033 кг/кг.

Тоді:

(x' - x1) / (x' - x0) = (0,033 - 0,025) / (0,033 - 0,005) = 0,184

Критерій Рейнольдса для шару: Re = ω * d1 * ρср / μ,

Критерій Архімеда: Ar = d1³ * g * ρср * Δρ / μ²

Ставимо значення та обчислюємо:

$s = [(18Re + 0,36Re^2)^{0.217}] / Ar = 0,468$ м²/с

Коефіцієнт масовіддачі βv знаходиться з емпіричних формул:

$Nu = 2 + 0,518Re^{0.5} * Pr^{0.33}$,

де: $Nu = \beta * d / D$ — число Нуссельта; $Pr = \mu * cp / \lambda$ — число Прандтля.

Для обчислення коефіцієнта дифузії водяної пари використовуємо:

$D = D0 * ((T1 + T2) / 2) / Tc * (P0 / P)^{0.5}$, де $D0 = 2,19 * 10^{(-10)}$ м²/с

Приймаючи:

$D = 2,08 * 10^{(-5)}$ м²/с, Pr = 0,83

Тоді:

$\beta v = D / d1 * (2 + 0,51Re^{0.5} * Pr^{0.33}) = 3,12 * 10^{(-3)}$ м/с

Після обчислень висота шару становить: $h = 1,3 * 10^{(-3)}$ м

Кількість тепла, що передається: $dQ = \alpha * cp * S * \Delta t * (t1 - t2) / (t1 - tcp)$,

При tcp = 35°C, Re < 200, використовуємо:

$Nu = 1,6 * 10^{(-2)} * (Re / s)^{0.5} * Pr^{0.33}$

Теплопровідність $\lambda = 0,029$ Вт/(м·К), $\alpha = 6,68 * 10^{(-2)}$ Вт/(м²·К),

З формули остаточно визначаємо висоту шару: $h = 4 * 10^{(-3)}$ м

5.3. Механічний розрахунок
Розрахунок діаметрів отворів розподільчої решітки

Згідно з досвідом експлуатації апаратів із псевдозрідженим шаром, висоту шару H можна орієнтовно визначити за співвідношеннями:

$H = 4 * d0в$,

$Hм = 20 * d0в$,

H = 80 * d0в,

де d0в — діаметр отворів у газорозподільній решітці.

Відповідно до ДСТУ 6636:2005 , якщо d0в = 2,0 мм, тоді H = 80 * 2,0 * 10^(-3) = 0,16 м.

Кількість отворів на решітці визначається формулою:

n = (4 * S * Fc) / (π * d0в^2) = (0,5 * 0,2) / (3,14 * 2^2 * 10^(-6)) = 3200

де S — площа розподільчої решітки, Fc — частка живого перерізу (0,02…0,1).

Поперечний крок між отворами: t = 0,954 * d0в^0,5 = 0,866 * √2 ≈ 0,901 м

Поздовжній крок: l = 0,95 * t - 0,17 * d0в = 0,95 * 0,901 - 0,17 * 2 = 0,717 м

Висота сепараційної зони становить Hс = 5 * H = 0,16 * 5 = 0,8 м

Гідравлічний опір сушарки формується в основному за рахунок опорів псевдозрідженого шару та решітки.

ΔP = ΔPш + ΔPр, де ΔPш = ρ * g * h = 1450 * 9,81 * 0,016 = 1211 Па

Опір решітки розраховують як: ΔPр = ζ * (ω^2) / (2 * Fc^2) = 1,5 * (0,483)^2 / (2 * 0,05^2) = 446 Па

Загальний опір сушарки: ΔP = 1211 + 446 = 1657 Па

Розрахунок калорифера для нагрівання повітря виконується з урахуванням найгірших умов, тобто взимку.

Потрібно нагріти 497 кг/год повітря від 10°C до 100°C.

Q = L * cp * (t2 - t1) = 497 * 0,241 * (100 - 10) = 10780 кДж/год або 10780 / 3600 = 2994 Вт

Площа живого перерізу для повітря: f = 497 / (3600 * 0,84) = 0,164 м²

Приймаємо калорифер типу В-Ц14-46-5К-02 з параметрами Q = 23601 Вт, η = 0,88

Розрахунок електростатичного фільтра:

Мінімальна довжина активної зони: l = (K * Vп) / (w0 * a) = (1,1 * 4,2) / (0,8 * 0,111) = 51,9 м

Швидкість осадження заряджених частинок:

wч = (6 * 10^(-7) * E * z) / (μч) = (6 * 10^(-7) * 6000 * 2 * 10^(-3)) / 2,03 = 0,36 м/с

Ступінь очищення η = 1 - exp(-wч * a) = 1 - exp(-0,36 * 0,111) = 0,989

5.4 Додатковий розрахунок характеристик обладнання.

1. Розрахунок тривалості сушіння в дві стадії

Стадія 1: попередній нагрів до температури випаровування:

τ1 = (G * c * (tкр - tпоч)) / (Q * η), де G = 50 кг, c = 2,1 кДж/кг·°C, tкр = 60°C, tпоч = 30°C, Q = 3000 Вт, η = 0,85

τ1 = (50 * 2,1 * 30) / (3000 * 0,85) = 3 150 / 2 550 = 1,24 год

Стадія 2: інтенсивне сушіння до кінцевої температури:

τ2 = (G * c * (tкін - tкр)) / (Q * η) = (50 * 2,1 * 40) / (3000 * 0,85) = 4200 / 2550 = 1,65 год

Загальна тривалість: τ = τ1 + τ2 = 1,24 + 1,65 = 2,89 год

2. Втрати теплоти у навколишнє середовище

Втрати визначають як: Qвт = k * A * (tв - tзовн) * τ, де:

k = 1,2 Вт/м²·К — коеф. теплопередачі; A = 2,5 м²; tв = 100°C; tзовн = 20°C; τ = 2,89 год

Qвт = 1,2 * 2,5 * (100 - 20) * 2,89 * 3600 = 24912 кДж

3. Щільність теплового потоку через ізоляцію

qтепл = Qвт / (A * τ * 3600) = 24912 / (2,5 * 2,89 * 3600) ≈ 0,8 кВт/м²

4. Втрати теплоти випромінюванням

$Q_{випр} = \varepsilon * \sigma * A * (T^4 - T0^4) * \tau$, де $\varepsilon = 0,9$; $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²К⁴; $A = 1$ м²; $T = 373$ К; $T0 = 293$ К; $\tau = 2,89$ год

$Q_{випр} = 0,9 * 5,67 \cdot 10^{-8} * (373^4 - 293^4) * 3600 * 2,89 \approx 18\,280$ кДж

5. Сумарні втрати теплоти системою сушіння

$Q_{загвт} = Q_{вт} + Q_{випр} = 24\,912 + 18\,280 = 43\,192$ кДж

6. Необхідна потужність нагріву з урахуванням втрат

$Q_{потрібна} = Q_{корисна} + Q_{загвт} = 19808 + 43192 = 63\,000$ кДж = 17 500 Вт

7. Підбір теплогенератора:

Необхідно вибрати установку з потужністю не менше 17,5 кВт, з врахуванням ККД не менше 0,85 => $P_{ном} \geq 20,6$ кВт

8. Гідравлічний опір повітряного каналу

$\Delta P_{тр} = \lambda * (L/D) * (\rho * \omega^2 / 2)$, де: $\lambda = 0,025$; $L = 5$ м; $D = 0,1$ м; $\rho = 1,2$ кг/м³; $\omega = 5,3$ м/с

$\Delta P_{тр} = 0,025 * (5 / 0,1) * (1,2 * 5,3^2 / 2) = 1,087$ кПа

9. Підбір вентилятора за ΔP та витратою повітря

$V = 384$ м³/год = 0,106 м³/с. Потрібен вентилятор із тиском понад 1,1 кПа і витратою не менше 0,11 м³/с

10. Здатність повітря до випаровування вологи

$\Delta x = x2 - x1 = 0,023 - 0,006 = 0,017$ кг/кг повітря

Для забезпечення сушіння потрібно мінімум 0,017 кг вологи на 1 кг повітря, що проходить через апарат.

6. ВИМОГИ ДО МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Поставка сушильної установки здійснюється в залежності від умов контракту або географічного розташування замовника — на піддонах, у дерев'яній тарі, обшивці або контейнерах, придатних для морського транспортування. При отриманні обладнання необхідно звірити кількість упаковок з даними, вказаними у товаросупровідній документації (накладній).

Умови зберігання

Для запобігання пошкодженням, особливо вузлів керування, обладнання рекомендується зберігати в сухому, захищеному від вологи приміщенні. При дотриманні умов сухого зберігання до 6 місяців жодних додаткових заходів консервації не потрібно.

Розпакування

Перед монтажем слід зняти кришки й облицювальні панелі з пакувальної тари. Необхідно вилучити всі окремо вкладені частини й перевірити їх на наявність механічних пошкоджень, які могли виникнути під час транспортування. У разі виявлення дефектів потрібно негайно інформувати постачальника.

Установка надходить у розібраному стані, тому перед збиранням необхідно виконати розпакування, видалити консерваційне мастило та перевірити комплектацію відповідно до пакувальної відомості.

Вимоги до монтажу

Перед встановленням апарата необхідно переконатися у горизонтальності підлоги. Монтаж на фундамент не є обов'язковим — допускається встановлення без жорсткого кріплення до основи.

Мінімальна відстань від задньої або бічної стінки апарата до стіни приміщення повинна становити не менше 800 мм для забезпечення вільного доступу до обслуговування.

Необхідно підвести трубопровід для подачі пари від загальнозаводської магістралі до вхідних патрубків калориферної секції сушарки. На лінії подачі пари слід обов’язково встановити:

- автоматичний регулювальний пристрій;
- манометр;
- запобіжний клапан.

Запірний вентиль має розміщуватись між апаратом і регулювальним вузлом. Всі зазначені елементи необхідні для безпечного та ефективного контролю подачі пари у теплогенерувальний блок сушарки. Зазначене обладнання не входить у комплект поставки та має бути надане підприємством-експлуатантом.

У рамках пусконалагоджувальних робіт необхідно підвести трубопровід подачі пари та стисненого повітря від внутрішньозаводської пневмомережі безпосередньо до пульта керування пневматичним обладнанням. Робочий тиск стисненого повітря повинен становити 0,4 МПа. Крім того, слід здійснити електричне з’єднання пульта електропневмообладнання з клемною коробкою згідно з електросхемою підключення.

Під час збирання системи припливно-витяжної вентиляції важливо забезпечити мінімальну довжину повітроводів, що виходять назовні. Конфігурація повітряних каналів має бути максимально прямолінійною — кількість колін та вигинів повинна бути зведена до мінімуму. Для зменшення аеродинамічного опору рекомендовано збільшити перетин вентиляційних каналів у 1,2–1,5 раза порівняно з приєднувальними фланцями.

У місцях під’єднання всмоктуючих і нагнітальних повітроводів до сушильного апарата необхідно встановити гумові прокладки, що запобігають передачі вібрацій від обладнання до системи вентиляції.

Перед введенням установки в експлуатацію потрібно:

- перевірити напрямок обертання вентилятора, який має відповідати стрілці, нанесеній на корпус електродвигуна. При неправильному

напрямку обертання об’єм повітря, що видаляється з робочої зони, може зменшитись на 40–50 %;
перевірити надійність кріплення крильчатки вентилятора на валу двигуна.

Перевірка тягових параметрів

Для контролю розрідження, яке створює вентилятор, слід виконати такі дії:

1. Встановити шибер у повністю відкритому положенні.
2. Закрити нижню частину решітки в продуктовому резервуарі аркушем ватманського паперу.
3. Заміряти розрідження, яке повинно бути не менше 340 мм водяного стовпчика. Для цього використовують тягонапоромір.
4. Після цього знову відкрити шибер повністю і виміряти продуктивність вентилятора, яка має становити не менше 1400 м³/год.

Регулювання пневмосистеми

Тиск у пневмомережі налаштовується за допомогою вбудованого регулятора тиску. Орієнтиром для регулювання служить показник манометра, який має відповідати значенню 3 кгс/см² (≈0,3 МПа).

Підготовка до роботи

Підготовка припливного повітря

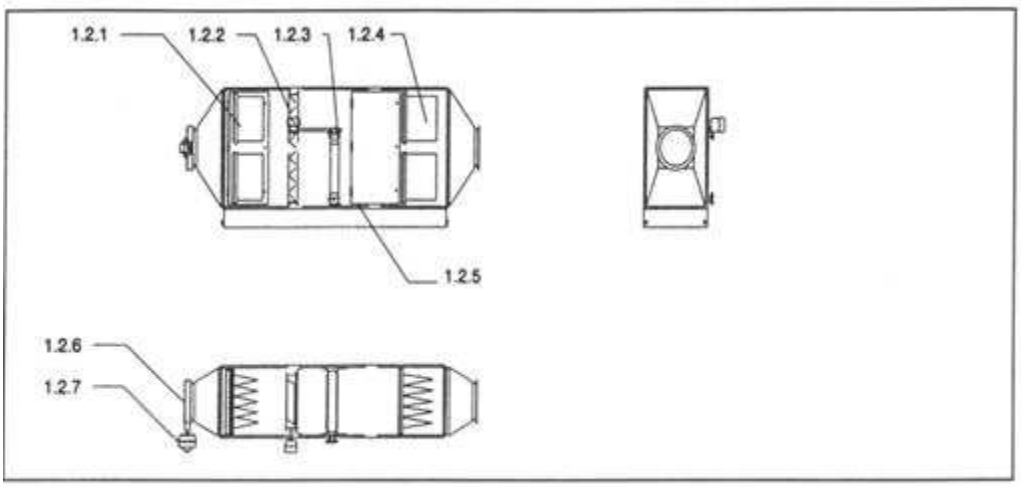


Рис. 6.1. Елементи системи підготовки припливного повітря

1.2.1 Фільтр попередньої очистки

Фільтр грубого очищення призначений для первинного очищення зовнішнього повітря, що подається в систему. Він затримує великі частки пилу, ворсу, комах, листя та інші механічні домішки, тим самим запобігаючи передчасному зносу або засміченню наступних вузлів системи.

1.2.2 Змішувальний клапан

Цей елемент забезпечує регулювання температури припливного повітря шляхом змішування нагрітого та холодного повітря. Дозволяє підтримувати стабільні температурні умови в системі та запобігає перегріву або переохолодженню робочого середовища.

1.2.3 Нагрівач повітря

Основний елемент для забезпечення термічного режиму сушіння. Повітря, що проходить через калорифер (нагрівач), досягає заданої температури, необхідної для випаровування вологи з продукту. Може бути паровим, електричним або водяним залежно від типу обладнання.

1.2.4 Фільтр вторинної очистки

Призначений для доочистки повітря після нагріву. Затримує дрібні аерозольні частки, мікроскопічний пил та інші домішки, які могли залишитися після попередніх етапів. Забезпечує підвищену чистоту повітря, що важливо для фармацевтичного виробництва.

1.2.5 Двірне потовщення

(Уточніть, будь ласка, чи мається на увазі “дверне ущільнення”?)

Якщо так:

Це ущільнюючий елемент на дверцятах технологічних камер або люків обслуговування. Його функція — запобігати витоку повітря або пари з апарата та забезпечити герметичність при роботі під тиском або вакуумом.

1.2.6 Противозаморожувальний клапан

Використовується для запобігання обмерзанню нагрівальних елементів або теплообмінників у системі вентиляції. У разі різкого зниження температури зовнішнього повітря або зупинки циркуляції, клапан відкривається і спрямовує теплоносій або повітря в обхід холодної зони.

Перед початком експлуатації сушильної установки необхідно забезпечити правильну підготовку припливного повітря, що використовується як теплоносій у процесі сушіння.

Першочергово перевіряють стан вентиляційної системи та герметичність усіх з'єднань повітроводів. Повітря, що подається в зону сушіння, має відповідати санітарно-гігієнічним нормам і не містити пилу, вологи або сторонніх газів, які можуть негативно вплинути на якість готової продукції.

Повітря засмоктується з навколишнього середовища вентиляторами високого тиску через зовнішній повітряний фільтр, який затримує механічні домішки. Перед подачею в сушарну камеру повітря підігрівається в калориферній установці до температури, заданої технічними умовами для конкретного матеріалу (наприклад, до 70 °C для сушіння саліцилової кислоти).

Для рівномірного розподілу температури та забезпечення ефективного теплообміну рекомендується використовувати регульовану систему нагріву, що дозволяє автоматично підтримувати задану температуру повітря. Контроль температури здійснюється за допомогою термодатчиків, встановлених на виході з калорифера та безпосередньо перед зоною сушіння.

Важливо також перевірити чистоту фільтра, стан калорифера та працездатність вентиляторів перед кожним запуском. У разі виявлення забруднень або несправностей систему потрібно прочистити або усунути несправності перед подальшим запуском.

Правильна підготовка припливного повітря гарантує стабільність процесу сушіння, однорідність обробки матеріалу та відповідність готової продукції санітарним і технологічним вимогам.

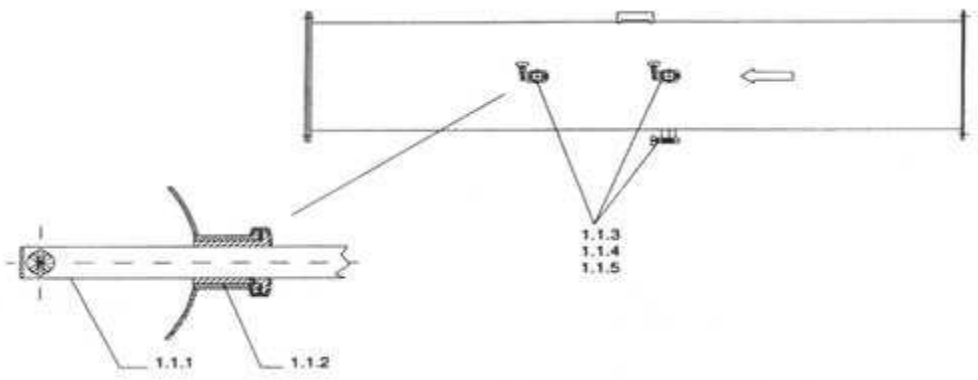


Рис. 6.2. Складові елементи вузла вимірювання та з'єднання повітроводів

1.1.1 *Анемометр*

Пристрій для вимірювання швидкості повітряного потоку в системі вентиляції або повітроподачі. Може використовуватися для контролю витрати повітря в сушильній установці, а також для регулювання інтенсивності процесу сушіння.

1.1.2 *Втулка*

Металева або полімерна деталь циліндричної форми, яка виконує роль перехідника або посадкового елемента для з'єднання рухомих частин системи (наприклад, між крильчаткою вентилятора і валом двигуна). Забезпечує центрування та передачу обертального моменту.

1.1.3 *Затискачі*

Механічні елементи (наприклад, хомути), які забезпечують фіксацію гнучких або жорстких повітроводів, патрубків чи електропроводки. Вони запобігають зміщенню та розгерметизації з'єднань у системі.

1.1.4 *Ущільнення* *(тефлон)*

Тефлонове (PTFE) ущільнення використовується для забезпечення герметичності стиків, де можуть виникати високі температури, агресивні хімічні речовини або значне тертя. Завдяки високій термостійкості та хімічній інертності тефлон є ідеальним для фармацевтичного та харчового обладнання.

1.1.5 *Глухий* *ковпак*

Закритий заглушуючий елемент, що встановлюється на кінці труби, патрубка або отвору, який тимчасово або постійно не використовується. Запобігає витоку повітря, проникненню пилу або сторонніх предметів у систему.

Перевірка апарата у режимі холостого ходу (без продукту)

Першим етапом налагодження є перевірка роботи апарата без завантаження сировини. Для цього необхідно увімкнути кран та трьохходовий клапан. У результаті стиснене повітря проходить через кран, вологовідділювач і редуктор тиску, після чого надходить у простір керування повітророзподільчого пристрою. Далі повітря подається крізь дросельний вузол із зворотним клапаном до безштокової порожнини пневмоциліндра, що спричиняє піднімання штока, а разом із ним — і підйомної рамки.

Для опускання рамки тумблер на трьохходовому клапані встановлюється в положення «Опускання». Це забезпечує подачу повітря в штокову порожнину циліндра через аналогічний дросельний вузол, унаслідок чого поршень опускається, і підйомна рамка плавно знижується. Регулювання швидкості руху рамки здійснюється за допомогою обертання корпуса дроселів: за годинниковою стрілкою — для пришвидшення руху, проти — для зменшення швидкості. Після регулювання контргайка фіксується.

Монтаж фільтраційного елемента

Особливу увагу слід приділити правильному встановленню фільтра, який призначений для затримання частинок матеріалу. На нижню частину корпусу встановлюється захисна плита, на якій закріплюється рама фільтра. Центрувальний штир фіксується до підвісного кільця фільтрувального вузла, а болти фіксуються карабінними гачками.

Слід переконатися, що силіконове ущільнення рівномірно лежить по периметру рами. Фільтрувальні рукави підвішуються на карабіни й закріплюються на кільці, при цьому необхідно уникати їх взаємного перекручування. Пневматичне ущільнення фільтра тимчасово роз’єднується від вставного болта і повторно з’єднується з надувним ущільнювальним контуром.

Натяжна стрічка вставляється у край фільтра, але спочатку не фіксується. Коли кромка буде рівномірно натягнута на раму, стрічка фіксується. Підвісне кільце та рама об’єднуються за допомогою тросів, що утримують вагу фільтрувального вузла під час вібрації. Для додаткової фіксації замикаючий кабель з’єднує підвісне кільце з рамою та з вібраційним циліндром.

Перевірка перед підйомом фільтра

Перш ніж піднімати фільтрувальний вузол, необхідно переконатися у правильності фіксації вставного болта та наявності з'єднання з карабінним гачком. Додаткову безпеку забезпечує кріплення петлі монтажу фільтра на різьбовому карабінному крюку, що є важливою умовою надійності всієї фільтраційної системи.

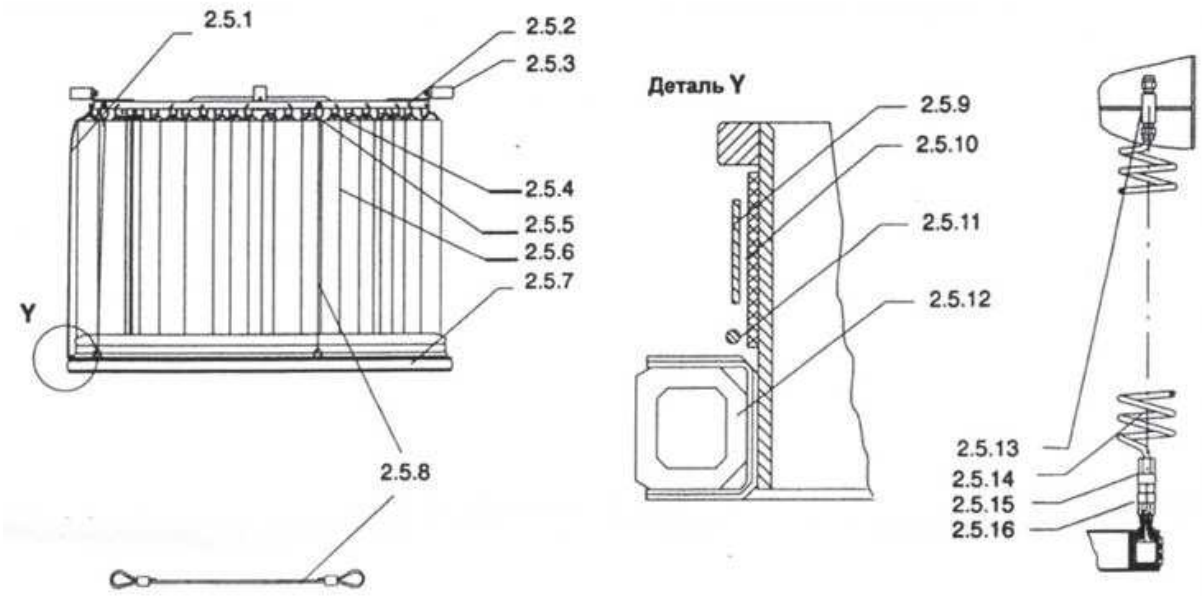


Рис. 6.3. Складові елементи вузла фільтрації:

2.5.1 Комплект заземлення для фільтраційного модуля
2.5.2 Верхнє кільце для кріплення фільтрувального елемента
2.5.3 Циліндричний валик (елемент підтримки/напрямлення)
2.5.4 Карабінні зачепи (тип 1)
2.5.5 Карабінні зачепи (тип 2)
2.5.6 Продуктозатримуючий фільтр (елемент стримування частинок)
2.5.7 Нижнє фіксуюче кільце фільтра
2.5.8 Тросовий елемент з формованою петлею
2.5.9 Натяжна фіксуюча стрічка

Монтаж клапана миттєвого спрацювання виконується у такій послідовності:

Спершу слід перевірити стан сильфонного ущільнення зі шкіри. Для цього послаблюються кріпильні болти та демонтується нижня частина корпусу клапана. Після цього на пневмоциліндр клапана подається стиснене повітря

з метою виведення поршневого штоку. Далі демонтується фіксуючий гвинт різьбового типу, а тарілчастий елемент відкручується від штока.

Після цього знімаються затискачі трубопроводу, виймається ущільнювальний елемент, який підлягає перевірці. У разі відповідності ущільнення знову монтується та фіксується за допомогою затискачів.

Далі повторно подається стиснене повітря для приведення поршня у вихідне положення, після чого тарілка кріпиться на шток. Нижня частина корпусу знову прикручується, після чого повністю зібраний клапан монтується у трубопровідну систему.

Кожен клапан такого типу оснащується окремим балоном із азотом. Зв'язок між балоном і клапаном забезпечується через спеціальний запірно-регулювальний вентиль.

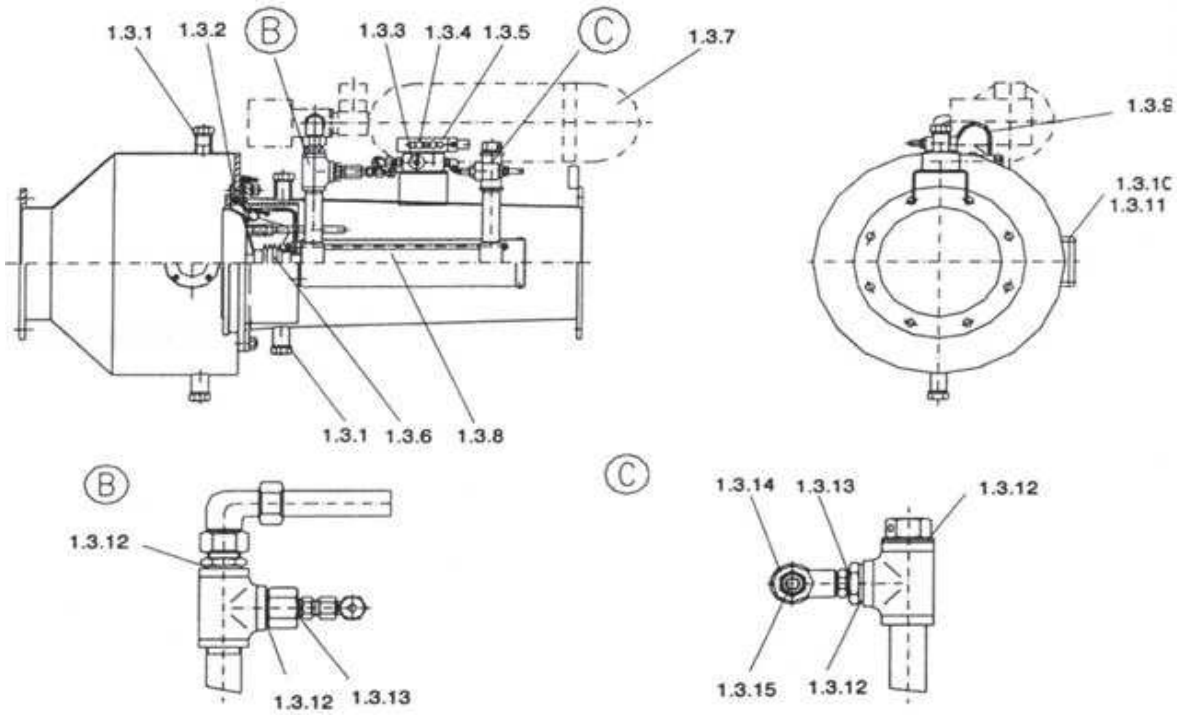


Рис. 6.4. Клапан швидкодії (миттєвого спрацювання)

1.3.1 – ущільнювальне кільце – елемент, що забезпечує герметичність з'єднання в зоні контакту деталей клапана;

1.3.2 – корпусна профільна вставка – формоутворюючий елемент, що визначає внутрішню геометрію клапана;

1.3.3 – захисний (запобіжний) клапан – механізм, що запобігає перевищенню допустимого тиску в системі, відкриваючи шлях для скидання надлишку повітря;

1.3.4 – глушник шуму – компонент, який знижує рівень шуму при скиданні повітря або роботі клапана.

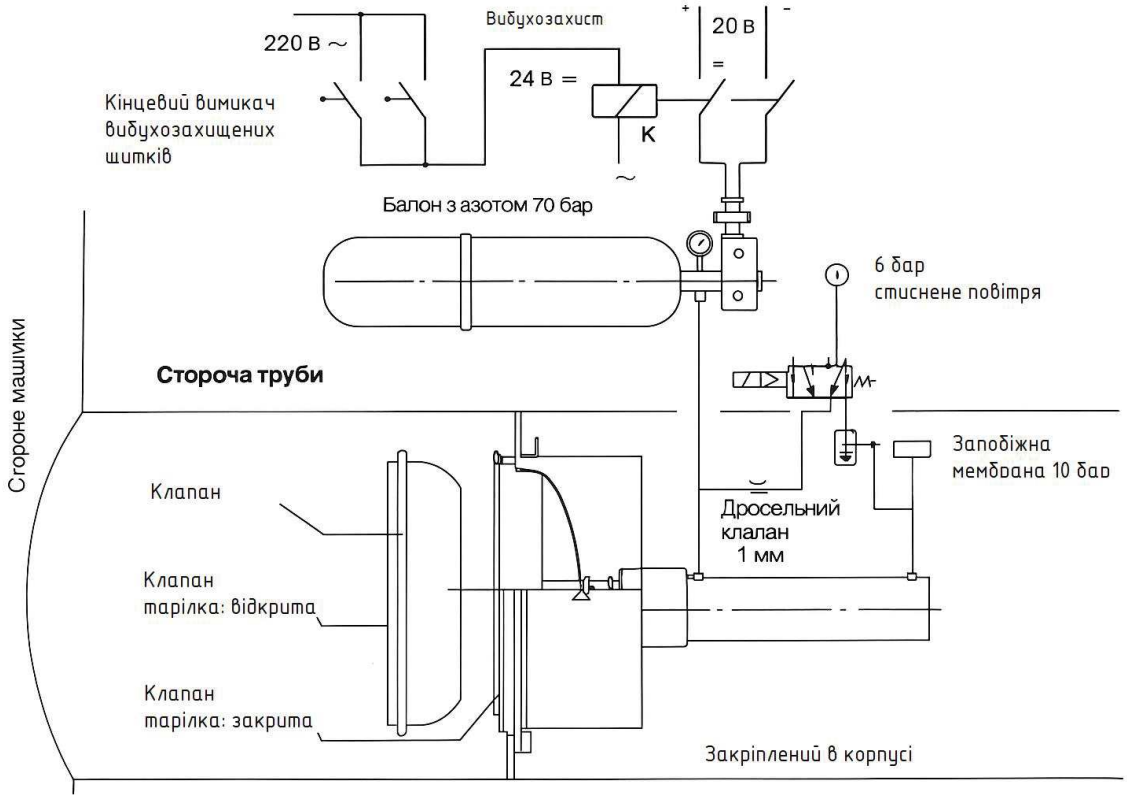


Рис. 6.5. Схема роботи клапана

При ввімкненні вентилятора система автоматично активує протизаморожувальну заслінку, яка відкривається. Після вимкнення вентилятора ця заслінка знову автоматично закривається.

Після завершення монтажних робіт слід провести налаштування та перевірку змонтованої установки. Насамперед здійснюється тест герметичності циліндра клапана швидкодії. Для цього необхідно активувати систему керування, залишивши вентилятор вимкненим. Обидва пневматичні шланги слід від'єднати. Один з двох штуцерів обробляється ущільнювальним аерозолем. До іншого приєднується шланг з подачею стисненого повітря. Ознаками негерметичності можуть бути поява повітряних бульбашок на змоченому кінці та характерний шум витоку

повітря. Обробку ущільнювальним засобом також потрібно повторити для перевірки другого кінця з’єднання та самого шланга.

Підключення електро- і пневмосистеми. Підключення силових електрокабелів та повітропроводів стисненого повітря здійснюється відповідно до передбачених електричних і пневматичних схем.

Заправка гідросистеми маслом виконується тоді, коли візок знаходиться в нижньому положенні. Необхідний рівень масла контролюється через спеціальний індикатор. Заповнення резервуару виконується за допомогою ручного ричажного насоса, подібного до того, який застосовують для перекачування масла з бочок.

Усі електричні з’єднання повинні виконуватись тільки кваліфікованим електриком.

Після підключення потрібно кілька разів пройти всі робочі цикли без навантаження, а потім — з максимально допустимим навантаженням. Також важливо перевірити герметичність гідравлічних з’єднань і, за потреби, підтягнути усі різьбові елементи.

Обслуговування та експлуатація

На панелі керування установки з псевдозрідженим шаром оператор може встановлювати необхідну температуру припливного повітря, вводячи потрібне значення через регулятор. Із міркувань безпеки та зручності обслуговування система включає низку заздалегідь запрограмованих алгоритмів.

Вентилятор активується лише після перевірки готовності надувних ущільнювачів, що забезпечують герметизацію ємності для продукту та фільтра. Заслінки подачі та відведення повітря відкриваються тільки при роботі вентилятора на повну потужність. Аварійні клапани активуються автоматично під час запуску вентилятора.

Стан надувних ущільнювачів постійно моніториться, і при втраті сигналу від будь-якого з них вентилятор автоматично вимикається, а всі повітряні заслінки та аварійні клапани повертаються у закрите положення. Тиск у гідросистемі, надувних ущільнювачах і температура вихідного повітря контролюються аналоговими приладами.

Очищення витяжного фільтра здійснюється вручну за допомогою кнопки або автоматично в рамках керуючого алгоритму. Під час очищення припиняється подача повітря в режимі розпилення і кипіння, а пил повертається назад до ємності з продуктом.

Датчик температури, встановлений у киплячому шарі, передає дані до керуючого блоку, де задаються межові та номінальні значення. Інтервали та тривалість циклів очищення налаштовуються на таймері.

Датчики різниці тиску розміщені на фільтрах блоку підготовки повітря, а також знизу і зверху фільтруючого елемента для продукту. Автоматичне завантаження та вивантаження матеріалу можливе лише при відкритих заслінках і вимкненому розпилювальному насосі.

Під час експлуатації та обслуговування необхідно дотримуватися таких вимог:

1. Перевірити, що продукт не утворює пил класу вище 1 або 2.
2. Частини обладнання після нагрівача з температурою >60°C мають бути теплоізольовані.
3. Забезпечити наявність заземлення установки.
4. До роботи допускаються лише навчені працівники, ознайомлені з правилами безпеки.
5. Сумісність матеріалу з компонентами установки та умовами (тиск, температура, вологість) повинна бути перевірена до подачі продукту.
6. Установка повинна експлуатуватись у справному технічному стані з дотриманням інструкцій.
7. Використовувати лише рекомендовані запасні частини.
8. Роботи з електрообладнанням дозволені лише кваліфікованим електрикам.
9. Електрообладнання у вибухонебезпечних зонах має бути відповідно захищене.
10. Запуск вентилятора дозволено лише після завершення всіх монтажних підключень.
11. Ключ аварійного вимикача повинен зберігатися у відповідального оператора.
12. Електромонтажні роботи здійснювати лише ізольованим інструментом.

13. Перевірити заземлення до початку роботи.
14. Перевірити фіксацію карабінних крюків перед підйомом фільтра.
15. Регулярно чистити повітряні канали для уникнення скупчення пилу.
16. Заборонено відкривати сервісні дверцята під час роботи.
17. Не видаляти з'єднувальні елементи.
18. Не блокувати запобіжники та вимикачі. У разі аварії – інформувати персонал.
19. Заборонено відкривати оглядові отвори вентилятора під час його роботи.
20. Проводити регулярні перевірки клапана миттєвої дії.
21. Своєчасно замінювати засмічені фільтри.
22. Перед запуском закрити ілюмінатори, дверцята, заглушити отвори та встановити фільтр.

Порядок роботи: Матеріал завантажується у спеціальну ємність, яка потім вводиться в сушарку та фіксується. Після герметизації ємності (тиск ущільнення не менше 3,5 бар) дозволяється увімкнути вентилятор. При його роботі відкриваються повітряні заслінки, і регулюється температура припливного повітря. Після короткого нагріву під час гранулювання вмикається насос для подачі агломеруючої рідини. Продуктивність насоса регулюється кількістю обертів, стандартно застосовуються рукавні насоси.

Обсяг рідини, який можливо вприснути за певну одиницю часу, визначається низкою ключових параметрів, зокрема:

- характером оброблюваного продукту;
- температурними умовами проведення процесу;
- рівнем в’язкості рідкої речовини, що розпилюється;
- розміром і продуктивністю апарату;
- конструктивними особливостями та кількістю насадок у розпилювальному соплі (одна, три або шість).

Тривалість сушіння та гранулювання встановлюється на підставі попередніх експериментальних даних, відповідно до особливостей конкретного продукту. Визначення часу технологічного циклу здійснюється через сигнал, що надходить від таймера.

У моменти, коли здійснюється струшування витяжного фільтра, введення рідини припиняється в автоматичному режимі. Відновлення подачі можливе лише після повернення продукту у стан псевдозрідження.

Після завершення розпилювальної фази виконується кінцеве досушування при максимально допустимій температурі до досягнення стабільного температурного рівня відведеного повітря.

Коли заданий час обробки спливає, система автоматично припиняє роботу. Крім того, тривалість процесу можна задавати шляхом спрацювання кінцевих вимикачів, що активуються при досягненні певної температури продукту або повітря на виході.

Розвантаження матеріалу з апарата допускається виключно після повного вимкнення вентилятора.

7. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

7.1. Вибір деталі та обґрунтування вибору матеріалу

Технологічне обладнання підприємств харчової промисловості різноманітне і багато деталей і вузлів його контактують з середовищем створеним харчовими продуктами.

Безпосередня взаємодія з технологічними і харчовими середовищами, довготривала безперервна робота, абразивна дія деяких домішок, агресивний вплив навколишнього середовища, миючих та дезинфікуючих розчинів, підвищена температура, значні перепади тиску, а також інші специфічні умови, визначають особливі вимоги до вибору і призначення конструкційних матеріалів.

Виходячи з аналізу характеристик середовища в якому працює зубчасте колесо та усіх факторів які впливають на роботоспроможність вала, та враховуючи властивості тих чи інших матеріалів для виготовлення даної деталі найкраще підходить сталь 50Л-ГОСТ 977-88.

Після попередньої термообробки-нормалізація, досить легко проходить механічну обробку, точіння,фрезерування і т.д. Отримують деталі, наприклад, типу шестерня або зубчасте колесо.

Таким чином провівши необхідний аналіз можна зробити висновок що саме сталь марки 50Л-ГОСТ 977-88 є найбільш підходящим матеріалом для виготовлення данного вала.

7.2. Перевірка вала на відповідність умовам взаємозамінності, надійності та довговічності

Аналізуючи роботу машини, та роботу їх основних вузлів та механізмів, деяки деталі можна згрупувати за призначенням, характером роботи і формою, та іншими властивостями. Такий підхід дає змогу систематизувати комплектуючі та запасні частини.

Враховуючи потоковий метод виготовлення є сенс замовити готові заготовки на заводі виробнику. Так як зубчасте колесо - деталь достатньо розповсюджена, то на заводі виробнику є запас аналогічних деталей, і є можливість замовляти їх у невеликих тиражах.

Проаналізувавши умови роботи зубчастого колеса з точки зору надійності і зносостійкості, можно зробити висновки, що факторами які впливатимуть на його роботу буде зачеплення зубів. Матеріал з якого виготовлений вал, а саме сталь марки 45 ГОСТ 1050-88 , не реагує на температурні коливання, має малу чутливість до впливу зовнішніх концентраторів напружень при циклічних навантаженнях.

7.3. Розроблення робочого креслення деталі

З використанням CAD-систем і відповідних стандартів розробляємо робоче креслення деталі.

Після визначення всіх параметрів деталі, вибору матеріалу виготовлення, визначення всіх допусків та посадок приступаємо до виготовлення робочого креслення деталі.

Робоче креслення деталі – це конструкторський документ, який містить зображення деталі, розміри та інші дані, які необхідні для її виготовлення та контролю. Цей документ містить дані про матеріал, технічні вимоги та іншу необхідну інформацію.

Перед початком розробки креслення визначаємо конструкторську програму в якій буде створене креслення та формат. Для виконання

застосовуємо програму AUTOCAD або COMPAS; в якості формату вибираємо аркуш формату А3.

Спочатку креслимо рамку в якій буде знаходитись креслення, потім зображуємо ескіз деталі. На готовому зображенні виконаної деталі проставляємо всі необхідні для виготовлення розміри та всі необхідні для розуміння креслення написи.

8. РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ

Вибираємо заготовку з прокату Ø16 мм.

Припуск на підрізання торців становить: $2 \cdot 2 = 4$ мм.

Отже, заготовка являє собою Ø 16 мм і довжиною 42 мм.

Розрахунок загального припуску кованої заготовки ведемо за найточнішим розміром Ø14h6.

Припуск на чистове шліфування:

$$2Z_{4\min} = 2(Rz_3 + Д_3 + \sqrt{Tnp_3^2 + E_{y4}^2})$$

$Rz_3, Д_3, Tnp_3$ - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарне значення просторових відхилень при чорновому шліфуванні (табл.8).

E_{Y4} - похибка установки деталі під час чмстового шліфування. Rz_3=10 мкм, $Д_3$=20 мкм .

При установленні деталі в центрах Tnp_3=0 мкм, E_{Y4}=0.

Тоді $2Z_{4\min} = 2(10 + 20 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 60$ мкм, $2Z_{4\max} = 2Z_{4\min} + T_3 - T_4$

T_3 - допуск при чорновому шліфуванні, $T_3 = IT8 = 27$ мкм,

T_4 – допуск при чистовому шліфуванні, $T_4 = IT6 = 11$ мкм.

$$2Z_{4\max} = 60 + 27 - 11 = 76 \text{ мкм}$$

$$2Z_{4ном} = \frac{2Z_{4\max} + 2Z_{4\min}}{2} = \frac{76 + 60}{2} = 68 \text{ мкм}$$

Відповідальна організація: НУХТ	Технічне узгодження: Бойко Ю.І.	Вид документа: Пояснювальна записка	Статус документа:
Власник документа: Кафедра МАХВ ОХ-4-2	Розробник документа: Якименко О.С. Документ затверджено: Гавва О.М.	Назва, додаткова назва: РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ	651 КР.01.01.000 ПЗ Інд. змін. / Дата видання / Мова: UA / Аркуш

Припуск при чорновому шліфуванні:

$$2Z_{3\min} = 2(Rz_2 + Д_2 + \sqrt{Tnp_2^2 + E_{y3}^2})$$

$Rz_2, Д_2, Tnp_2$ - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарне значення просторових відхилень при чистовому точінні (табл.8).

E_{Y3} - похибка установки деталі під час чорнового шліфування. Rz_2=25 мкм, $Д_2$=25 мкм .

При установленні деталі в центрах Tnp_3=0 мкм, E_{Y4}=0.

Тоді $2Z_{3\min} = 2(25 + 25 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 100$ мкм, $2Z_{3\max} = 2Z_{3\min} + T_2 - T_3$

T_2 - допуск при чистовому точінні, $T_2 = IT11 = 110$ мкм,

$$2Z_{3\max} = 100 + 110 - 27 = 183 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3ном} = \frac{2Z_{3\max} + 2Z_{3\min}}{2} = \frac{183 + 100}{2} = 141{,}5 \text{ мкм}$$

Припуск на напівчисте точіння:

$$2Z_{2\min} = 2(Rz_1 + Д_1 + \sqrt{Tnp_1^2 + E_{y2}})$$

$Rz_1, Д_1, Tnp_1$ - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарне значення просторових відхилень при чорновому точінні.

E_{Y2} - похибка установки деталі при напівчистому точінні. Rz_2=50 мкм, $Д_2$ =50 мкм . При установленні деталі в патроні з центром Tnp_1=100 мкм, E_{Y2} =0.

Тоді $2Z_{2\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{100^2 + 0^2}) = 400$ мкм, $2Z_{2\max} = 2Z_{2\min} + T_1 - T_2$

T_1 - допуск при чорновому точінні, $T_1 = IT12 = 180$ мкм,

$$2Z_{2\max} = 400 + 180 - 110 = 470 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2ном} = \frac{2Z_{2\max} + 2Z_{2\min}}{2} = \frac{470 + 400}{2} = 435$$ мкм

Припуск на чорнове розточування:

$$2Z_{1\min} = 2(Rz_0 + Д_0 + \sqrt{Tnp_0^2 + E_{y1}^2})$$

$Rz_0, Д_0, Tnp_0$ - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарна просторова похибка кованої заготовки (табл.3).

Rz_0=100 мкм; $Д_0$=150 мкм; $Tпр_0$=400 мкм;

E_{y1} - похибка установлення при чорновому точінні.

Під час установлення деталі в патрон E_{y1}=100 мкм

$$2Z_{1\min} = 2(100 + 150 + \sqrt{400^2 + 100^2}) = 1324{,}6$$ мкм

Загальний припуск

$$2Z_{сум} = \sum_{1}^{i} 2Zi_{ном} = 68 + 141{,}5 + 435 + 1324{,}6 = 1969{,}1$$ мкм

Приймаємо $2Z_{сум}$=2 мм.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_M = \frac{M_{дет}}{M_{заг}} = \frac{0{,}02\ кг}{0{,}066\ кг} = 0{,}3$$

8.1. Технологічний маршрут виготовлення вісі

№	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, інструмент оброблюваний, контрольний
10	Заготівельна (УЗЗ)	Верстат відрізний
10.1	Відрізати заготовку з прокату Ø 16, довжиною L=42 мм.	Дискова відрізна фреза Ø 100 Р6М5. ШЦ3.
20	Токарна (УЗЗ)	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-ох кулачковий патрон.
20.1	Торцювати пов. 1 z=2 мм	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8º, γ=10º, φ=45º ШЦ1

20.2	Точити Ø 10g6 начорно на L=26 мм. пов.(2)	Різець упорний правий Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=7º, γ=10º, φ=90º ШЦ1
20.3	Точити Ø 10g6 напівчисто з припуском на шліфування. пов(2)	Різець упорний правий Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=7º, γ=10º, φ=90º ШЦ1
20.4	Точити Ø 6 під різьбу М6 L=10 мм. пов(3)	Різець упорний правий Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=7º, γ=10º, φ=90º ШЦ1
20.5	Зняти фаску 1х45^0 пов.(4)	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8º, γ=10º, φ=45º ШЦ1
20.6	Нарізати різьбу пов.(5) М6-7Н на l=10	Різець різьбовий Т16К20, ®=60^0, 〈=3^0, В×Н×L=16×25×140мм, ШЦ1, різьбовий калібр
30	Токарна (УЗЗ)	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-ох кулачковий патрон.
30.1	Торцювати пов. 1 z=2 мм	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8º, γ=10º, φ=45º ШЦ1
30.2	Точити Ø 14h6 начорно на L=12 мм. пов.(2)	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8º, γ=10º, φ=45º ШЦ1
30.3	Точити Ø 14h6 напівчисто з припуском на шліфування. пов(1)	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8º, γ=10º, φ=45º ШЦ1
40	Фрезерна (УЗЗ)	Горизонтально-фрезерний верстат 6Н81Г. УДГ.
40.1	Фрезерувати пов.1 витримавши розмір 10 мм	Дискова відрізна фреза Ø 100 Р6М5. ШЦ3.
40.2	Фрезерувати пов.2 витримавши розмір 10 мм	Дискова відрізна фреза Ø 100 Р6М5. ШЦ3.
50	Шліфувальна (УЗЗ)	Круглошліфувальний верстат 3У10С. 4-ох кулачковий патрон

50.1	Шліфувати Ø10g6 начорно. пов.(1)	Круг ПП 50х16х16 14А F40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83.
50.2	Шліфувати Ø10g6 начисто	Круг ПП 50х16х16 14А F40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83, скоба Ø10g6
50.3	Шліфувати Ø14h6 начорно. пов.(2)	Круг ПП 50х16х16 14А F40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83.
50.4	Шліфувати Ø14h6 начисто	Круг ПП 50х16х16 14А F40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83, скоба Ø14h6
60	Мийна	Мийна машина
60.1	Промити деталь	
70	Слюсарна	Верстак
70.1	Зняти задирки і притупити гострі кромки	
80	Контрольна	Стіл контролера

8.2. Розрахунок операцій

8.2.1 Токарна операція

Перехід 20.1 Торцювати пов.1 Z=2 мм.

Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = 2$ мм. Подача табл.. №17 S=0,3…0,4 мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо S=0,4 мм/об.

Визначаємо швидкість різання табл.. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{504}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,4^{0,4}} = 288,9 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_з} = \frac{1000 \cdot 288,9}{3,14 \cdot 16} = 5750,4 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_в$=1600 об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_Д = \frac{\pi \cdot d_з \cdot n_B}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 16 \cdot 1600}{1000} = 80{,}4 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 8 + 2 + 2 = 12 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $l_{ДЕТ}$=*8* мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2$

l_3 - перебіг інструменту l_3=*0*

Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{12}{1600 \cdot 0{,}4} = 0{,}02 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{Д1} = t_1 + t_2 + t_3 = 0{,}11 + 0{,}1 = 0{,}21 \text{ хв}$$

$t_1 = 0{,}11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору (табл..26).

$t_2 = 0{,}05 + 0{,}05 = 0{,}1$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

T_3=*0 хв* – заміна різця.

Перехід 20.2 Точити Ø 10g6 начорно на L=26 мм. пов.(2)

Приймаємо глибину різання $t = \frac{16 - 12}{2} = 2$ *мм.*

Подача табл.№17 S=0,3…0,4 мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо S=0,4 мм/об.

Визначаємо швидкість різання табл.. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} = \frac{327}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0{,}4^{0,35}} = 179{,}1 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_з} = \frac{1000 \cdot 179,1}{3,14 \cdot 16} = 3564,8 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_в$=1600 об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_Д = \frac{\pi \cdot d_з \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 1600}{1000} = 80,4 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 26 + 2 + 2 = 30 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $l_{ДЕТ}$=*26* мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2$

l_3 - перебіг інструменту l_3=*0*

Основний час на виконання переходу

$$t_{02} = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{30}{1600 \cdot 0,4} = 0,05 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{Д2} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору (табл..26).

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

T_3=*0 хв* – заміна різця.

Перехід 20.3 Точити Ø10g6 напівчисто з припуском на шліфування. пов(2).

Нехтуючи припуском під шліфування загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = \frac{d_з - d}{2} = \frac{12 - 10}{2} = 1 \text{ мм.}$

Подача табл.. №18 S=0,09…0,12 мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо S=0,1 мм/об.

Визначаємо швидкість різання табл.. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} = \frac{327}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,1^{0,35}} = 322,8 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_з} = \frac{1000 \cdot 322,8}{3,14 \cdot 12} = 8566,9 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_в$=1600 об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_Д = \frac{\pi \cdot d_з \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 1600}{1000} = 60,3 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 26 + 2 + 1 = 29 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $l_{ДЕТ}=26$ мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 1$

l_3 - перебіг інструменту $l_3=0$

Основний час на виконання переходу

$$t_{03} = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{29}{1600 \cdot 0,1} = 0,2 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{Д3} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору (табл..26).

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$T_3=0$ *хв* – заміна різця.

Перехід 20.4 Точити Ø 6 під різьбу М6 L=10 мм. пов(3)

Приймаємо глибину різання $t = \frac{10 - 6}{2} = 2$ *мм.*

Подача табл.№17 S=0,3…0,4 мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо S=0,4 мм/об.

Визначаємо швидкість різання табл.. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} = \frac{327}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} = 179,1 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_з} = \frac{1000 \cdot 179,1}{3,14 \cdot 16} = 3564,8 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_в$=1600 об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_Д = \frac{\pi \cdot d_з \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 1600}{1000} = 80,4 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 10 + 2 + 2 = 14 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $l_{ДЕТ}=10$ мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2$

l_3 - перебіг інструменту $l_3=0$

Основний час на виконання переходу

$$t_{04} = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{14}{1600 \cdot 0,4} = 0,021 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{Д3} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору (табл..26).

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$T_3=0$ *хв* – заміна різця.

Основний час на виконання операції становить:

$$T_0 = \sum_1^i t_{0i} = 0,02 + 0,05 + 0,2 + 0,021 + 0,04 = 0,331$$ хв.

Допоміжний час $$T_Д = 2 \cdot t_y + \sum_1^i t_{\Delta i} = 2 \cdot 0,35 + 0,21 + 0,21 + 0,21 + 0,21 + 0,18 = 1,72 \ хв.$$

Для установлення деталей в патрон $t_y = 0,35$

Операційний час $T_{оп}=T_0+T_Д=0,331+1,72=2,05$ хв.

Час на обслуговування робочого місця, перерви, відпочинок і природні потреби:

$$T_{об}+T_{п.п}=(2,5+4,0)\cdot T_{оп}/100=6,5\cdot 2,05/100=0,133 \text{ хв.}$$

Штучний час становить $T_{шт}=T_{оп}+T_{об}+T_{п.п}=2,05+0,133=2,183$ хв.

Калькуляційний час на виконання операції при виготовленні однієї деталі:

$$T_К=T_{шт}+T_{п.з}/n$$

$T_{п.з}$ – підготовчо-завершальний час на партію деталей.

$T_{п.з}=10+10+4=24$ хв.

n – кількість деталей у партії (серії).

Якщо виходити з річної програми 1000 деталей на рік, яка виконується помісячно 10 раз по 100 шт, то

$$T_К=2,183+24/100=2,4 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за 1 год становить:

$$N=60/T_К=60/2,4=25 \text{ деталей.}$$

8.2.2 Фрезерна операція

Перехід 40.1 Фрезерувати пов.1 витримавши розмір 10 мм

Глибина – t = 10 мм, ширина В=6 мм.

Визначити геометричні дані інструменту (довідник):

Набір дискових фрез: $D_Ф$=100 мм, число зубців Z=20 шт.

Приймаємо S_z= 0,1 мм/зуб.

Вибраємо емпіричну формулу (критичної) швидкості різання сталі (табл..28):

$$V_p = \frac{757 \cdot D_\phi^{0,2}}{T^{0.35} \cdot t^{0.3} \cdot S_z^{0,4} \cdot B^{0,1}} = \frac{757 \cdot 100^{0,2}}{60^{0,35} \cdot 10^{0,3} \cdot 0{,}1^{0,4} \cdot 6^{0,1}} = 477{,}5 \text{ м/хв}$$

де Т = 30 хв. – стійкість фрези (табл.. 35);

Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000V_p}{\pi D_\phi} = \frac{1000 \cdot 477{,}5}{3{,}14 \cdot 100} = 1520{,}7 \text{ об/хв}$$

Узгодити n_p з паспортними характеристиками верстату 6Н81Г і приймаємо $n_в$=1500 об/хв.

Тоді дійсна швидкість обертання:

$$V_д = \frac{\pi D_ф n_в}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 100 \cdot 1500}{1000} = 471 \text{ м/хв}$$

Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_{хв} = S_z \cdot n_в \cdot z$$

$$S_{хв} = 0{,}1 \cdot 1500 \cdot 20 = 3000 \text{ мм/хв.}$$

Приймаємо $S_{хв}$=1020 мм/хв

Розрахункова довжина обробки :

$$L_р = L_д + L_1 + L_2;$$

$$L_р = 10 + 3 + 33 = 46 \text{ мм}$$

де L_1 = 2…3мм – підвід інструменту,

L_2= 33 – врізання і перебіг залежить від типу фрези

Основний час на перехід 40.1

$$T_о = L_р / S_{хв}$$

$$T_o = \frac{46}{1020} = 0{,}045 \text{ хв}$$

Допоміжний час:

$$t_у = t_{у1} + t_{у2},$$

$t_{у1}$=0,17 хв (табл..37) час на установлення деталі.

$t_{у2}$=0,10 хв (табл.. 37) час на очищення місця установки деталі від стружки

$t_у$=0,17+0,1=0,27 хв.

Перехід 40.2 Фрезерувати пов.1 витримавши розмір 10 мм

Глибина – t = 10 мм, ширина В=6 мм.

Визначити геометричні дані інструменту (довідник):

Набір дискових фрез: $D_Ф$=100 мм, число зубців Z=20 шт.

Приймаємо S_z= 0,1 мм/зуб.

Вибраємо емпіричну формулу (критичної) швидкості різання сталі (табл..28):

$$V_p = \frac{757 \cdot D_ф^{0,2}}{T^{0.35} \cdot t^{0.3} \cdot S_z^{0,4} \cdot B^{0,1}} = \frac{757 \cdot 100^{0,2}}{60^{0,35} \cdot 10^{0,3} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 6^{0,1}} = 477,5 \text{ м/хв}$$

де Т = 30 хв. – стійкість фрези (табл.. 35);

Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000V_p}{\pi D_ф} = \frac{1000 \cdot 477,5}{3,14 \cdot 100} = 1520,7 \text{ об/хв}$$

Узгодити n_p з паспортними характеристиками верстату 6Н81Г і приймаємо $n_в$=1500 об/хв.

Тоді дійсна швидкість обертання:

$$V_д = \frac{\pi D_ф n_в}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 1500}{1000} = 471 \text{ м/хв}$$

Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_{хв} = S_z \cdot n_в \cdot z$$

$$S_{хв} = 0,1 \cdot 1500 \cdot 20 = 3000 \text{ мм/хв.}$$

Приймаємо $S_{хв}$=1020 мм/хв

Розрахункова довжина обробки :

$$L_р = L_д + L_1 + L_2;$$

$$L_р = 10 + 3 + 33 = 46 \text{ мм}$$

де L_1 = 2…3мм – підвід інструменту,

L_2= 33 – врізання і перебіг залежить від типу фрези

Основний час на перехід 40.2

$$T_о = L_р / S_{хв}$$

$$T_o = \frac{46}{1020} = 0{,}045 \text{ хв}$$

Допоміжний час:

$$t_у = t_{у1} + t_{у2},$$

$t_{у1}$=0,17 хв (табл..37) час на установлення деталі.

$t_{у2}$=0,10 хв (табл.. 37) час на очищення місця установки деталі від стружки

$$t_у = 0{,}17 + 0{,}1 = 0{,}27 \text{ хв.}$$

Основний час на перехід

$$T_0 = \sum_1^i t_{0i} = t_{o1} + t_{o2} = 0{,}045 + 0{,}045 = 0{,}09$$ хв.

Допоміжний час

$$T_Д = t_y + \sum_1^i t_{\Delta i} = 0{,}43 + 0{,}27 + 0{,}27 = 0{,}97$$

Допоміжний час, пов'язаний з переходом, для верстатів з довжиною стола 1800 мм, автоматичним переміщенням, установленою на розмір, $t_д$=0,43 хв (табл..38).

Оперативний час: $T_{оп} = T_о + T_д$

$$T_{оп} = 0{,}09 + 0{,}97 = 1{,}06 \text{ хв}$$

Штучний час: $T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пер}$,

$T_{об}$=0,045·$T_{оп}$ і $T_{пер}$=0,06·$T_{оп}$ – відповідно, допоміжний час на обслуговування робочого місця і на відпочинок та природні потреби, що беруться у відсотках оперативного часу (табл.. 36)

$$T_{шт} = 1{,}06 + 0{,}045 \cdot 1{,}06 + 0{,}06 \cdot 1{,}06 = 1{,}2 \text{ хв}$$

Калькуляційний час:

$$T_к = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}$$

$T_{пз}$ – підготовчо-завершувальний час, що згідно з табл.36 визначається як сума часу налагодження верстата (при кріпленні в лещатах з двома болтами кріплення – 14,7хв) та на одержання наряду, інструментів, пристроїв - 7хв

$$T_{пз}=14,7+7=21,7хв$$

Тоді

$$T_к=1,2+1,2/100=1,21 хв$$

Норма виробітку (кількість деталей за год.):

$$N = \frac{60}{T_{к.}}$$

За формулою визначаємо

$$N=60/1,21=49 деталей$$

9. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці - це система законодавчих актів, соці-ально-економічних, організаційно-технічних, гігієнічних і лікувально профілактичних заходів та засобів, що забезпе-чують безпеку, збереження здоров'я і працездатність лю-дини в процесі праці.

Завдання охорони праці: звести до мінімуму вірогід-ність захворювання або поразки працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються наявніс-тю шкідливих і небезпечних виробничих факторів.

Для того, щоб забезпечити охорону праці на підприєм-стві з кількістю працюючих понад 50 осіб створюється служба охорони праці. Вона призначається роботодавцем для організації виконання правових, організаційно-техніч-них, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних і ліку-вально-профілактичних заходів, спрямованих на запобіган-ня нещасним випадкам, професійним захворюванням і аварі-ям у процесі праці.

Роботодавець з урахуванням специфіки виробництва, видів діяльності, чисельності працівників, умов праці тощо розробляє та затверджує положення про службу охорони праці відповідного підприємства, визначає структуру служби охорони праці, її чисельність, основні завдання, функції та права її працівників відповідно до законо-давства.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа	Статус документа			
НУХТ	Володін С.О.	Пояснювальна записка				
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва	651 КР.01.01.000 ПЗ			
Кафедра МАХВ ОХ-4-2	Якименко О.С.	ОХОРОНА ПРАЦІ	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
	Документ затверджено				UA	
	Гавва О.М.					

Основні завдання служби охорони праці:

Згідно з типовим положенням на службу охорони праці підприємства покладаються такі завдання:

- відпрацювання ефективної системи управління охорони праці на підприємстві та сприяння вдосконаленню діяльнос-

ті в цьому напрямку кожного структурного підрозділу і кожного працівника;

- забезпечення професійної підтримки рішень роботодавця щодо цих питань;

- організація проведення профілактичних заходів, спрямо-ваних на усунення шкідливих і небезпечних виробничих факторів, запобігання нещасним випадкам на виробництві, професійним захворюванням та іншим випадкам загрози життю або здоров'ю працівників;

- вивчення та сприяння впровадженню у виробництво до-сягнень науки і техніки, прогресивних і безпечних техно-логій, сучасних засобів колективного та індивідуального захисту працівників;

- контроль за додержанням працівниками вимог законів та інших нормативно-правових актів з охорони праці, по-ложень (за наявності) галузевої угоди, розділу «Охорона праці» колективного договору та актів з охорони праці, що діють у межах підприємства.

Функції служби охорони праці

Для виконання передбачених законодавством завдань органи охорони праці на підприємстві:

- розробляють спільно з іншими підрозділами комплексні заходи, програми з поліпшення умов праці, запобігання ви-робничому травматизму і професійних захворювань;

- готують проекти наказів з питань охорони праці і по-дають їх на розгляд роботодавцю;

- проводять перевірки дотримання працівниками норма-тивно-правових актів з охорони праці;

- складають звітність з охорони праці;

- проводять з працівниками інструктажі з охорони праці;

- ведуть облік та аналізують причини виробничого трав-матизму;

- складають за участю керівників підрозділів підприємства переліки професій, посад і видів робіт, щодо яких повинні бути розроблені інструкції з охорони (безпеки) праці, на-дають допомогу під час їх розроблення;

- інформують працівників про основні вимоги законів, інші нормативно-правових акти та акти з охорони праці, що діють у межах підприємства.

- ведуть облік та аналізують причини виробничого трав-матизму;

Служба охорони праці на підприємстві повинна забезпе-чити підрозділи нормативно-правовими актами з охорони праці, що діють у межах підприємства, посібниками, нав-чальними матеріалами з цих питань; організовувати роботу кабінету з охорони праці, наради, семінари та інші заходи з цих питань.

Виробниче устаткування, транспортні засоби, техноло-гічні процеси повинні відповідати санітарним нормам, що забезпечують нешкідливі та безпечні умови праці.

Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників на потоковій лінії виробництва пива наведено в таблиці

Таблиця 8.1

Джерела виникнення шкідливих та небезпеч-них виробничих чинників	Шкідливі та небезпечні виробничі чинники
Деполітайзер (1 шт.)	Обертаючі частини ме- ханізмів, електричний струм, вібрація, шум.

Інструкція з охорони праці при обслуговуванні апарата

1. Загальні положення

1.1 Працівник зобов'язаний:

знати і виконувати вимоги нормативних актів про охорону праці;

особисто вживати посильних заходів щодо усунення небезпечної виробничої ситуації;

виконувати вимоги інструкції підприємства.

Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров’я, або для людей, які його оточують, і навколишнього середовища.

1.2 До обслуговування деполітайзерів допускаються особи, що пройшли медичний огляд, навчання з обслуговування політайзерів (деполітайзерів), вступний та первинний на робочому місці інструктажі з охорони праці.

1.3 У робочій зоні можливий вплив таких шкідливих та небезпечних виробничих факторів:

транспортних засобів, машин та механізмів, що руха- ються;

незахищених рухомих частин політийзерів (деполітайаеріз);

електричного струму;

підвищеної рухомості повітря (протягу).

1.4 Працівник повинен додержуватись вимог правил внутрішнього трудового розпорядку:

дотримуватись технологічної дисципліни;

дбайливо ставитись до устаткування, інструменту, пристроїв, індивідуального захисту (ЗІЗ), передбачених для цієї спеціальності, зберігати їх у спеціально відведених місцях;

утримувати в чистоті робоче місце та територію підприємства.

1.5 На робочому місці не дозволяється палити, вжива- ти спиртні напої та інші речовини, що справляють наркотичну дію на організм людини. Палити дозволяється тільки в спеціально відведених та обладнаних місцях.

1.6 Щоб запобігти травмуванню та виникненню трав- монебезпечних ситуацій, дотримуйтесь таких вимог:

не залишайте працююче устаткування без нагляду та не допускайте до роботи на ньому осіб, які не пройшли навчання.

працюйте на справному устаткуванні, справними при- строями та інструментами;

при виявленні несправностей повідомте безпосередньо- го керівника або ліквідуйте їх власними силами, якщо це входить у ваші обов’язки. Не дозволяється працювати на устаткуванні зі знятими захисними засобами травмонебезпечних зон;

не наступайте на переносні електричні провода, що лежать на підлозі, не доторкайтесь до неізольованих або пошкоджених проводів, не відчиняйте двері електрошаф та не ремонтуйте електроустаткування, яке вийшло з ладу;

Проходьте через конвеєри по перехідних містках, не підлазьте під них;

будьте уважними до сигналів внутрішньо-цехового транспорту;

не виконуйте роботи, які не входять у ваші обов' язки.

1.7 На території підприємства пересувайтесь по пішохідних доріжках, проїзну часину дороги переходьте в установлтених міцях.

1.8 При виконанні роботи використовуйте такі засоби індивідуального захисту:

костюм бавовняний;

ковпак бавовняний;

рукавички трикотажні.

1.9 Умійте надавати першу (долікарську) допомогу при кровотечах, переломах, ураженні електричним струмом та раптовому захворюванні.

Отримавши травму , повідомте про це безпосереднього керівника самі або через товариша.

1.10 Додержуйтесь вимог особистої гігієни:

верхній одяг, головний убір, вуличне взуття, особисті речі залишайте в гардеробній;

роботу виконуйте в чистому спецодязі;

приймайте їжу в кімнаті для приймання їжі.

1.11 Вивчіть правила користування первинними засо- бами пожежогасіння, протипожежним інвентарем; знайте місця їх розташування.

1.12 За порушення вимог інструкції підприємства працівник притягається до дисциплінарної, адміністра- тивної, матеріальної, кримінальної відповідальності згідно законодавством України.

2 Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1 Надягніть спецодяг, застебніть його на всі гудзики, сховайте волосся під головний убір.

2.2 Ознайомтесь із зауваженнями та пропозиціями по- передньої зміни щодо технічного стану устаткування.

2.3 Перевірте наявність і справність: звукової і світлової сигналізацій, зв'язок з суміжними дільницями;

захисних засобів дільниць підвищеної небезпеки;

видної частини заземлення;

сигнальних ламп на пультах управління політайзером (деполітайзером), блокувальних фотоелементів.

2.4 Перевірте роботу автомата на холостому ходу.

2.5 Повідомте безпосереднього керівника про всі

помічені несправності і без його дозволу до роботи не ставайте

3 Вимоги безпеки під час роботи

3.1 Подайте встановлений сигнал про ввімкнення політайзера (деполітайзера) і тільки після одержання відповідного сигналу ввімкніть його.

3.2 Стежте за справністю блокувальних фотоелементів на лінії політайзера (деполітайзера).

3.3 Не допускайте до пульту управління автоматами сторонніх осіб, у разі їх появи небезпечних зонах лінії негайно вимкніть політайчер (деполітайзер).

3.4 Для усунення неполадок, що виникли на лінії вимкніть політайзер (деполітайзер).

3.5 Стежте, щоб на лінії не з'являлись сторонні предмети, у разі їх появи вимкніть лінію та приберіть.

3.6 При вимкненні політайзера внаслідок спрацювання блокувального пристрою вживіть заходів щодо усунення причини, яка викликала зупинку, потім поверніть у вихідне положення блокувальний пристрій і знову ввімкніть автомат. При повторному ввімкненні в роботу політайзера (деполітайзера_ подайте попереджувальний сигнал.

4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

4.1 Негайно зупиніть усі лінії політайзера (деполітай- зера):

якщо подальша їх робота загрожує безпеці працюючих;

при відчуванні дії електричного струму при дотику до металевих частин пускової апаратури;

при іскроутворенні в електродвигуні або пусковій апаратурі;

при найменших ознаках загорання, появі диму, запаху гару.

Сповістіть безпосереднього керівника про те, що ста- лося.

4.2 При виникненні пожежівимкніть устаткування, транспортні засоби, приплив- ну витяжну вентиляцію;

сповістіть пожежну охорону (ДПД) та адміністрацію;

розпочніть гасіння.

4.3 При загорянні електропроводів вимкніть рубильник Електропровода, які знаходяться під напругою, гасіть вуглекислотним вогнегасником або піском.

Не можна гасити їх водою або піском.

4.4 При нещасних випадках з травмуванням людини повідомте безпосередньо керівника, або "Швидку допомогу".

4.5 Надайте першу (долікарську) допомогу потерпілому при аварії згідно з інструкцією з надання першої допомоги.

5 Вимоги безпеки по закінченню роботи

5.1 Зафіксуйте клавішу "Стоп" на пульті управління політайзером (деполітайзером).

5.2 Приберіть робоче місце від піддонів, сміття.

5.3 Повідомте наступну зміну, керівника про технічний стан устаткування та несправності, що мали місце під час роботи.

5.4 Зніміть спецодяг і засоби індивідуального захисту, прийміть душ.

Розрахунок інтегральної оцінки важкості праці в цеху розливу.Згідно «Карти умов праці» на налагоджувальника устаткування - оператора лінії у виробництві харчової продукції на робочому місці діють наступні чинники

1. Шум:
Нормативне значення - 80 дБА;
Фактичне значення - 87 дБА, що перевищує норму на 7
дБА, згідно "Критеріїв оцінки елементів умов праці", цей
фактор має 4 бали. Тривалість дії 100% робочого часу.

2. Мікроклімат:

Відносна вологість повітря

Нормативне значення - 55-75%;

Фактичне значення - 50-84%, що перевищує норму на 9%, згідно "Критеріїв оцінки елементів умов праці", цей фактор має 2 бали.

Тривалість дії 94% робочого часу.

Температура

Нормативне значення - 17-19 °С;

Фактичне значення - 20-28,8 °С, що перевищує норму на 10 °С, згідно "Критеріїв оцінки елементів умов праці", цей фактор має 3 бали. Тривалість дії 94% робочого часу.

Визначаються фактичні бальні оцінки важкості праці налагоджувальника устаткування у виробництві харчової продукції - оператора у лінії у виробництві харчової продукції, з урахуванням тривалості дії робочого часу.

$X_1 = 4 \cdot 1 = 4$ бали;

$X_2 = 2 \cdot 0{,}94 = 1{,}88$ бали;

$X_3 = 3 \cdot 0{,}94 = 2{,}82$ бали.

Визначається інтегральна бальна оцінка

$$I_{пр} = \left[X_{виз} + \sum X_i \cdot \frac{6 - X_{виз}}{(П-1)\cdot 6}\right] \cdot 10 \qquad (7.1)$$

де $X_{виз}$ - визначений елемент, який отримав найбільше балів;

$\sum X_i$ - середня арифметична сума біологічно значних елементів без врахування $X_{виз}$;

П - загальна кількість діючих факторів.

На основі отриманих даних розраховується інтеграль-на оцінка за наступною формулою:

$$I_{пр} = \left[4 + 2{,}35 \cdot \frac{6-4}{(3-1)\cdot 6}\right] \cdot 10 = 44 \text{ бали}$$

Виходячи з інтегральної оцінки визначаємо категорію важкості праці: 44 бали відповідають III категорії важкості праці.

Отже, оцінка умов праці: III категорія важкості праці дає працівникові право на пільги і компенсації, а саме - це доплати за умови праці - 4%.

Рекомендації по покращенню умов праці:

- для зменшення рівня шуму рекомендується робітникам застосовувати засоби індивідуального захисту від шуму (беруші, навушники);
- з метою врегулювання параметрів мікроклімату слід забезпечити ефективну роботу аспіраційних і вентиляційних систем на підприємст

ВИСНОВКИ

У межах цієї кваліфікаційної роботи було проведено аналіз процесу сушіння в апараті з псевдозрідженим шаром. Для виявлення існуючих недоліків даного типу обладнання були вивчені різноманітні інформаційні джерела. У ході дослідження встановлено, що основні проблеми при експлуатації таких сушарок здебільшого зумовлені конструктивними аспектами апарату. З метою підвищення ефективності роботи обладнання було прийнято рішення оптимізувати його конструкцію, зокрема шляхом модернізації системи рукавних фільтрів.

У процесі вирішення поставленого завдання здійснено аналіз чинної технологічної лінії. Відмінною рисою цієї роботи є запропоновані інженерні зміни, які передбачають заміну вузла фільтрації — встановлення нових рукавних фільтрів та впровадження додаткового патрубка. Це рішення дозволяє забезпечити повернення частинок продукту, що осіли у фільтрі, назад у псевдозріджене середовище, що сприяє підвищенню загальної продуктивності сушарного обладнання.

Результати техніко-економічного обґрунтування підтвердили доцільність запропонованої модернізації. Проєкт демонструє технічну здійсненність та економічну вигідність його реалізації в умовах промислового виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Perry, R. H., Green, D. W. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 9th ed. McGraw-Hill Education, 2018.
2. Mujumdar, A. S. *Handbook of Industrial Drying*. 4th ed. CRC Press, 2014.
3. Masters, K. *Spray Drying Handbook*. 5th ed. Longman Scientific & Technical, 1991.
4. Harms, H., Luck, F. *Fluid Bed Technology in Materials Processing*. Marcel Dekker, 1997.
5. Filkova, I., Mujumdar, A. S. *Industrial Spray Drying Systems*. Springer, 2020.
6. Barone, F., Amanullah, A. *Fluidized Bed Bioreactors*. CRC Press, 2021.
7. Wankat, P. C. *Separation Process Engineering: Includes Mass Transfer Analysis*. 4th ed. Pearson, 2021.
8. Geankoplis, C. J. *Transport Processes and Separation Process Principles*. 4th ed. Prentice Hall, 2003.
9. Жежерин, Ю. М., Лобода, Ю. І. Технічна термодинаміка. – К.: НУХТ, 2019.
10. Теличкун, В. І., Гавва, О. М., Губеня, О. О. Технологічні комплекси харчових виробництв. – К.: НУХТ, 2017.
11. Березовська, М. А. Процеси та апарати харчових виробництв. – К.: НУХТ, 2020.
12. Сидоренко, В. І. Пневмотранспорт і пневматичні системи харчової промисловості. – К.: НУХТ, 2015.
13. Гладкий, Є. В., Яровий, В. М. Основи автоматизації технологічних процесів. – К.: НУХТ, 2020.
14. Назаренко, О. П. Процеси та апарати переробки харчової сировини. – К.: Центр учбової літератури, 2018.
15. ДСТУ 3135.0-95. Системи вентиляційні та кондиціювання повітря. Терміни та визначення.
16. ДСТУ EN ISO 12100:2014. Безпечність машин. Загальні принципи проєктування.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа	Статус документа
НУХТ	Володін С.О.	Пояснювальна записка	

Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва	651 КР.01.01.000 ПЗ			
Кафедра МАХВ ОХ-4-2	Якименко О.С.	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
	Документ затверджено: Гавва О.М.				UA	

17. Кодекс України з охорони праці. – [Електронний ресурс]. – https://zakon.rada.gov.ua
18. Стечишин, І. А., Киричок, О. В. Основи гідравліки і гідроприводу. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019.
19. Heine, M., & Krewer, U. *Process Analytical Technology*. Wiley-VCH, 2020.
20. Paterson, A. H. J. *Principles of Fluidization Technology*. Butterworth-Heinemann, 2012.
21. Mujumdar, A. S., Huang, L. X. *Drying Technologies for Foods: Fundamentals and Applications*. Wiley, 2022.
22. Tiwari, G. N. *Greenhouse Technology for Controlled Environment*. Narosa Publishing House, 2020.
23. Hoang, M. *Membrane Engineering for the Treatment of Gases*. Elsevier, 2017.
24. Belosevic, S. *Filters and Filtration Handbook*. 6th ed. Elsevier, 2015.
25. Lydersen, B. K. *Fluidization and Fluid-Particle Systems*. Reinhold Publishing Corp., 1993.
26. Мельниченко, С. О. Енергозберігаючі технології у харчовій промисловості. – К.: НУХТ, 2016.
27. Герасимчук, О. О. Теорія механізмів і машин. – К.: НУХТ, 2014.
28. Пиріг, П. І., Ільченко, І. О. Вентиляція та повітряне кондиціонування. – К.: Ліра-К, 2021.
29. Хомутова, Н. М., Мельничук, Т. М. Технічне оснащення підприємств харчової промисловості. – К.: НУХТ, 2018.
30. Ткаченко, С. І. Вимірювання і контроль параметрів технологічних процесів. – К.: НУХТ, 2015.