

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут(факультет) ННІТІ ім.акад. І.С.Гулого**

**Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв**

**«До захисту в ЕК»**

Директор інституту(декан факультету)

\_\_\_\_\_ Сергій БЛАЖЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Олександр ГАВВА  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 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 апарату гребкового типу для сушіння трав'янистої сировини продуктивністю за вологим матеріалом 50 кг/год.**

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ОХ-4-7ск

\_\_\_\_\_ Вовк Роман Володимирович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Володін Сергій Олексійович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти Юрій БОЙКО \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ Володимир КОСТІН  
(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) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2024р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого  
Кафедра 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

\_\_\_\_\_ Олександр ГАВВА

“ 05 ” \_\_\_\_\_ квітня \_\_\_\_\_ 2024 року

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

Вовк Роман Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Модернізація апарату гребкового типу для сушіння трав'янистої сировини продуктивністю за вологим матеріалом 50кг/год

керівник проекту (роботи) Володін Сергій Олексійович, асистент, кандидат технічних наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом закладу вищої освіти від «05» квітня 2024 р. № 256-кв \_

2. Строк подання здобувачем роботи «04» червня 2024р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Технічний паспорт обладнання.

2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Загальний вигляд обладнання – 1...2 аркуші; Складальні одиниці обладнання, вузли – 2...3 аркуші; Технологія машинобудування – 1 арк

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологія Машинобудування	<i>Бойко Ю.І., доц. кафедри МАХФВ</i>		

7. Дата видачі завдання: «31» 03. 2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	04.04.2024р.	<i>Виконано</i>
2	<i>Вступ</i>	08.04.2024р.	<i>Виконано</i>
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	15.04.2024р.	<i>Виконано</i>
4	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	22.04.2024р.	<i>Виконано</i>
5	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	22.04.2024р.	<i>Виконано</i>
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	29.04.2024р.	<i>Виконано</i>
7	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	06.05.2024р.	<i>Виконано</i>
8	<i>Розрахункова частина</i>	13.05.2024р.	<i>Виконано</i>
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	13.05.2024р.	<i>Виконано</i>
10	<i>Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту</i>	20.05.2024р.	<i>Виконано</i>
11	<i>Опис системи управління</i>	20.05.2024р.	<i>Виконано</i>
12	<i>Заходи з охорони праці</i>	27.05.2024р.	<i>Виконано</i>
13	<i>Висновки</i>	27.05.2024р.	<i>Виконано</i>
14	<i>Список використаних літературних джерел</i>	27.05.2024р.	<i>Виконано</i>
15	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А1</i>	27.05.2024р.	<i>Виконано</i>
16	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	01.06.2024р.	<i>Виконано</i>

**Здобувач** \_\_\_\_\_

( підпис )

**Роман ВОВК** \_\_\_\_\_

(ім'я та прізвище)

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_

( підпис )

**Сергій ВОЛОДІН** \_\_\_\_\_

(ім'я та прізвище)

## Анотація

У даній роботі представлено модернізовану конструкцію гребкової сушарки з продуктивністю 50 кг/год по вологому матеріалу. Розробка виконана згідно з виданим завданням.

В ході дослідження проаналізовано існуюче обладнання та методи сушіння, що дозволило виявити недоліки в конструкції та експлуатації гребкової сушарки. На основі проведених розрахунків визначено оптимальні параметри модернізації, які включають:

Впровадження вагового пристрою для подачі продукції в сушарку, що виключає потребу в додатковій робочій силі.

Встановлення вальцьової установки з чотирма вальцями, розташованими між лопатями по всій довжині барабана. Вальці обертаються під час роботи, очищаючи лопаті від відкладень, покращуючи перемішування та подрібнення матеріалу. Це скорочує час сушіння, механізує завантаження та вивантаження матеріалу.

Розробку вимог до монтажу, експлуатації та ремонту модернізованого обладнання.

Впровадження заходів з автоматизації, охорони праці та захисту навколишнього середовища.

Економічне обґрунтування модернізації, яке підтверджує її доцільність.

В ілюстративній частині проекту представлено креслення модернізованої сушарки, включаючи модифіковані вузли, їх взаємне розташування, розміри та конструкцію.

В результаті проведених досліджень та модернізації сушарки досягнуто значного покращення її продуктивності та експлуатаційних характеристик.

**Ключові слова:** гребкова сушарка, модернізація, продуктивність, вологість матеріалу, конструкція, експлуатація.

## **Annotation**

This work presents a modernized design of a paddle dryer with a productivity of 50 kg/h of wet material. The development was carried out in accordance with the issued task.

During the research, the existing equipment and drying methods were analyzed, which made it possible to identify shortcomings in the design and operation of the paddle dryer. Based on the calculations, the optimal modernization parameters were determined, which include:

Introduction of a weighing device for feeding products to the dryer, which eliminates the need for additional labor.

Installation of a roller unit with four rollers located between the blades along the entire length of the drum. The rollers rotate during operation, cleaning the blades of deposits, improving the mixing and grinding of the material. This reduces the drying time, mechanizes the loading and unloading of the material.

Development of requirements for installation, operation and repair of modernized equipment.

Implementation of automation, labor protection and environmental protection measures.

Economic justification of modernization, which confirms its feasibility. The illustrative part of the project presents a drawing of a modernized dryer, including modified units, their relative location, dimensions, and construction.

As a result of the conducted research and modernization of the dryer, a significant improvement in its productivity and operational characteristics was achieved.

Key words: paddle dryer, modernization, productivity, material moisture, design, operation.

## Зміст

Вступ.....	8
РОЗДІЛ 1.....	11
УЗАГАЛЬНЕНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ .....	11
1.1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі .....	11
1.2. Відмінні риси в класифікації харчових сушарок .....	13
1.3. Опис установок для сушки сипких матеріалів .....	15
1.4. Висновок до розділу та постановка задач: .....	26
РОЗДІЛ 2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ, СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ....	28
3.ХАРАКТЕРИСТИКА ВХІДНОГО МАТЕРІАЛУ І ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ. ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ. БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ.....	31
3.1. Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції.....	31
3.2. Опис запропонованого технічного рішення .....	31
3.3. Будова та принцип роботи обладнання.....	32
РОЗДІЛ 4. ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ .....	34
РОЗДІЛ 5.РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	40
6.ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	65
6.1 Розрахунок припусків.....	65
6.2 Технологічний маршрут.....	68
6.3 Розріхунок операцій.....	71
6.3.1 Токарна операція.....	71
6.3.2 Фрезерна операція.....	78
7. МОНТАЖ, РЕМОНТ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ СУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ.....	84

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Володін С.О.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Вовк Р.В.	Назва, додаткова назва <b>Зміст</b>	220791.КР.34.000 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	

7.1. Монтаж.....	84
7.2 Ремонт .....	86
7.3 Експлуатація .....	87
7.4 Розрахунок ремонтного циклу.....	87
8. ОПИС СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ .....	93
9. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ .....	95
УЗАГАЛЬНЕНІ ВИСНОВКИ.....	99
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	101

## Вступ

Пріоритетними напрямками розвитку науки, технологій та інновацій в Україні визначено новітні біотехнології, терапію та фармацевтику. Фармацевтична промисловість відіграє важливу роль в економіці країни, адже її продукція користується значним попитом та робить значний внесок у задоволення потреб населення та державного бюджету.

Українська фармацевтична галузь стрімко розвивається. Цьому сприяють як сприятливі умови для створення виробництв європейського рівня, так і зростаючий попит на якісну продукцію.

Станом на 1 січня 2013 року в Україні зареєстровано 13 772 лікарських засобів різних форм випуску. На вітчизняному ринку представлено близько 172 виробників фармацевтичної продукції, 85% якої виготовляють 22 підприємства.

Лідерами українського фармацевтичного ринку за обсягами випуску продукції є:

ЗАТ „Фармацевтична фірма „Дарниця””, м. Київ (15%);

ВАТ „Київмедпрепарат”, м. Київ (14,5%);

ТзОВ „Фармацевтична компанія „Здоров’я””, м. Харків (13%);

ВАТ „Фармак”, м. Київ (11%);

ЗАТ НВЦ „Борщагівський хіміко-фармацевтичний завод”, м. Київ (8%);

ЗАТ „Індар”, м. Київ (5,5%);

ДП „Біостимулятор”, м. Одеса (5%);

ВАТ „Галичфарм”, м. Львів (4%);

ВАТ „Київський вітамінний завод”, м. Київ (3,5%).

У 2013 році обсяг реалізованої фармацевтичної продукції вітчизняними підприємствами склав 5 618 120,6 тис. грн., що на 44,12% більше, ніж у 2012

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Володін С.О.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Вовк Р.В.	Назва, додаткова назва <b>Вступ</b>	<b>220791.КР.34.000 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш 1/3

45,7%. Обсяг внутрішнього ринку зріс на 32,16%.

Стрімкий розвиток галузі обумовлює постійну потребу у вдосконаленні виробничих процесів. Власники великого бізнесу змушені оновлювати

обладнання, щоб підвищити його продуктивність, покращити захист від мікробного забруднення, забезпечити стерильність, точність дозування, мінімізувати контакт персоналу з фармацевтичними препаратами, підвищити безпеку виробництва та зменшити енергоспоживання. Фармацевтична промисловість України протягом останніх років демонструє стійке зростання, стаючи одним з ключових напрямків розвитку національної економіки. Цьому сприяють як сприятливі умови для створення виробництв європейського рівня, так і зростаючий попит на якісну фармацевтичну продукцію.

Одним з важливих етапів у виробництві лікарських засобів є сушіння сировини. Сушарки використовуються для видалення вологи з різних матеріалів, таких як лікарські трави, хімічні сполуки, харчові добавки та інші.

Гребкові сушарки – це один з поширених типів сушарок, які використовуються у фармацевтичній промисловості. Ці сушарки характеризуються високою продуктивністю, простотою конструкції та надійністю.

Гребкові сушарки з продуктивністю 50 кг/год по вологому матеріалу широко застосовуються для сушіння:

Лікарських трав: Гребкові сушарки використовуються для сушіння різних лікарських трав, таких як ромашка, календула, м'ята, шипшина та інші. Сушіння трав дозволяє зберегти їхні корисні властивості та продовжити термін зберігання.

Хімічних сполук: Гребкові сушарки використовуються для сушіння різних хімічних сполук, які використовуються для виробництва лікарських засобів. Сушіння хімічних сполук дозволяє отримати чисті та однорідні продукти.

Харчових добавок: Гребкові сушарки використовуються для сушіння різних харчових добавок, таких як вітаміни, мінерали та інші. Сушіння харчових добавок дозволяє зберегти їхні корисні властивості та продовжити термін зберігання.

Переваги використання гребкових сушарок:

- Висока продуктивність: Гребкові сушарки здатні сушити великі обсяги матеріалу за короткий проміжок часу.
- Простота конструкції: Гребкові сушарки мають просту конструкцію, що робить їх легкими в обслуговуванні та ремонті.
- Надійність: Гребкові сушарки є надійними та довговічними, що робить їх економічно вигідними в експлуатації.
- Енергоефективність: Гребкові сушарки є енергоефективними, що дозволяє економити кошти на електроенергії.

Недоліки використання гребкових сушарок:

- Шум: Гребкові сушарки можуть створювати шум під час роботи.
- Висока температура: Гребкові сушарки працюють при високій температурі, що може призвести до розкладання деяких матеріалів.

Необхідність постійного контролю: Гребкові сушарки потребують постійного контролю за процесом сушіння.

В цілому, гребкові сушарки з продуктивністю 50 кг/год по вологому матеріалу є ефективним та економічно вигідним рішенням для сушіння різних матеріалів у фармацевтичній промисловості.

Важливо зазначити, що вибір типу сушарки залежить від багатьох факторів, таких як тип матеріалу, який потрібно сушити, продуктивність, енергоефективність та інші.

Одним з ключових напрямків вдосконалення фармацевтичного виробництва є модернізація сушарок. Це пов'язано з тим, що сушарки є одними з найенергоємніших та найменш досконалих апаратів, що використовуються в даній галузі. Саме тому модернізація сушарок є актуальною темою, якій присвячено даний проект.

## РОЗДІЛ 1

### УЗАГАЛЬНЕНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

#### 1.1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі

**Сушіння** - це широко поширений процес в різних галузях промисловості, який використовується для видалення вологи з різноманітних матеріалів на різних стадіях їх переробки. У харчовій та хімічній промисловості сушіння застосовується для зневоднення сирих матеріалів, напівфабрикатів та готової продукції.

#### Методи сушіння:

Існує декілька методів сушіння, які можна класифікувати за способом видалення вологи:

- **Механічні методи:** Використовують преси або центрифуги для віджимання води з матеріалу.
- **Фізико-хімічні методи:** Засновані на екстракції води розчинниками, такими як сірчана кислота, хлоридкальцій або силікагель. Ці методи зазвичай застосовуються в лабораторних умовах.
- **Термічні методи:** Найпоширеніший тип сушіння, при якому волога випаровується з поверхні матеріалу під дією тепла і дифузує в навколишнє повітря.

#### Енергоефективність сушіння:

Сушіння - це енергоємний процес, який потребує значних витрат палива. За оцінками, в Україні на сушіння витрачається близько 15% палива, при цьому енергоефективність більшості сушильних систем становить лише 30-50%. Тому підвищення енергоефективності сушіння має значний економічний та екологічний потенціал.

#### Види сушіння:

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Володін С.О.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Вовк Р.В.	Назва, додаткова назва Узагальнений огляд існуючих технічних рішень	220791.КР.34.001 ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/17	

### Види сушіння:

- **Природне сушіння:** Відбувається на відкритому повітрі, без штучного нагрівання або осушування.

Цей метод простий, але тривалий і не контрольований, тому кінцевий продукт може залишатися досить вологим.

**Штучне сушіння:** Використовує різні методи для прискорення та контролю процесу сушіння. Найпоширеніші методи штучного сушіння:

- **Конвективне сушіння:** Матеріал контактує з потоком нагрітого газу (повітря, вихлопні гази), який випаровує вологу і поглинає водяну пару.
- **Контактне сушіння:** Матеріал контактує з нагрітою поверхнею (металева стінка, барабан), через яку передається тепло.
- **Інфрачервоне сушіння:** Використовує інфрачервоне випромінювання для передачі тепла матеріалу.
- **Високочастотне сушіння:** Використовує електромагнітне поле для генерування тепла в матеріалі .
- **Сублімаційне сушіння:** Застосовується для чутливих до температури матеріалів. Заморожений матеріал сублімується, тобто волога переходить з твердого стану в газоподібний, минаючи рідку фазу.

### Класифікація сушарок:

Сушарки можна класифікувати за різними характеристиками:

- **Спосіб підведення тепла:** Конвективні, контактні.
- **Тип теплоносія:** Повітря, газ, пара.
- **Тиск в сушильній камері:** Атмосферний, вакуумний.
- **Режим роботи:** Циклічні, безперервні.
- **Напрямок руху матеріалу:** Проточні, проти течії, перехресні.
- **Конструкція:** Камерні, тунельні, колонні, шахтні, киплячого шару, розпилювальні, барабанні, контактні, інфрачервоного випромінювання, сублімаційні.

Вибір типу сушарки залежить від багатьох факторів, таких як:

- **Властивості матеріалу:** Тип, розмір, форма, вміст вологи, чутливість до температури.
- **Необхідна продуктивність:** Обсяг матеріалу, який потрібно висушити за одиницю часу.
- **Якість кінцевого продукту:** Бажаний рівень вологості, збере

tuneshare

more\_vert

## 1.2. Відмінні риси в класифікації харчових сушарок

У мікробіологічній промисловості, на відміну від харчової, не існує великої кількості продуктів, які виробляються у значних обсягах. Це обумовлено тим, що мікробіологічні продукти потребують суворо індивідуальних умов термічної обробки. Тому класифікація сушарок, які використовуються в мікробіологічній промисловості, дещо відрізняється від класифікації сушарок для харчових продуктів.

**Основними критеріями класифікації сушарок в мікробіологічній промисловості є:**

- **Тип продукту, який сушиться:**
  - **Сушіння мікробних культур:** Цей тип сушарок використовується для сушіння живих мікроорганізмів, таких як бактерії, гриби, дріжджі.
  - **Сушіння ферментів:** Цей тип сушарок використовується для сушіння ферментів, які є біологічно активними речовинами, що виробляються мікроорганізмами.
  - **Сушіння антибіотиків:** Цей тип сушарок використовується для сушіння антибіотиків, які є лікарськими препаратами, що виробляються мікроорганізмами.

- **Спосіб передачі тепла в сушильну камеру:**
  - **Конвективні сушарки:** Цей тип сушарок використовує потік нагрітого повітря для передачі тепла матеріалу, який сушиться.
  - **Контактні сушарки:** Цей тип сушарок передає тепло матеріалу, який сушиться, через контакт з нагрітою поверхнею.
  - **Вакуумні сушарки:** Цей тип сушарок використовує знижений тиск в сушильній камері для зниження температури кипіння води, що дозволяє висушувати термочутливі матеріали при більш низьких температурах.
- **Гідродинамічні умови роботи:**
  - **Сушарки з нерухомим шаром:** Цей тип сушарок використовується для сушіння матеріалів, які не рухаються під час процесу сушіння.
  - **Сушарки з псевдозрідженим шаром:** Цей тип сушарок використовує потік повітря для підведення матеріалу, який сушиться, в псевдозріджений стан, що покращує теплообмін і інтенсифікує процес сушіння.
  - **Сушарки з розпилювальним сушінням:** Цей тип сушарок використовує розпилення матеріалу, який сушиться, у вигляді дрібних крапель, що значно збільшує поверхню контакту з нагрітим повітрям і прискорює процес сушіння.

Додатково до вищезазначених критеріїв, сушарки для мікробіологічної промисловості також можуть класифікуватися за іншими характеристиками, такими як:

- Конструкція: Камерні, тунельні, барабанні, розпилювальні.
- Тип теплоносія: Повітря, інертний газ.
- Спосіб завантаження та вивантаження матеріалу: Ручний, автоматичний.
- Система автоматичного керування: Ручне, автоматичне.

### 1.3. Опис установок для сушки сипких матеріалів

Установка рис.1.1. для сушки сипких матеріалів складається з наступних основних елементів:

- **Нерухомий корпус (1):** Цей корпус є основою всієї установки і забезпечує жорсткість конструкції.
- **Патрубок для завантаження (2):** Через цей патрубок сипучий матеріал завантажується в установку.
- **Шлюзовий затвор (3):** Цей затвор регулює подачу матеріалу в установку і запобігає витoku теплоносія.
- **Патрубок для вивантаження матеріалу (4):** Через цей патрубок висушений матеріал виводиться з установки.
- **Обертвий ротор (5):** Цей ротор забезпечує подачу теплоносія в установку і його циркуляцію всередині неї.

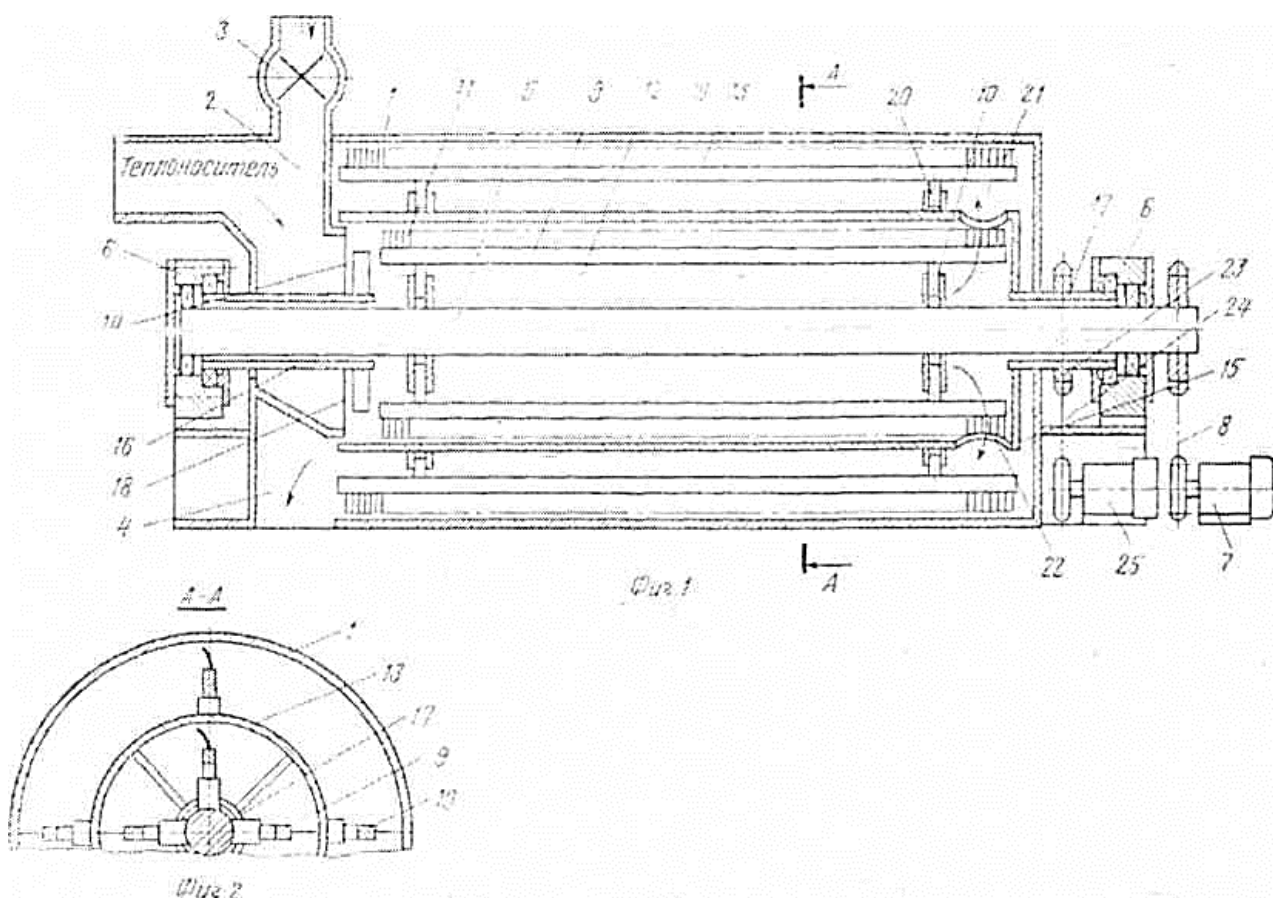


Рис. 1.1 Установка для сушки сипких матеріалів: 1 – нерухомий корпус; 2 – патрубок для завантаження; 3 – шлюзовий затвор; 4 – патрубок для

вивантаження матеріалу; 5 - ротор, що обертається; 6 - підшипники; 7 - привід; 8 – ланцюгова передача; 9 – подовжні лопаті; 10 - стійки; 11 - гребінки; 12 - барабан; 13 - циліндр; 14, 15 – грані торців; 16, 17 - ступиці; 18 - завантажувальні вікна; 19 - лопаті; 20 - стійки; 21 - гребінки; 22 – переточні вікна; 23 - зірочка; 24 – ланцюгова передача; 25 - привід.

- **Підшипники (6):** Ці підшипники забезпечують обертання ротора з мінімальним опором.
- **Привід (7):** Цей привід забезпечує обертання ротора.
- **Ланцюгова передача (8):** Ця передача використовується для передачі обертового моменту від приводу до ротора.
- **Поздовжні лопаті (9):** Ці лопаті розташовані на внутрішній поверхні ротора і сприяють перемішуванню матеріалу.
- **Стойки (10):** Ці стійки підтримують ротор в корпусі.
- **Гребінки (11):** Ці гребінки розташовані на поздовжніх лопатях ротора і сприяють кращому перемішуванню матеріалу.
- **Барабан (12):** Цей барабан обертається в протилежному напрямку до ротора і сприяє додатковому перемішуванню матеріалу.
- **Циліндр (13):** Цей циліндр є основною камерою сушіння, де відбувається безпосередній контакт матеріалу з теплоносієм.
- **Грані торців (14, 15):** Ці грані торців барабана мають отвори для проходження матеріалу .
- **Ступиці (16, 17):** Ці ступиці фіксують барабан на осі обертання.
- **Завантажувальні вікна (18):** Ці вікна розташовані на корпусі установки і служать для завантаження матеріалу.
- **Лопаті (19):** Ці лопаті розташовані на внутрішній поверхні барабана і сприяють перемішуванню матеріалу.
- **Стойки (20):** Ці стійки підтримують барабан в корпусі.
- **Гребінки (21):** Ці гребінки розташовані на лопатях барабана і сприяють кращому перемішуванню матеріалу.

- **Переточні вікна (22):** Ці вікна розташовані на корпусі установки і служать для проходу матеріалу з циліндра в простір між циліндром і корпусом.
- **Зірочка (23):** Ця зірочка використовується для передачі обертового моменту від приводу до барабана.
- **Ланцюгова передача (24):** Ця передача використовується для передачі обертового моменту від приводу до барабана.
- **Привід (25):** Цей привід забезпечує обертання барабана.

**Принцип роботи:**

1. Включаються приводи (7) і (25) для обертання ротора (5) і барабана (12) відповідно.
2. Подається теплоносій і відкривається шлюзовий затвор (3) для подачі матеріалу в установку.
3. Теплоносій захоплює матеріал і через завантажувальний патрубков (2) і вікно (18) подає його всередину барабана (12).
4. Поздовжні лопаті (9), обертаючись, підхоплюють матеріал, рівномірно розподіляють його по внутрішній стінці циліндра (13) і спільно з потоком теплоносія забезпечують [18-19].

**Установка рис.1.2. для сушки сипких матеріалів:**

220791.КР.34.001 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 7
---------------------	------------	--------------	------------	------------

Установка для сушки сипких матеріалів складається з наступних основних елементів:

- **Завантажувальний бункер (1):** Цей бункер слугує для зберігання та

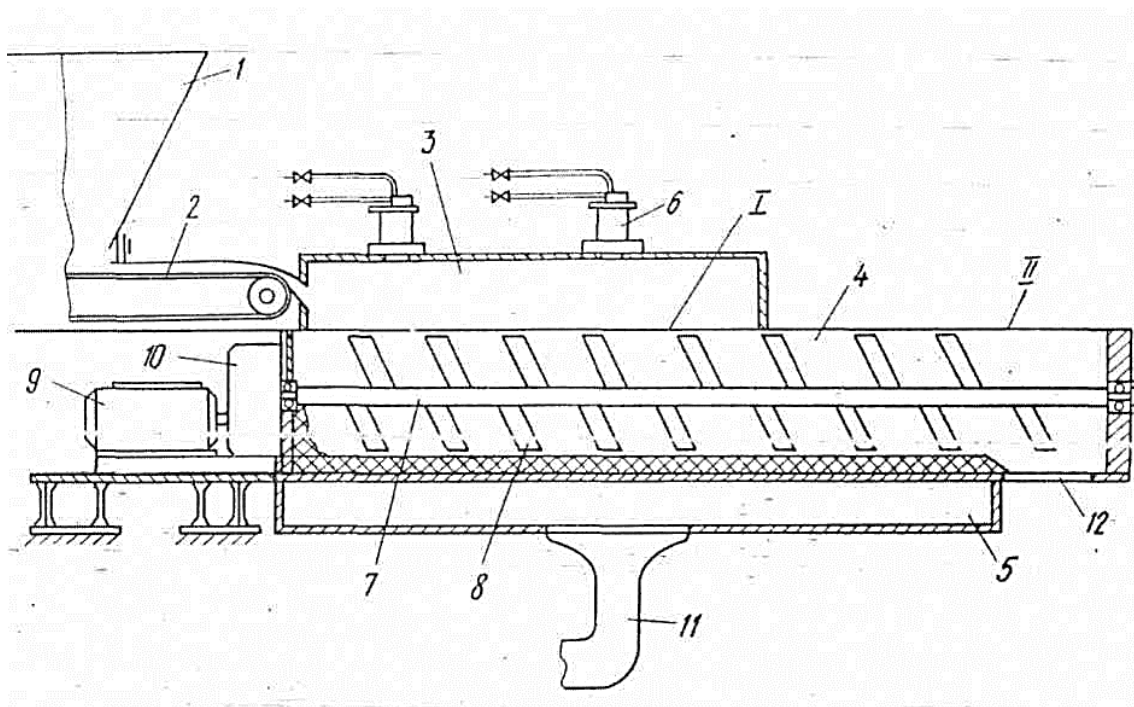


Рис. 1.2. Установка для сушки сипких матеріалів

подачі сипучого матеріалу в установку.

- **Транспортер (2):** Цей транспортер використовується для переміщення сипучого матеріалу з бункера (1) в камеру сушіння.
- **Верхня камера (3):** Ця камера слугує для початкового нагрівання та сушіння сипучого матеріалу.
- **Середня камера (4):** Ця камера слугує для основного сушіння сипучого матеріалу.
- **Нижня камера (5):** Ця камера слугує для охолодження висушеного сипучого матеріалу.
- **Нагрівальний пристрій (6):** Цей пристрій використовується для підведення тепла до сипучого матеріалу.
- **Транспортуючі ротори (7):** Ці ротори слугують для переміщення сипучого матеріалу в камері сушіння.

- **Розпушувачі (8):** Ці пристрої використовуються для розпушування сипучого матеріалу, що покращує його контакт з теплоносієм.
- **Електродвигун (9):** Цей двигун забезпечує обертання транспортуючих роторів (7).
- **Редуктор (10):** Цей редуктор використовується для зменшення швидкості обертання електродвигуна (9) до необхідної швидкості транспортуючих роторів (7).
- **Система відсмоктування (11):** Ця система використовується для видалення з камери сушіння продуктів згоряння та відпрацьованого повітря.
- **Випускний отвір (12):** Цей отвір слугує для виведення з установки висушеного сипучого матеріалу.

#### **Принцип роботи:**

1. Сирий сипучий матеріал з бункера (1) транспортером (2) подається в середню частину (4) камери сушіння.
2. Під час завантаження матеріалу включаються нагрівальні пристрої (6) і створюється розрідження в нижній частині (5) камери.
3. Одночасно включаються транспортуючі ротори (7) та розпушувачі (8), які розпушують сипучий матеріал і переміщують його послідовно через зони (1) і (2) нагріву та охолодження у напрямку випускного отвору (12).
4. У зоні (1) нагріву відбувається примусове "простягання" через сипучий матеріал гарячих продуктів згоряння від нагрівальних пристроїв (6), а в зоні (2) охолодження - примусове "простягання" через матеріал навколишнього повітря.
5. Висушений сипучий матеріал виводиться з установки через випускний отвір (12).

#### **Недоліки:**

- Низька продуктивність.
- Низька економічність.

#### **Вдосконалення:**

220791.КР.34.001 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 9
---------------------	------------	--------------	------------	------------

- Верхня частина камери виконана у вигляді парасольки, що обмежує зону нагріву.
- Верхня частина камери може переміщатися вертикально над середньою частиною, що збільшує довжину зони нагріву.
- Зона охолодження відкрита зверху.
- Розпушувачі та транспортуючі ротори середньої частини камери виконані у вигляді похилих лопаток.
- Перегородка між середньою та нижньою частинами камери перфорована та забезпечена ущільнювальними та фільтруючими елементами.
- Нижня частина камери забезпечена пиловидвідним пристроєм.

## Сушарка рис.1.3. для сипких матеріалів

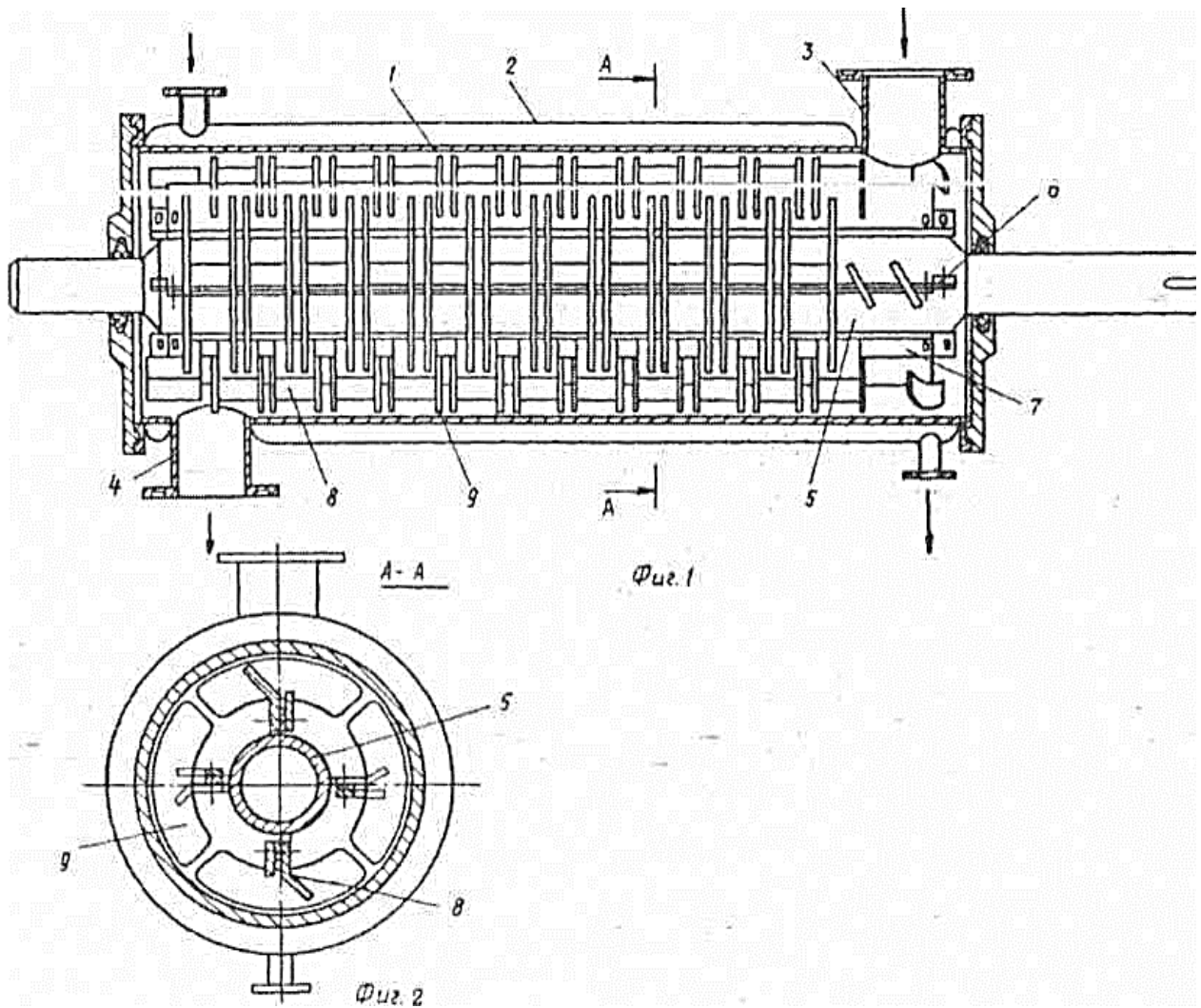
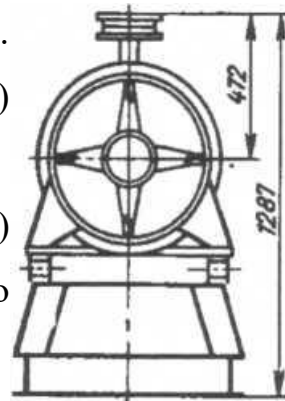


Рис. 1.3. Сушарка для сипких матеріалів: 1 – нерухомий барабан; 2 - сорочка 3 – завантажувальний патрубок; 4 – розвантажувальний патрубок; 5 - ротор; 6 - сухарі; 7 - ребра; 8 - лопатки; 9 – секціонуючі елементи.

Сушарка для сипких матеріалів складається з наступних основних елементів:

- **Нерухомий барабан (1):** Цей барабан є основною камерою сушіння, де відбувається безпосередній контакт матеріалу з теплоносієм.
- **Сорочка (2):** Ця сорочка використовується для підведення тепла до барабана.
- **Завантажувальний патрубок (3):** Цей патрубок слугує для подачі сипучого матеріалу в сушарку.
- **Розвантажувальний патрубок (4):** Цей патрубок слугує для виведення висушеного матеріалу з сушарки.

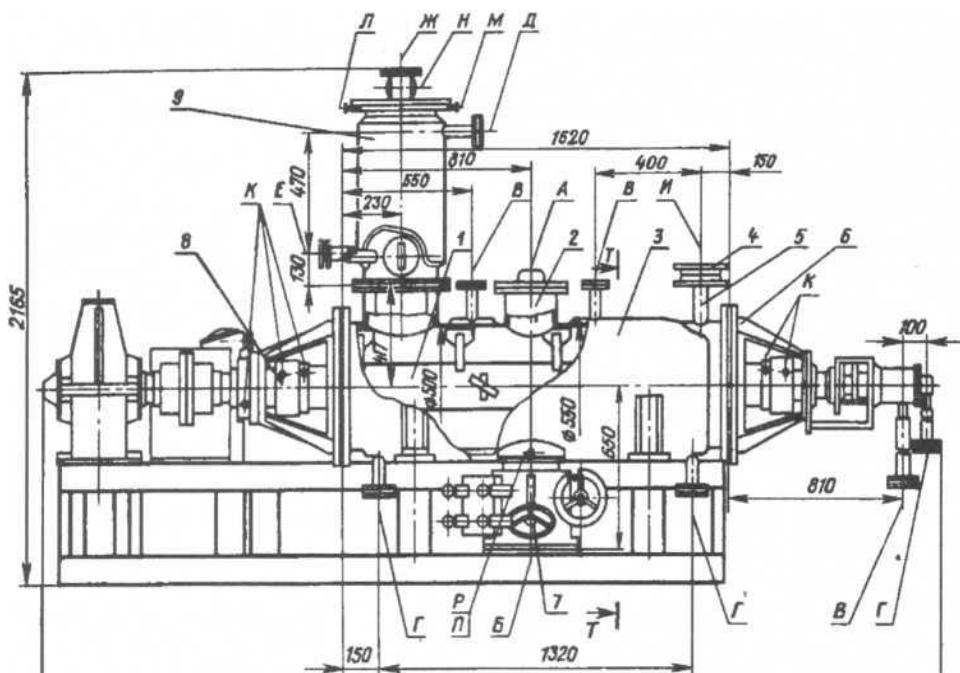
- **Ротор (5):** Цей ротор слугує для перемішування матеріалу в камері сушіння.
- **Сухарі (6):** Ці сухарі використовуються для герметизації зазору між ротором (5) і барабаном (1).
- **Ребра (7):** Ці ребра жорстко з'єднані з ротором (5) і сприяють кращому перемішуванню матеріалу.
- **Лопатки (8):** Ці лопатки розташовані на роторі (5) і сприяють перемішуванню та переміщенню матеріалу в камері сушіння.
- **Секціонуючі елементи (9):** Ці елементи розділяють камеру сушіння на секції, що дозволяє регулювати потік матеріалу.



### Принцип роботи:

1. Висушуваний матеріал через завантажувальний патрубок (3) подається в кільцевий зазор між стінкою барабана (1) і ротором (5).
2. Лопатки (8) підхоплюють матеріал і під дією відцентрової сили притискають його до стін

Сушарка рис.1.4. РВ – періодичної дії.



Призначена для сушіння під вакуумом вибухо і пожежонебезпечних і токсичних продуктах у експериментальних обробках.

### Сушарка РВ1,2-1,6ВК-11

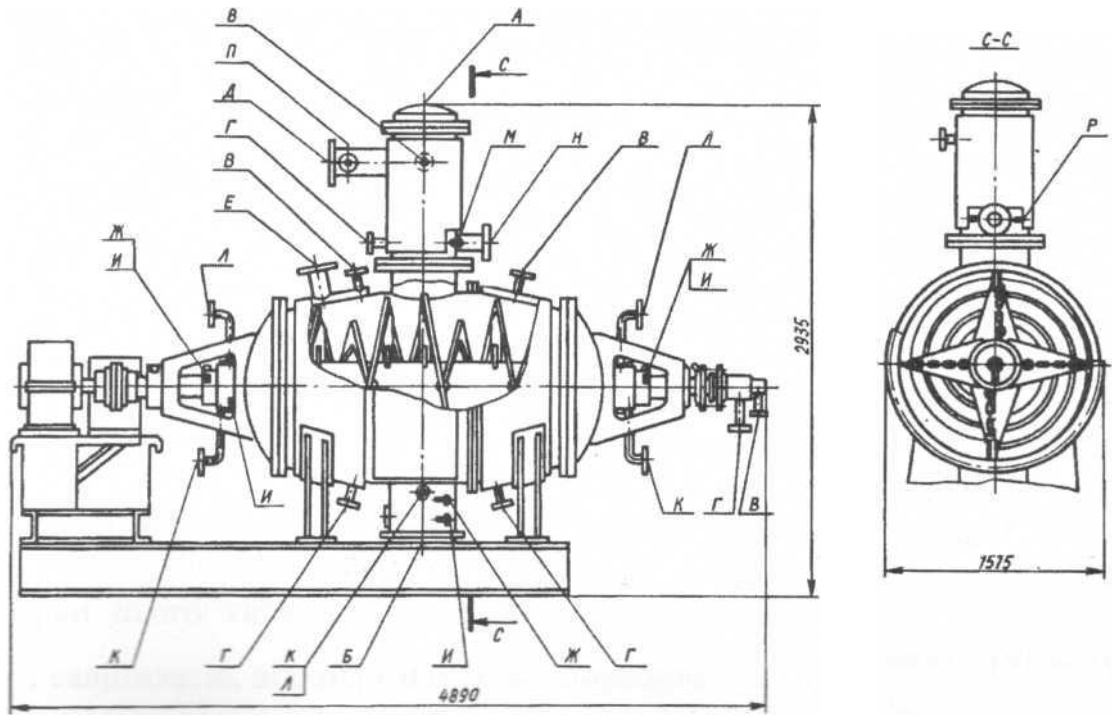


Рис. 1.5. Сушарка РВ1,2-1,6ВК-11

Сушарка РВ1,2-1,6ВК-11 призначена для видалення води та органічних розчинників з сипучих, вибухо- та пожежонебезпечних продуктів хімічної, мікробіологічної, фармацевтичної та інших галузей промисловості.

#### **Область застосування:**

Ця сушарка може використовуватися лише для продуктів, які в процесі сушіння:

- Набувають пухких властивостей;
- Не утворюють щільної кірки на поверхні тіла;
- Не забивають ротор.

#### **Конструктивні особливості:**

Конструкція сушарки РВ1,2-1,6ВК-11 забезпечує:

- Інтенсивне перемішування матеріалу;

- Практично повне видалення продукту під час вивантаження.

### Матеріали:

Деталі та вузли сушарки, що контактують з продуктом, виготовлені з нержавіючої сталі 12Х18Н10Т. Решта елементів виготовлені з чавуну СЧ 18 та вуглецевих сталей.

### Модифікації:

За погодженням з замовником сушарка може бути поставлена:

- З деталями зі сталі 08Х22Н6Т;
- З іншою модифікацією ротора.

### Переваги:

- Ефективне видалення води та органічних розчинників;
- Можливість сушіння вибухо- та пожежонебезпечних продуктів;
- Інтенсивне перемішування матеріалу;
- Практично повне видалення продукту під час вивантаження;
- Широкий спектр застосувань;
- Можливість виготовлення з різних матеріалів;

### Вакуумна циліндрична сушарка з реверсивною мішалкою

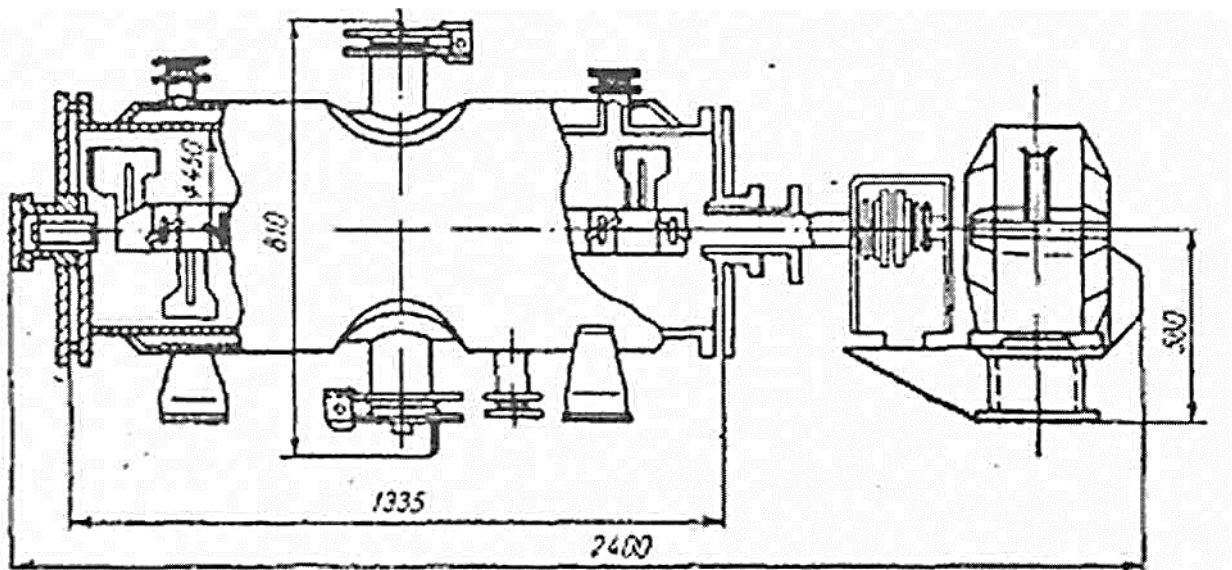


Рис 1.6. Вакуумна циліндрична сушарка з реверсивною мішалкою

низькотемпературного вакуумного сушіння:

- Саліцилової кислоти та саліцилатів;
- Відпрацьованої макухи з фармацевтичного виробництва;
- Інших хімічних речовин та фармацевтичних напівпродуктів.

#### **Переваги:**

- **Низькотемпературне сушіння:** Це дозволяє зберегти чутливі до температури речовини та запобігти їх розкладу.
- **Вакуумне сушіння:** Це знижує тиск водяної пари над продуктом, що дозволяє сушити його при більш низьких температурах і покращує якість кінцевого продукту.
- **Реверсивна мішалка:** Це забезпечує однорідне перемішування продукту, що покращує процес сушіння та запобігає утворенню грудок.

#### **Принцип роботи:**

1. Продукт завантажується в камеру сушарки.
2. Камера сушарки герметизується і в ній створюється вакуум.
3. Теплоносій подається в сорочку сушарки, нагріваючи її корпус.
4. Продукт перемішується реверсивною мішалкою, що забезпечує контакт з нагрітою поверхнею корпусу та інтенсифікує процес сушіння.
5. Волога з продукту випаровується та відкачується з камери сушарки вакуумним насосом.
6. Сушіння триває до досягнення заданого рівня вологості продукту.
7. Після сушіння продукт вивантажується з камери сушарки.

#### **Конструктивні особливості:**

- **Циліндрична камера:** Це забезпечує оптимальне співвідношення об'єму та площі поверхні, що покращує ефективність сушіння.
- **Реверсивна мішалка:** Ця мішалка складається з лопатей, які обертаються в обох напрямках, що забезпечує однорідне перемішування продукту.
- **Сорочка для теплоносія:** Ця сорочка використовується для подачі теплоносія (пари, води або теплоносія з органічним теплоносієм) для

нагрівання корпусу сушарки.

- **Вакуумна система:** Ця система складається з вакуумного насоса та трубопроводів, які використовуються для створення та підтримки вакууму в камері сушарки.

#### **Технічні характеристики:**

- **Робочий тиск:** До 40 мм рт. ст. (534 н/м)
- **Температура сушіння:** Залежно від властивостей продукту та вимог до кінцевого продукту
- **Продуктивність:** Залежно від розміру сушарки та властивостей продукту

#### **Застосування:**

Вакуумні циліндричні сушарки з реверсивною мішалкою широко використовуються в:

- **Фармацевтичній промисловості:** Для сушіння лікарських речовин, антибіотиків, вітамінів та інших фармацевтичних продуктів.
- **Хімічній промисловості:** Для сушіння хімічних продуктів, таких як барвники, пігменти, каталізатори та інші.
- **Харчовій промисловості:** Для сушіння харчових продуктів, таких як фрукти, овочі, м'ясо та риба.

### **1.4. Висновок до розділу та постановка задач:**

#### **Переваги існуючих конструкцій сушарок:**

- Широкий спектр застосування: Сушарки використовуються в різних галузях промисловості для сушіння сипких матеріалів.
- Ефективність: Сучасні сушарки забезпечують швидке та якісне сушіння матеріалів.
- Різноманітність конструкцій: Існує багато типів сушарок, які можна підібрати для конкретних потреб.
- Автоматизація: Багато сушарок оснащені системами автоматичного керування, що робить їх зручними у використанні.

- **Висока енергоємність:** Сушіння є енергоємним процесом, що може призвести до значних витрат.
- **Висока вартість:** Сушарки можуть бути дорогими, особливо моделі з високою продуктивністю.
- **Ризик вибуху:** Деякі сушарки, що використовуються для сушіння вибухонебезпечних матеріалів, потребують дотримання жорстких заходів безпеки.
- **Недостатня однорідність сушіння:** У деяких конструкціях сушарок може спостерігатися нерівномірне сушіння матеріалу.

#### Шляхи удосконалення сушарок:

- **Зниження енергоємності:** Можна використовувати більш енергоефективні технології, такі як регенерація тепла або вакуумне сушіння.
- **Зниження вартості:** Можна використовувати більш дешеві матеріали та спростити конструкцію сушарок.
- **Підвищення безпеки:** Можна розробити сушарки з кращою системою захисту від вибуху.
- **Покращення однорідності сушіння:** Можна оптимізувати конструкцію сушарки та використовувати більш ефективні системи перемішування.

#### Додаткові теми для дослідження:

- Використання альтернативних джерел енергії для сушіння.
- Розробка сушарок для сушіння термочутливих матеріалів.
- Створення сушарок з автоматизованими системами керування та моніторингу.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ, СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Сушіння є одним із фундаментальних технологічних процесів, що широко застосовуються в хімічній, фармацевтичній та харчовій промисловості. Важко уявити виробництво в цих галузях без етапу видалення вологи з сировини, напівфабрикатів або готової продукції. Сушіння не лише впливає на кінцеві властивості продукту, але й суттєво впливає на економічну доцільність та екологічність виробництва.

### Роль сушіння в різних галузях

**Хімічна промисловість:** Сушіння використовується для отримання кристалічних та порошкоподібних хімічних речовин, каталізаторів, пігментів, добрив та інших продуктів.

**Фармацевтична промисловість:** Сушіння є ключовим етапом у виробництві лікарських препаратів, таких як таблетки, капсули, ін'єкційні розчини та інші. Воно забезпечує збереження активних компонентів, полегшує дозування та зберігання ліків.

**Харчова промисловість:** Сушіння використовується для дегідратації фруктів, овочів, м'яса, риби, зернових та інших продуктів харчування. Це подовжує термін зберігання, покращує смакові якості та транспортні властивості.

### Переваги сушіння

**Зниження вологості:** Сушіння видаляє зайву вологу, що робить продукт більш стійким до псування, цвілі та бактеріального обсеменення.

**Покращення сипучості:** Сухі матеріали краще сипучі, що полегшує їх транспортування, зберігання та дозування.

**Зниження ваги:** Видалення вологи призводить до значного зменшення

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Володін С.О.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Вовк Р.В.	Назва, додаткова назва ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ, СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	<b>220791.КР.34.002 ПЗ</b>				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш 1/3	

ваги продукту, що економить кошти на транспортуванні та зберіганні.

Збільшення концентрації: Сушіння концентрує корисні речовини в продукті, роблячи його більш ефективним.

### **Методи сушіння**

Існує багато методів сушіння, які можна класифікувати за різними критеріями, такими як:

Спосіб підведення тепла: конвективне, контактне, інфрачервоне, мікрохвильове.

- Тиск: атмосферне, вакуумне.
- Стан продукту: рідкий, твердий, пастоподібний.
- Вибір методу сушіння залежить від:

Властивостей продукту, що сушиться.

- Необхідного рівня вологості.
- Продуктивності.
- Енергоємності.
- Економічної доцільності.

Сучасні виклики

- Незважаючи на значні переваги, сушіння може мати й певні недоліки:
- Висока енергоємність: Багато методів сушіння потребують значних витрат енергії, що робить їх дорогими та екологічно небезпечними.
- Термічне руйнування: Деякі чутливі до температури продукти можуть втрачати свої властивості або руйнуватися під час сушіння.
- Неоднорідність: Не всі методи сушіння гарантують однорідну вологість продукту по всій його масі.

### **Шляхи модернізації**

- Вдосконалення технологій сушіння спрямоване на подолання цих

- викликів. Ось деякі з перспективних напрямків:
  - Розробка енергоефективних методів сушіння: Використання альтернативних джерел енергії, рекуперація тепла, оптимізація режимів сушіння.
  - Застосування вакуумного сушіння: Цей метод дозволяє сушити чутливі до температури продукти при більш низьких температурах.
  - Використання мікрохвильового та інфрачервоного сушіння: Ці методи забезпечують швидке та однорідне сушіння.

### 3.ХАРАКТЕРИСТИКА ВХІДНОГО МАТЕРІАЛУ І ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ. ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ. БЕДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ

#### 3.1. Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції.

##### 3.1.1. Вхідний матеріал та готова продукція

Вхідний матеріал: Синупрет: лікарський препарат, що випускається у трьох формах: таблетки, краплі та сироп. Таблетки: містять 80 мг активних речовин.

Склад:

Корінь горечавки (Radix Gentianae)

Квітки первоцвіту з чашечкою (Flores Primulae cum Calycibus)

Трава щавлю (Herba Rumicis)

Квітки бузини (Flores Sambuci)

Трава вербени (Herba Verbenaе)

##### 3.1.2. Готова продукція:

Сухий порошок:

Зберігає всі активні речовини та терапевтичні властивості вихідного матеріалу.

Має однорідну структуру та оптимальний розмір частинок для подальшого використання. Володіє покращеними сипучими властивостями, що полегшує фасування та дозування. Збільшений термін зберігання.

#### 3.2. Опис запропонованого технічного рішення

Сушилка з псевдозрідженим шаром:

Принцип роботи:

Матеріал, що сушиться, подається в камеру сушарки, де він знаходиться в псевдозрідженому стані завдяки потоку гарячого повітря.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Володін С.О.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Вовк Р.В.	Назва, додаткова назва ХАРАКТЕРИСТИКА ВХІДНОГО МАТЕРІАЛУ І ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ. ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ. БЕДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ	<b>220791.КР.34.003 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш <b>1/3</b>

Інтенсивне перемішування частинок матеріалу забезпечує швидке та рівномірне сушіння.

Низька температура сушіння зводить до мінімуму ризик термічного руйнування активних речовин.

Переваги:

Енергоефективність: низьке споживання енергії за рахунок ефективного теплообміну.

Швидкість сушіння: висока продуктивність та короткий час сушіння.

Однорідність: рівномірна вологість продукту по всій його масі.

Делікатне сушіння: збереження активних речовин та терапевтичних властивостей.

Безпека: низький ризик вибуху та займання.

### **3.3. Будова та принцип роботи обладнання**

Основні компоненти:

- Камера сушарки: циліндрична ємність, де відбувається сушіння матеріалу.
- Система подачі повітря: забезпечує подачу гарячого повітря в камеру сушарки.
- Система розподілу повітря: розподіляє повітряний потік по всій камері сушарки.
- Система фільтрації: очищає повітря від пилу та інших забруднень.
- Система вивантаження: видаляє сухий продукт з камери сушарки.

Принцип роботи:

Матеріал, що сушиться, подається в камеру сушарки через систему завантаження.

Гаряче повітря подається в камеру сушарки через систему подачі повітря.

Система розподілу повітря розподіляє повітряний потік по всій камері сушарки, піднімаючи частинки матеріалу в псевдозріджений стан.

Інтенсивне перемішування частинок матеріалу забезпечує швидке та рівномірне випаровування вологи. Відпрацьоване повітря, що містить водяну

пару, очищається в системі фільтрації. Сухий продукт вивантажується з камери сушарки через систему вивантаження.

Висновок: Сушилка з псевдозрідженим шаром є ефективним та економічним рішенням для сушіння фармацевтичних продуктів. Її висока продуктивність, однорідність сушіння та делікатне оброблення матеріалу роблять її ідеальною для сушіння чутливих до температури продуктів, таких як Синупрет.

## РОЗДІЛ 4. ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

Для виготовлення таблетки цього препарату потрібна суміш з декількох видів рослин. Тому, щоб розповсюдження лікувальних елементів було найбільш

рівномірним, трави необхідно мілко подрібнити та зробити з них настоянку на спирту. В подальшому для виготовлення таблеток необхідний сухий напівпродукт, тому настоянку траву необхідно висушити. Для цього процесу необхідно

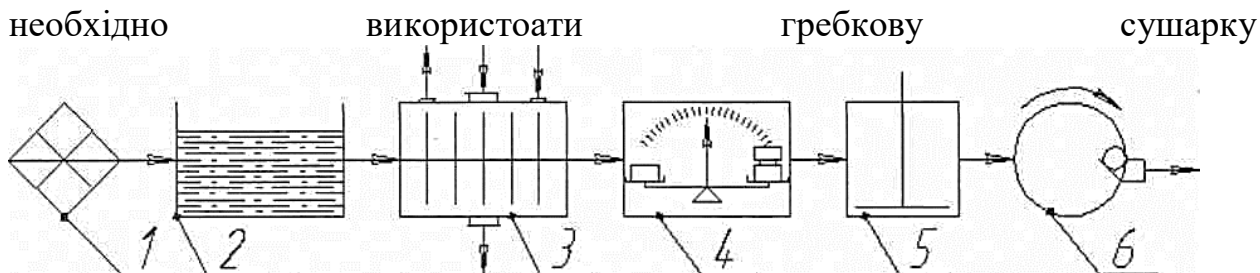


Рис. 4.1 Апаратурно-технологічна схема: 1 - подрібнювач; 2 - ємність для настоювання; 3 - сушарка; 4 - ваги; 5 - мішалка; 6 - роторний таблетпрес.

Сушарка гребкова типу РВ-0,8 16 ВК використовується в процесі отримання сировини для подальшого використання у таблетках „Синупрет”. Процес отримання сировини полягає в наступному.

Сушарка з гребками – це апарат періодичної дії, що використовується для сушіння різних матеріалів, зокрема лікарських рослин, харчових продуктів та хімічних речовин. Її конструкція складається з горизонтального циліндричного барабана з сорочкою та валу з лопатками, що виконує роль перемішуючого пристрою.

### Принцип роботи:

1. Вологий продукт вручну завантажується в барабан через патрубок.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Володін С.О.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Вовк Р.В.	Назва, додаткова назва <b>ОПИС АПАРАТУРНО- ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ</b>	<b>220791.КР.34.004 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш 1/6

2. Умикається електродвигун, який через редуктор передає обертальний рух на вал з лопатками.
3. Завдяки реверсивному обертанню валу та лопаток продукт рівномірно розподіляється на дні барабана.
4. Через патрубок подається пара, яка обігріває продукт та виводить з нього вологу.
5. Висушений продукт під дією сил тяжіння вивантажується з барабана через патрубок.

#### **Переваги сушарки:**

- Проста конструкція.
- Низька вартість.
- Можливість сушіння різних продуктів.
- Рівномірне сушіння.

#### **Недоліки сушарки:**

- Низька продуктивність.
- Ручне завантаження та вивантаження продукту.
- Високі витрати енергії.

#### **Модернізація сушарки:**

Для покращення характеристик сушарки та розширення сфери її застосування пропонуються такі модернізації:

- **Безперервна подача продукту:** Застосування дозуючого живильника виключає необхідність ручного завантаження та економить час.
- **Встановлення валків:** Чотири валки, розташовані між лопатками по всій довжині барабана, очищають лопатки від налиплого продукту, покращують його перемішування та подрібнення, прискорюють процес сушіння та скорочують його тривалість.
- **Використання теплоносія з більш низькою температурою:** Це зменшує ризик термічного руйнування активних речовин у продукті та знижує витрати енергії.

### Застосування модернізованої сушарки:

Модернізована сушарка з гребками може використовуватися для сушіння:

- Лікарських рослин для виготовлення таблеток.
- Харчових продуктів.
- Хімічних речовин.

### Переваги модернізованої сушарки:

- Висока продуктивність.
- Економія енергії.
- Автоматичний режим роботи.
- Зниження собівартості процесу.
- Збереження якості продукту.

Модернізація сушарки з гребками дозволяє значно покращити її характеристики, зробити її більш економною, ефективною та екологічною, а також розширити сферу її застосування.

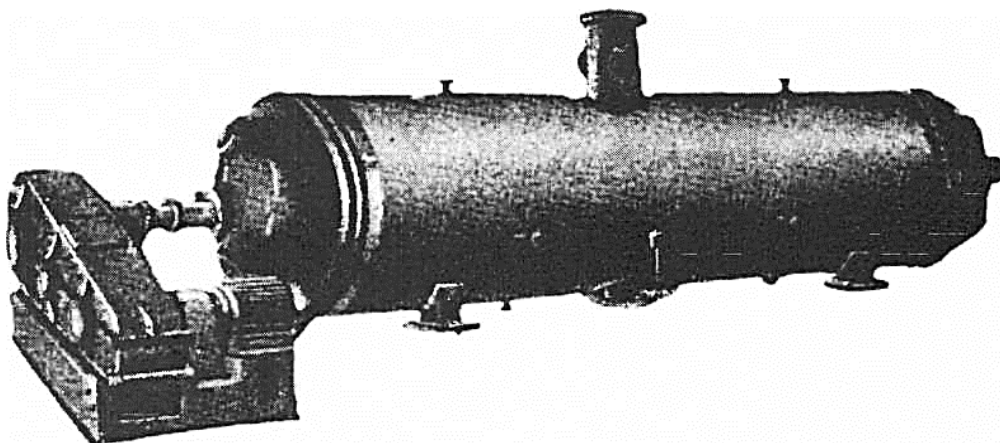


Рис. 4.2. Гребкова сушарка: загальний вигляд

Принципова схема сушарки зображена на рис. 3.2.

Через патрубок 6 в сушарку вручну завантажується вологий продукт.

При вмиканні електродвигуна 4, через редуктор 5 надається обертальний рух на вал 2. За рахунок реверсивного обертального руху який передається на вал 2 та лопатки 3 продукт рівномірним шаром розподіляється на нижній

частині циліндричного корпусу 1. Далі, не вимикаючи електродвигун, через патрубок 8 всередину сушарки подається пара.

Під час нагрівання продукту з нього видаляється волога, яка підхоплюється потоком пари та виводиться через патрубок 7. Висушений продукт вивантажується під дією сил тяжіння через патрубок 9.

Повне вивантаження продукту зі всієї поверхні апарату відбувається за рахунок реверсивного обертального руху вала 2 і розміщених на ньому лопаток 3, які переміщують продукт до вивантажувального патрубку 9.

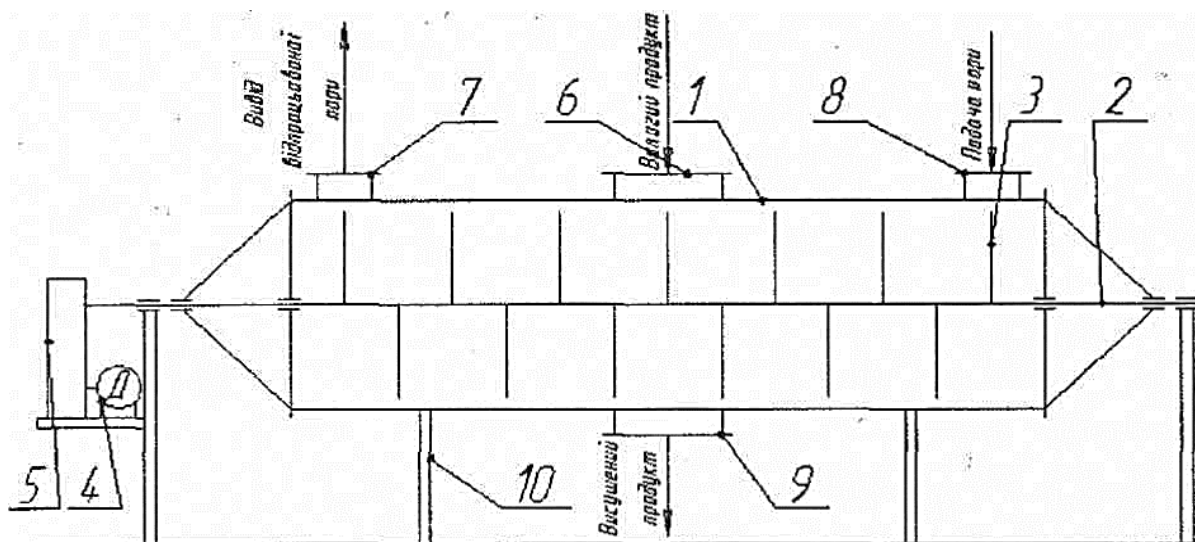


Рис.4.3. Принципова схема гребкової сушарки:

1 - корпус; 2 - вал; 3 - лопатки; 4 - електродвигун (реверсивний); 5 - редуктор; 6 - патрубок завантаження вологого продукту; 7 - патрубок відведення відпрацьованої пари; 8 - патрубок подачі пари; 9 - патрубок вивантаження висушеного продукту; 10 – опори.

#### Модернізована сушарка з гребками має ряд суттєвих переваг:

- **Висока продуктивність:** Завдяки безперервному подаванню продукту та використанню валків для його перемішування та подрібнення, модернізована сушарка може значно збільшити обсяг сушеного матеріалу за одиницю часу.
- **Економія енергії:** Використання теплоносія з більш низькою температурою та автоматичний режим роботи сушарки дозволяють значно знизити витрати енергії.

- **Зниження собівартості процесу:** Завдяки економії енергії, автоматизації та збільшенню продуктивності модернізована сушарка робить процес сушіння більш економічним.
- **Збереження якості продукту:** Більш щадний режим сушіння з використанням теплоносія з низькою температурою дозволяє зберегти всі активні речовини та терапевтичні властивості лікарських рослин.
- **Екологічність:** Завдяки зниженню витрат енергії та автоматизації процесу сушіння модернізована сушарка робить виробництво більш екологічним.

**Впровадження модернізованої сушарки з гребками на фармацевтичних підприємствах може призвести до:**

- Збільшення обсягів виробництва.
- Зниження собівартості продукції.
- Покращення якості лікарських препаратів.
- Зменшення впливу на довкілля.

Це робить модернізацію сушарки з гребками актуальним та перспективним напрямком розвитку фармацевтичної промисловості.

**Варто зазначити, що модернізація сушарки з гребками є лише одним із прикладів вдосконалення технологій сушіння.** На фармацевтичному ринку представлені й інші сучасні сушильні установки, такі як вакуумні сушарки, мікрохвильові сушарки та інфрачервоні сушарки. Вибір оптимального методу сушіння залежить від конкретних властивостей продукту, необхідного рівня вологості та інших факторів.

**В цілому, сучасні технології сушіння відкривають нові можливості для фармацевтичної промисловості.** Їх впровадження може призвести до покращення якості лікарських препаратів, зниження їх собівартості та зменшення впливу на довкілля.

**Окрім вищезазначеного, важливо також підкреслити наступні аспекти:**

- Впровадження модернізованої сушарки з гребками може призвести до створення нових робочих місць та стимулювання розвитку

фармацевтичної галузі.

- Модернізація сушарки може стати прикладом для інших фармацевтичних підприємств, які прагнуть до вдосконалення своїх технологій та підвищення конкурентоспроможності.
- Впровадження нових технологій сушіння може сприяти розвитку науково-дослідницької діяльності в фармацевтичній галузі.

Таким чином, модернізація сушарки з гребками має не лише технологічне, але й соціальне та економічне значення. Її впровадження може стати важливим кроком на шляху до розвитку сучасної та екологічно відповідальної фармацевтичної промисловості.

## РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Розрахунок модернізованої гребкової сушарки для висушування суміші трав при виготовленні лікарського засобу „Синупрет” за наступними даними:

Задана продуктивність сушарки у вологому матеріалі становить  $G=50$  кг/год., теплоносій - насичена водяна пара при температурі  $t=60^{\circ}\text{C}$ , початкова вологість продукту  $W_1=35\%$ , вологість продукту після сушіння  $W_2=5\%$ , початкова температура продукту  $t_{\text{п}}=20^{\circ}\text{C}$ , максимально допустима температура продукту  $t_{\text{макс}}=65^{\circ}\text{C}$ , теплоємність сухої речовини продукту  $c_{\text{г}}=2,86$  Дж / (кг \* К).

### 5.1. Технологічні розрахунки

Оскільки температура продукту не має перевищувати  $65^{\circ}\text{C}$  то приймаємо: залишковий тиск в просторі під час випаровування сушарки  $\rho_0=0,0435$  кг/см<sup>2</sup> (4,27 кН/м<sup>2</sup>); при цьому температура насичення  $t_{\text{нас}}=40^{\circ}\text{C}$ ; прихована теплота пароутворення  $\gamma=580,35$  ккал/кг (2440 кДж/кг); ентальпія пари  $I=610,4$  ккал/кг (2564 кДж/кг).

Для того, щоб уникнути руйнування структури продукту при дотиканні його з поверхнею нагріву приймаємо температуру пари в сорочці сушарки  $t_{\text{нас}}=50^{\circ}\text{C}$ ;  $\rho=0,0753$  кг/см<sup>2</sup> (7,4 кН/м<sup>2</sup>);  $\gamma=574,8$  ккал/кг (2400 кДж/кг);  $I_{\text{п}}=614,6$  ккал/кг;  $I=40$  ккал/кг, або  $l=40*4,186=167,44$  кДж/кг.

Маса вихідного продукту, що необхідно висушити в сушці:

$$G_1 = G_2 \frac{100 - \omega_2}{100 - \omega_1} = 50 \frac{100 - 5}{100 - 35} = 87,7 \text{ кг / год}$$

Час активної роботи сушарки становить дві зміни по 8 год.

Кількість водо-спиртової суміші, що необхідно випарувати на протязі 1 год.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Володін С.О.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Вовк Р.В.	Назва, додаткова назва <b>РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА</b>	<b>220791.КР.34.005 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш 1/25

Із продукту:

$$\omega_2 = G_2 \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_2} = 87,7 \frac{35 - 5}{100 - 5} = 49,7 \text{ кг / год}$$

Витрата тепла на годину при висушуванні продукту в сушарці:

$$Q = Q_{\text{ж}} + Q_M + Q_5 \text{ ккал/год(кдж/год)}$$

Тепло що витрачається на випаровування рідини із продукту:

$$Q_{\text{ж}} = W_{\text{г}}(\gamma + i - i_n) = 49,7(312,2 + 30,8 - 15,7) = 9066 \text{ ккал / год}$$

Або 
$$Q_{\text{ж}} = \frac{49,7}{3600} (1308 + 128,8 - 65,7) 10^3 = 10550 \text{ Вт}$$

Де:

$W_1$  - кількість рідини яка випаровується із продукту за одну годину.

$\gamma$  - прихована кількість теплоти пароутворення розчинника міцністю 67,83%;  $\gamma = 312,2 \text{ ккал/год}$

Ентальпія водо-спиртової суміші при температурі кипіння  $i = 40^\circ\text{C}$

$$i = c_{\text{ж}} t_u = 0,77 \cdot 40 = 30,8 \text{ ккал/кг} (128,8 \text{ кдж / кг})$$

Де:  $c_{\text{ж}}$  - теплоємність рідини; при  $t_{\text{н}} = 40^\circ\text{C}$   $c_{\text{ж}} = 0,77 \text{ ккал/(кг*град)}$

Ентальпія водно-спиртового розчину міцністю 67,83 об. При температурі продукту, що завантажений в сушарку  $t_{\text{н}} = 20^\circ\text{C}$

$$i_n = c_{\text{ж}} t_n = 0,785 \cdot 20 = 15,7 \text{ ккал / кг} (65,7 \text{ кдж / кг})$$

Де  $c_{\text{ж}} = 0,785 \text{ ккал/(кг*град)}$ , або  $3,285 \text{ кдж/(кг*град)}$ .

Тепло, яке витрачається на нагрів продукта від початкової температури  $t=20^{\circ}\text{C}$  до температури продукта  $t_2=40^{\circ}\text{C}$ , що видаляється із сушарки:

$$Q_m = Gc_m(t - t_2) = 50 \cdot 0,657 \cdot 20 = 788 \text{ ккал / год}$$

або:

$$Q_m = \frac{50}{3600} 2,62 \cdot 10^3 \cdot 20 = 874 \text{ Вт}$$

Де  $c_r$ - теплоємність матеріалу, що завантажується в сушарку;  $c_m=0,657/(\text{кг} \cdot \text{град})$

Теплоємність продукта при вологості  $\omega=35\%$

$$C_m = C_r \frac{100 - \omega}{100} + \frac{c_{ж} \omega}{100} = 0,715 \frac{100 - 35}{100} + \frac{0,77 \cdot 35}{100} = 0,657 \text{ ккал / год}$$

Де  $c_r$ - теплоємність сухого продукту

Тепло, що витрачається на компенсацію втрат тепла випромінюваним поверхнею сушарки  $Q_5$ , приймаємо в розмірі 8% від  $Q_{ж}+Q_w$ ; тоді,

$$Q_2 = 1,08(Q_{ж} + Q_m) = 1,08(9066 + 788) = 10642 \text{ ккал/год}$$

Витрата водяної пари на сушку продукту:

$$Q_r = 1,08(10550 + 874) = 12338 \text{ Вт}$$

$$D_2 = \frac{Q_2}{I_n - I_k} = \frac{10642}{614,6 - 40} = 18 \text{ кг/год}$$

або:

$$D_2 = \frac{12338}{2570 \cdot 10^3 - 167,44 \cdot 10^3} = 0,0051 \text{ кг/с}$$

Видільна втрата тепла на один кг випареної водо-спритової рідини:

$$q = \frac{Q}{\omega_2} = \frac{10642}{49,7} = 235 \text{ ккал/кг}$$

або:

220791.КР.34.005 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 3
---------------------	------------	--------------	------------	------------

$$q = \frac{Q}{\omega_2} = \frac{12338 \cdot 3600}{49,7} = 1603 \text{ кДж/кг}$$

Поверхня нагріву сушарки:

$$F = \frac{Q}{k\Delta t} = \frac{10642}{300(60 - 40)} = 1,77 \text{ м}^2$$

або

$$F = \frac{12338}{348,9(60 - 40)} = 1,77 \text{ м}^2$$

Де  $k$ -коефіцієнт теплопередачі від гріючої пари до продукту що нагрівається з розрахунком на всю поверхню сушарки;  $k=300 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град})$ , або  $k=300 \cdot 1,163=348,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$

Конструктивні розрахунки

Розрахунок геометричних параметрів сушильної камери

Оскільки завдання даного проекту передбачає конструктивні зміни і переведення апарату з періодичної на безперервну роботу, то довжина камери приймається конструктивно в 2 рази меншим за початкове значення оскільки площа нагріву набагато зменшилась, а саме з  $6,12 \text{ м}^2$  до  $1,77 \text{ м}^2$  ( $L=1,6 \text{ м}$ ), а діаметр визначається за формулою:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{V}{\pi L}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,4}{3,14 \cdot 1,6}} = 0,534332$$

Приймаємо  $D=0,540 \text{ м}$ .

Розрахунок діаметру трубопроводу підведення пари

Для визначення діаметру трубопроводу підведення пари приймаємо наступними дані:

густина пари  $\rho_n = 0,5977 \text{ кг/м}^3$ ; швидкість руху пари трубопроводі подачі  $v_n = 2,5 \text{ м/с}$ ; витрата пари на сушіння  $D_n = 18 \text{ кг/год} = 0,0051 \text{ кг/с}$ .

Визначимо об'ємну витрату пари,  $\text{м}^3/\text{с}$ . Це можна зробити за наступною формулою:

$$L_{об,n} = \frac{D_n}{\rho_n}$$

підставивши ці значення у формулу отримаємо:

$$L_{об,n} = \frac{0,0051}{0,5977} = 0,0085 \text{ м}^3/\text{с}$$

Виходячи з цього, за одну секунду через поперечний переріз трубопроводу має пройти  $0,0085 \text{ м}^3$  пари. Для того щоб визначити діаметр трубопроводу, необхідно визначити його поперечний переріз за формулою:

$$S = \frac{L_{об,n}}{v}$$

Для трубопроводу подачі пари поперечний переріз становитиме:

$$S = \frac{L_{об,n}}{v} = \frac{0,0085}{2,5} = 0,0034 \text{ м}^2$$

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

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

можна визначити діаметр трубопроводу подачі пари:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0034}{3,14}} = 0,06 \text{ м} = 60 \text{ мм}$$

## Розрахунок товщини обичайки

Товщина обичайки визначається за формулою:

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

де  $O$  - внутрішній діаметр обичайки,  $D=0,8$  м;

$p$  - внутрішній тиск в сушарці,  $p=392$  Па;

$a_u$  - допустиме напруження розтягу для матеріалу обичайки, для сталі марки 12X18H10T при температурі  $60^{\circ}\text{C}$   $\sigma_u = 143 \text{ МН/м}^2$ ;

отвори обичайки укріплені, зварний шов стиковий та двосторонній

( $\varphi = 0,95$ );

$C_K$  - додаток товщини з урахуванням корозії,  $C_K = \Pi \cdot t_a = 0,1 \cdot 10 = 1 \text{ мм}$   
( $\Pi=0,1$  мм/рік - корозійна проникність;  $t_a=10$  років - амортизаційний строк служби апарата);

$C_{окр}$  ~ додаток на округлення до найближчого нормалізованого значення.

Товщина обичайки буде дорівнювати:

$$\delta = \frac{0,8 \cdot 392}{2 \cdot 143 \cdot 10^6 \cdot 0,95} + 0,001 + C_{OKP} = 0,002 \text{ м}$$

Необхідно перевірити умову:

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

$$\frac{(2 - 1)}{800} = 0,0013 < 0,1.$$

Оскільки умова виконується, то товщина обичайки розрахована вірно.

## Розрахунок товщини кришки

Приймаємо стандартну кришку.

Товщину кришки можна розрахувати за формулою:

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

$D$  - внутрішній діаметр обичайки,  $D=0,8$  м;

$p$  - внутрішній тиск в сушарці,  $p=392$  Па;

$\sigma_{\delta}$  - допустиме напруження розтягу для матеріалу кришки, для сталі марки 12Х18Н10Т при температурі 60°C

$$\sigma_{\delta}=143\text{МЯ}/\text{м}^2;$$

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

$C_K$  - додаток товщини з урахуванням корозії,  $C_K = \Pi \cdot \tau_a = 0,1 \cdot 10 = 1$  мм ( $\Pi=0,1$  мм/рік - корозійна проникність;  $\tau_a=10$  років - амортизаційний строк служби апарата);

$C_{OKP}$  - додаток на округлення до найближчого нормалізованого значення. Товщина кришки буде дорівнювати:

$$\delta = \frac{0,8 \cdot 392}{2 \cdot 143 \cdot 10^6 \cdot 0,95} + 0,0005 + C_{OKP} = 0,002\text{м}$$

Необхідно перевірити умову:

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

$$\frac{(2 - 1)}{800} = 0,0013 < 0,125.$$

Оскільки умова виконується, то товщина кришки розрахована вірно.

## Розрахунок фланцевих з'єднань кришки

1. Товщина втулки фланця:  $S_0 > S$   $S_0 = 2$  мм.

2. Висота втулки:

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

$$h_b = 0,5 \cdot \sqrt{0,54 \cdot (0,002 - 0,001)} = 0,011 \text{ м}$$

3. Діаметр болтового кола:

$$D_b = 1,1 D^{0,993} = 1,1 \cdot 0,54^{0,993} = 0,59 \text{ м}$$

Розрахунковий діаметр болтів:

$$d_b = \frac{(D_b - D)}{2} - 0,006 = \frac{(0,59 - 0,54)}{2} - 0,006 = 0,019 \text{ м}$$

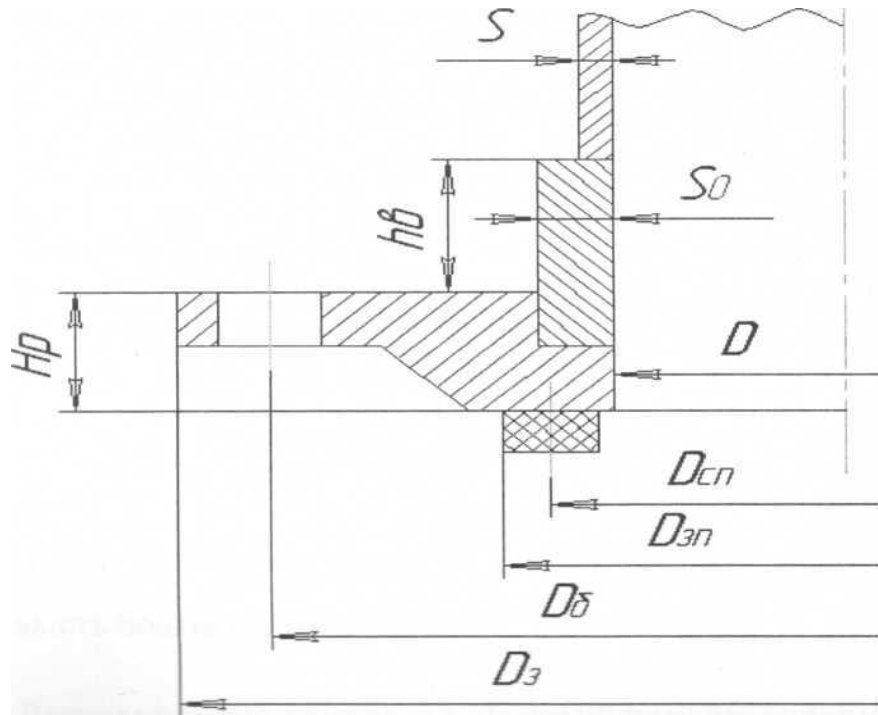
4. Зовнішній діаметр фланця:  $D_3 > D_6 + a$

$a$  - конструктивний додаток розміщення гайок по усьому діаметру фланця;

для  $d_6 = 12 \dots 40$  мм;

$$a = 2 d_b \rightarrow a = 2 \cdot 0,036 = 0,072 \text{ м}$$

$$D_3 = 0,54 + 0,072 = 0,615 \text{ м}$$



5. Зовнішній діаметр прокладки:

$$D_{зп} = D_{б} - e$$

$e$  - нормативний параметр, який залежить від типу прокладки. Вибираємо плоскі прокладки:

при  $d_{б} = 12...40\text{мм}$ ;  $e = 1,4...1,5 d_{б}$

$$e = 1,5 - 0,072 = 0,108 \text{ м,}$$

$$D_{зп} = 0,59 - 0,108 = 0,482 \text{ м.}$$

6. Середній діаметр прокладки:

$$D_{сп} = D_{зп} - b$$

$b$  - ширина прокладки за таблицею 1.42 (Михалев)  $b = 25 \text{ мм}$ ,

$$D_{сп} = 0,482 - 0,025 = 0,457 \text{ м}$$

7. Кількість болтів, яка необхідна для забезпечення герметичного з'єднання:

$$n_b \geq \frac{\pi \cdot D_b}{t_{kp}}$$

$t_{rh} = (4,2...5) \cdot d_6$  при  $p=0...1$  МПа.

Таким чином отримаємо кількість болтів:

$$n_b \geq \frac{3,14 \cdot 0,59}{4,5 \cdot 0,036} = 11,5шт$$

Округливши до більшого значення та враховуючи запас по безпеці приймаємо кількість болтів рівну  $n_6=12шт$ .

### Розрахунок внутрішнього діаметру парової сорочки

Для даного розрахунку приймаємо наступні дані:

густина пари  $\rho_n = 0,5977$  кг/м<sup>3</sup>; швидкість руху пари в паровій сорочці  $v_n = 1,0$  м/с; витрата пари на сушіння  $D_n = 18$  кг/год = 0,0051 кг/с.

Визначимо об'ємну витрату пари, м<sup>3</sup>/с:

$$L_{обл} = \frac{D_n}{\rho_n}$$

підставивши відповідні значення у формулу ми отримаємо:

$$L_{обл} = \frac{0,0051}{0,5977} = 0,009 м^3 / с$$

Таким чином, за секунду через поперечний переріз парової сорочки має пройти 0,054 м<sup>3</sup> пари. Для того щоб визначити внутрішній діаметр парової сорочки, необхідно визначити поперечний переріз:

$$S = \frac{L_{обл}}{v}$$

Для парової сорочки він становитиме:

$$S = \frac{L_{обл}}{v} = \frac{0,009}{1} = 0,009 м^2$$

Тепер необхідно визначити діаметр парової сорочки за формулою:

$$S = S_c - S_3$$

де  $S_c$  - внутрішній діаметр парової сорочки:

$$S_c = \frac{\pi \cdot D_c^2}{4}$$

де  $S_3$  - зовнішній діаметр сушильної камери:

$$S_3 = \frac{\pi \cdot D_3^2}{4}$$

Отримаємо: 
$$\frac{\pi \cdot D_c^2}{4} = S_c + \frac{\pi \cdot D_3^2}{4}$$

звідки

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi} + D_3^2}$$

Таким

чином

отримаємо:

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,009}{3,14} + 0,54^2} = 0,62 \text{ м}$$

Розрахунок товщини стінки парової сорочки

Товщина стінки визначається за формулою:

$$\delta = \frac{D \cdot p}{2 \cdot \sigma_l \cdot \varphi} + C_K + C_{окр}$$

де:  $D$  - внутрішній діаметр сорочки,  $D=0,62$  м;

$p$  - внутрішній тиск в сорочці,  $p=0,5$  МПа;

$\sigma_l$  - допустиме напруження розтягу матеріалу обичайки, для сталі

марки 12X18H10T при температурі  $60^\circ\text{C}$   $\sigma_\delta = 143 \text{ МН/м}^2$ ;

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

$C_k$  - додаткова товщина з урахуванням корозії,  $c_k = P * \tau_a = 0,1 * 10 = 1$  мм ( $P=0,1$  мм/рік - корозійна проникність;  $\tau_a=10$  років - амортизаційний строк служби апарату);

$C_{окр}$  - додаток на округлення до найближчого нормального значення. Тому виходить що товщина стінки парової сорочки буде дорівнювати:

$$\delta = \frac{0,62 \cdot 0,5}{2 \cdot 143 \cdot 0,95} + 0,001 + C_{окр} = 0,002 м$$

Перевіряємо умову:

$$\frac{(\delta - C_k)}{D} \leq 0,1 \quad \frac{(2-1)}{620} = 0,0016 \leq 0,1$$

Оскільки умова виконується, то товщина стінки розрахована вірно.

### 5.3. Кінематичні розрахунки

Для того щоб розрахувати потужність двигуна нам необхідно знати крутний момент, для цього визначимо його таким чином:

Сумарний крутний момент на валу ротора можна розрахувати за такою формулою:

$$\sum T_{кр} = F_p \cdot R \cdot n, H \cdot м$$

Де  $F_p$ - сила з якою діє продукт на площу поверхні лопатки,  $F_p=1664$  Н/м

$R$ - радіус прикладання сили,  $R=0,268$  м

$n$ - кількість одночасно занурених у продукт лопаток,  $n=10$

Підставляємо ці значення у формулу і отримаємо наступне

$$\sum T_{кр} = 1664 \cdot 0,268 \cdot 10 = 4458, H \cdot м$$

Розрахунок приводу ротору для визначення потужності електродвигуна та розрахунку муфт. Для цього необхідно скласти кінематичну схему приводу ротора.

1. Потужність необхідна для повороту вала ротора:

$$N_p = \frac{T_{кр} \cdot n_p}{9550}$$

де  $T_{кр}$  - крутний момент на валу ротора;  $n_p$  - частота обертання вала ротора приймається в залежності від швидкості переміщення продукту в середині сушарки,  $n=15$  об/хв .

З цього виходить:

$$N_p = \frac{4458 \cdot 15}{9550} = 6,98 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

ККД приводу вала ротора:

$$\eta_{заг} = \frac{N_p}{N_{дв}}$$

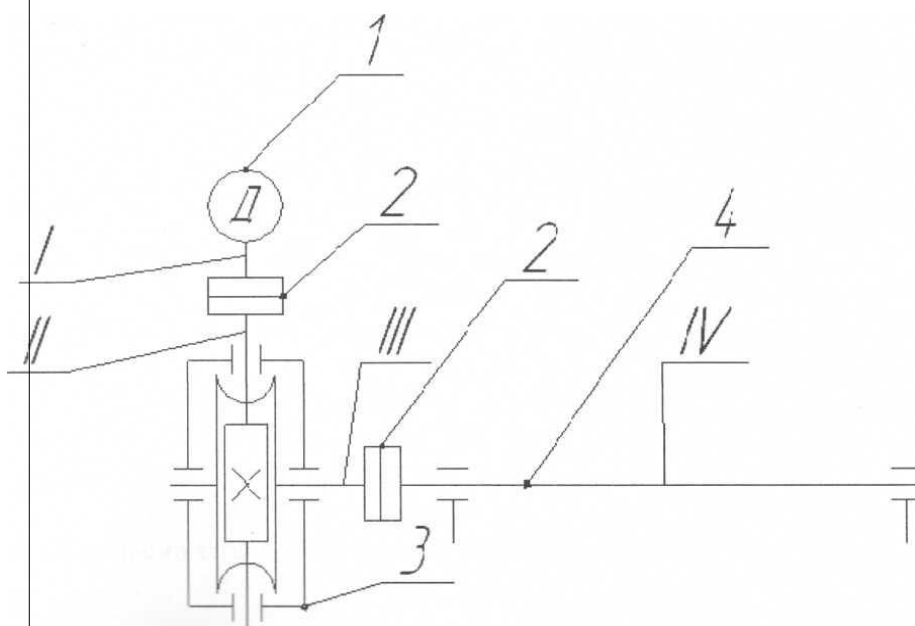


Рис. Кінематична схема приводу ротора.

1 - електродвигун; 2 - пружна муфта; 3 - редуктор; 4 - вал ротора.

Перетворивши формулу отримаємо:

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

де  $\eta_{\text{заг}}$  - загальний ККД приводу валу ротора:

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_1^2 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3$$

де  $\eta_1 = 0,99$  - ККД пружної муфти;  $\eta_2 = 0,94$  - ККД двохступінчатого редуктора;  $\eta_3 = 0,99$  - ККД пари підшипників.

Підставивши значення ми отримаємо:

$$\eta_{\text{заг}} = 0,99^2 \cdot 0,94 \cdot 0,99 = 0,91$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{7}{0,91} = 7,49 \text{ кВт}$$

3. Вибираємо з каталогу марку двигуна, при цьому щоб виконувалась умова:

$$N_{\text{двиг}}^{\text{кат}} \geq N_{\text{дв}}$$

Виходячи з даної потужності обираємо згідно каталогу двигун серії 4А за ГОСТ 19523-81 з асинхронною кількістю обертів 1000 хв<sup>-1</sup>.

Обираємо двигун серія 4А132М6У3, у якого  $N=7,5$  кВт,  $n=1000$  хв<sup>-1</sup>,  $\frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{стоп}}}$

= 1,2. Габаритні розміри вибраного двигуна представлені на рисунку 6.3.2.

4. Визначаємо загальне передаточне число редуктора:

$$U_{\text{заг}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{заг}}}$$

де  $n_{\text{дв}}$  - кількість обертів двигуна  $n_{\text{дв}}=975$  хв<sup>-1</sup>;  $n_{\text{в}}$  - кількість обертів валу ротора  $n_{\text{вих}}=5$  хв<sup>-1</sup>.

$$U_{заг} = \frac{1000}{15} = 61$$

Передаточне число редуктора становить  $U_p=61$ .

За розрахованим передаточним числом з каталогу вибираємо редуктор ЧВСТ-5- 175,5-2-У2, передаточне число якого становить  $U_p=63$ .

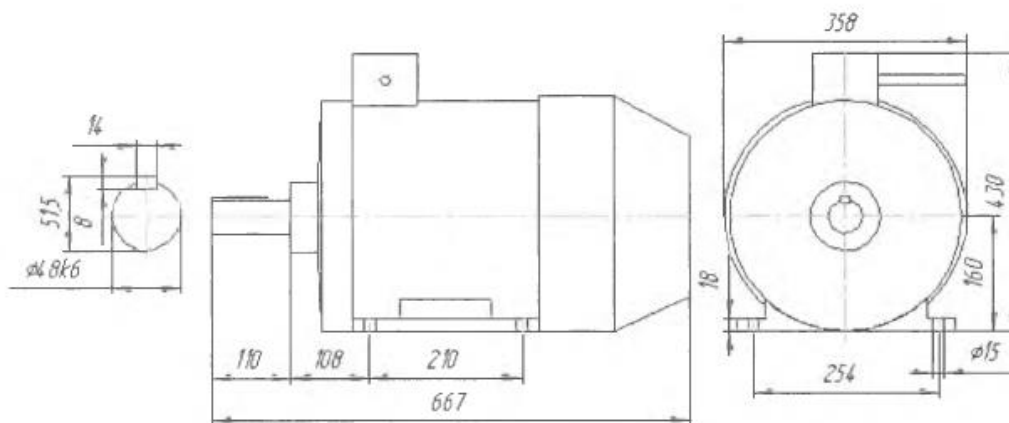


Рис. Геометричні розміри двигуна 4А132М6У3

Розрахунок параметрів валів

I-вал

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

де  $T_1$  - крутний момент першого вала  $T_1$ -?;

$N_1$  - потужність на виході першого вала = 7,5 кВт;

$n_1$  - кількість обертів на першому валу  $n_1 = 1000 \text{ хв}^{-1}$ ;

$$T_1 = 9550 \frac{7,5}{1000} = 71,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Кутова швидкість I вала:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

де  $n_1$  - кількість обертів I вала,

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,6 \text{ c}^{-1}$$

### II-вал

Визначаємо потужність на II валу:

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_1$$

де  $N_1$  - потужність на першому валу

$N_1 = 15$  кВт;  $\eta_1$  - ККД пружної муфти  $\eta_1 = 0,99$ .

$$N_2 = 7,5 \cdot 0,99 = 7,42 \text{ кВт.}$$

Розрахунок крутного моменту на другому валу

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

де  $n_2 = n_1$ ,

$n_1$  - кількість обертів на першому валу  $n_1 = 1000 \text{ хв}^{-1}$ .

$N_2$  - потужність на другому валу

$N_2 = 7,42$  кВт;  $n_2$  - кількість обертів другого валу  $n_2 = 1000 \text{ хв}^{-1}$ .

$$T_2 = 9550 \frac{7,42}{1000} = 70,7 \text{ Нм.}$$

Визначаємо кутову швидкість II вала

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

де  $n_2$  - кількість обертів II вала  $n_2 = 1000 \text{ хв}^{-1}$ ,

$$\omega_2 = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,6 \text{ c}^{-1}$$

### III-вал

Визначаємо потужність на III валу:

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_2$$

де  $N_2$  - потужність на другому валу

$$N_2 = 7,42 \text{ кВт}; \quad \eta_2 - \text{ККД редуکتора} \\ \eta_2 = 0,94.$$

$$N_3 = 7,42 \cdot 0,94 = 6,97 \text{ кВт}.$$

Визначаємо крутний момент на третьому валу

$$T_2 = 9550 \frac{N_3}{n_3}$$

$$\text{де } n_3 = \frac{n_2}{U_p}, \text{ де } n_2 - \text{кількість обертів на другому валу } n_2 = 1000 \text{ хв}^{-1};$$

$$U_p - \text{передаточне число редуکتора; } U_p = 63$$

Таким чином отримаємо:

$$n_3 = \frac{1000}{63} = 14,88 \text{ об/хв}.$$

$N_3$  - потужність на третьому валу

$$N_3 = 6,97 \text{ кВт}; \quad n_3 - \text{кількість обертів третього валу } n_3 = 14,88 \text{ хв}^{-1}.$$

$$T_1 = 9550 \frac{6,97}{14,88} = 4474 \text{ Нм}$$

Кутова швидкість III вала:

$$\omega_3 = \frac{\pi \cdot n_3}{30}$$

де  $n_3$  - кількість обертів III вала

$$n_3 = 14,88 \text{ хв}^{-1},$$

$$\omega_3 = \frac{3,14 \cdot 14,88}{30} = 1,55 \text{ с}^{-1}$$

**IV-вал**

Потужність на IV валу:

$$N_4 = N_3 \cdot \eta_1 \cdot \eta_3 (6.3.16.)$$

де  $N_3$  - потужність на третьому валу

$N_3 = 6,97$  кВт;  $\eta_1$ - ККД пружної муфти  $\eta_1 = 0,99$ ;

$\eta_3$  - ККД пари підшипників  $\eta_3 = 0,99$ .

$$N_4 = 6,97 \cdot 0,99 \cdot 0,99 = 6,83 \text{ кВт.}$$

Знаходимо крутний момент на четвертому валу:

$$T_4 = 9550 \frac{N_4}{n_4}$$

де  $n_4 = n_3$  ,

$n_3$  - кількість обертів на третьому валу  $n_3 = 14,88 \text{ хв}^{-1}$

$N_4$  - потужність на четвертому валу  $N_4 = 6,83$  кВт;  $n_4$  - кількість обертів четвертого валу  $n_4 = 14,88 \text{ хв}^{-1}$ .

$$T_4 = 9550 \frac{6,83}{14,88} = 4384 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Кутова швидкість IV вала:

$$\omega_4 = \frac{\pi \cdot n_4}{30}$$

де  $n_4$  - кількість обертів IV вала  $n_4 = 14,88 \text{ хв}^{-1}$ ,

$$\omega_4 = \frac{3,14 \cdot 14,88}{30} = 1,55 \text{ с}^{-1}$$

Складаємо таблицю значень розрахункових параметрів усіх валів приводу

№ вала	N, кВт	T, Нм	n, хв <sup>-1</sup>	w, с <sup>-1</sup>
I	7,5	71,7	1000	104,6
II	7,42	70,7	1000	104,6
III	6,97	4474	14,88	1,55
IV	6,83	4384	14,88	1,55

Розрахуємо привід батареї дозаторів щоб визначити потужність електродвигуна та розрахунку муфт. Першим кроком складемо кінематичну схему приводу дозаторів.

При експлуатації сушарки визначаємо такі характеристики: частота обертання дозаторів  $n_p=60$  об/хв; потужність що витрачається на подолання сил тертя та обертання дозаторів  $N_p=3$  кВт.

1. Визначення крутного моменту на валу дозатора:

$$T_p = \frac{9550 \cdot N_p}{n_p}$$

де  $N_p$ - потужність на валу дозатора;

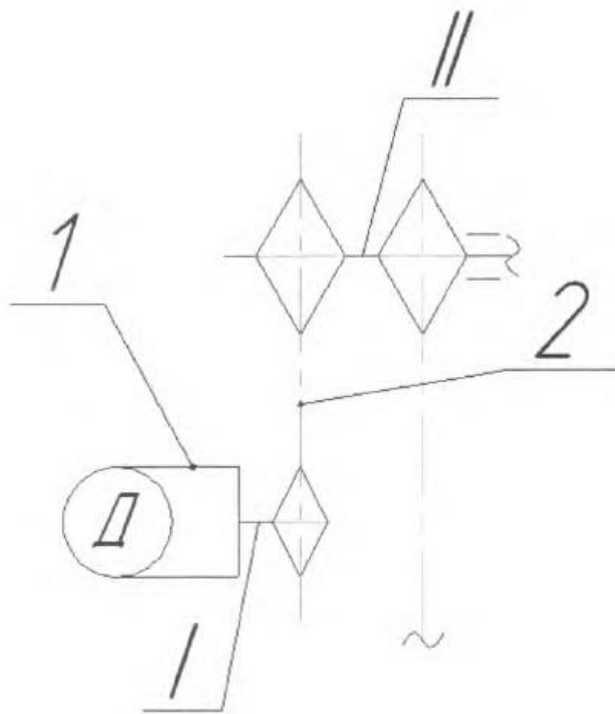
$n_p$  - частота обертання вала дозатора.

Таким чином отримаємо:

$$T_p = \frac{9550 \cdot N_p}{n_p} = 477,5 \text{ Н м}$$

Знаходимо ККД приводу вала дозатора:

$$\eta_{заг} = \frac{N_p}{N_{об}}$$



Кінематична схема приводу дозаторів.

1 - мотор-редуктор; 2 - ланцюгова передача.

Змінивши

формулу

отримаємо:

$$N_{об} = \frac{N_p}{\eta_{заг}}$$

де  $\eta_{заг}$ , - загальний ККД приводу валу дозатора:

$$\eta_{заг} = \eta_1^2 \cdot \eta_2$$

де  $\eta_2, =0,94$  - ККД ланцюгової передачі;

$\eta_1=0,99$  - ККД пари підшипників.

Таким чином ми отримаємо:

$$N_{ос} = \frac{3}{0,92} = 3,2 \text{ кВт}$$

Вибираємо мотор-редуктор з каталогу з такими параметрами:

Електродвигун 4А13284РЗ  $N_n=4 \text{ кВт}$ ,  $n=700 \text{ об/хв}$ .

Частота обертів виході з мотор-редуктора  $n_m=71 \text{ об/хв}$ .

Розрахунок параметрів валів

### **I-вал**

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

де  $T_1$  - крутний момент першого вала  $T_1$ -?;

$N_1$  - потужність на виході першого вала  $N_1 = 4 \text{ кВт}$ ;

$n_1$  - кількість обертів на першому валу  $n_1 = 71 \text{ хв}^{-1}$ ;

$$T_1 = 9550 \frac{4}{71} = 530 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо кутову швидкість I вала

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

де  $n_1$  - кількість обертів I вала,

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 71}{30} = 7,43 \text{ с}^{-1}$$

### **II-вал**

Визначаємо потужність на II валу:

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_1$$

де  $N_1$  - потужність на першому валу  $N_1 = 4 \text{ кВт}$ ;

$\eta_1$  - ККД ланцюгової передачі  $\eta_1 = 0,94$ .

$$N_2 = 4 \cdot 0,94 = 3,76 \text{ кВт.}$$

Визначаємо крутний момент на другому валу

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

де  $N_2$  - потужність на другому валу  $N_2 = 3,76 \text{ кВт}$ ;

$n_2$  - кількість обертів другого валу  $n_2 = 60 \text{ хв}^{-1}$

$$T_2 = 9550 \frac{3,76}{60} = 600 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо кутову швидкість II вала

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

де  $n_2$  - кількість обертів II вала  $n_2 = 60 \text{ хв}^{-1}$ ,

№ вала	N, кВт	T, Нм	n, хв <sup>-1</sup>	$\omega$ , с <sup>-1</sup>
I	4	530	71	7,43
II	3,76	600	60	6,28

$$\omega_2 = \frac{3,14 \cdot 60}{30} = 6,28 \text{ с}^{-1}$$

### Розрахунок діаметру валу ротора

Визначаємо діаметр за формулою:

$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2 \cdot [\tau_{кр}]}}$$

де  $T = 26,14 \text{ кН} \cdot \text{м}$  - крутний момент на валу ротора;  $[\tau] = 20 \text{ МПа}$  - допустиме напруження на кручення.

Таким чином отримаємо:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4384}{0,2 \cdot 20 \cdot 10^6}} = 0,096 \text{ м} = 96 \text{ мм}$$

Приймаємо  $d = 100 \text{ мм}$  - кратний п'яти.

Приймаємо радіальні сферичні двохрядні шарикові підшипники середньої серії ГОСТ 5720-75 з параметрами  $D = 215 \text{ мм}$ ,  $d = 100 \text{ мм}$ ,  $B = 47 \text{ мм}$

Виходячи з діаметру вала  $d = 100 \text{ мм}$  підбираємо хвостовик вала  $l = 165 \text{ мм}$

#### Вибір муфти на валу двигуна

Визначаємо розрахунковий крутний момент, що передається муфтою  $T_p$ .

$$T_p = K_k \cdot T_{\text{на в}},$$

де  $K_k = 2,2$  - коефіцієнт запасу муфти приводі сушарки,  $T_{\text{ном}} = 71 \text{ Нм}$  - номінальний крутний момент на валу.

Таким чином

$$T_p = 2,2 \cdot 71 = 156 \text{ Нм}$$

За умовою  $T_p \geq T$ , де  $T$  - крутний момент, який передається муфтою та діаметром вала  $d = 48 \text{ мм}$  обираємо муфту пружну втулково-пальцеву типу МУВП-500-48-1.1-УЗ за ГОСТ 21424-75, для якої  $T = 500 \text{ Нм}$  і  $d = 48 \text{ мм}$ .

#### Вибір муфти на валу ротора

Визначаємо розрахунковий крутний момент, що передається муфтою  $T_p$ .

$$T_p = K_k \cdot T_{\text{на в}}$$

де  $K_k = 2,2$  - коефіцієнт запасу муфти в приводі сушарки,  $T_{\text{ном}} = 4474 \text{ Нм}$  - номінальний крутний момент на валу.

Таким чином

$$T_p = 2,2 \cdot 4474 = 9807,6 \text{ Нм}$$

За умовою  $T_p \geq T$ , де  $T$  - крутний момент, що передається муфтою і

діаметром вала  $d=90\text{мм}$  обираємо муфту зубчасту загального призначення типу МЗ-5-90-УЗ за ГОСТ 5006-55, для якої  $T=80\text{кНм}$  і  $d=90\text{мм}$ .

#### 5.4. Енергетичні і теплові розрахунки

##### Розрахунок теплоізоляції

Втрати теплоти в навколишнє середовище:

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

де  $\lambda$  - еквівалентний коефіцієнт теплопровідності, який можна визначити за формулою:

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

З формули визначимо значення цього коефіцієнта:

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

де  $Q$  - втрата теплоти в навколишнє середовище  $Q=2775,4$  Дж/год;

$F$  - площа поверхні тепловтрат  $F=8,2^2$  м ;  $T_{ct1}$  - температура внутрішньої поверхні стінки парової сорочки  $T_{ct1}=120^\circ\text{C}$ ;  $T_{ct2}$  – температура зовнішньої поверхні сушарки  $T_{ct2}=40^\circ\text{C}$ ;

$\tau$  - час протікання процесу  $\tau=1$  год.

$$\frac{\lambda}{\delta} = \frac{2775,4}{8,2 \cdot (120 - 40) \cdot 1} = 4,03 (\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{C}))$$

В результаті перетворень отримаємо:

$$0,012 + 4,03 \cdot \delta_2 + 0,004 = 15119 + \frac{-0,07}{\delta} + 151190;$$

$$4,03 \cdot \delta_2^2 - 166308,984 \cdot \delta_2 - 0,07 = 0,$$

$$D = \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c} = \sqrt{(-166308,984)^2 + 4 \cdot 4,03 \cdot 0,07} = \pm 166300$$

$$\delta_2 = \frac{-b - \sqrt{D}}{2 \cdot a} = \frac{166308,984 - 166300}{2 \cdot 4,03} = 0,05 \text{ м} = 50 \text{ мм}$$

## РОЗДІЛ 6

## ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

## 6. 1 Розрахунок припусків

Вибираємо заготовку із прокату діаметром 16мм.

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

Заготовка діаметром 16мм та довжиною 42мм.

Розрахунок для загального припуску кованої заготовки візьмемо за більш точнішим розміром діаметр. 14h6.

Припуск до чистового шліфування:

$$2Z_{4\min} = 2(Rz_3 + D_3 + \sqrt{Tnp_3^2 + E_{y4}^2})$$

$Rz_3, D_3, Tnp_3$  - це висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарне значення просторових, для відхилень з чорновим шліфуванням (табл. 9)

$E_{y4}$  - похибка для установки деталі чистове шліфування.  $Rz_3 = 10$  мкм,

$D_3 = 20$  мкм .

Під час встановлення деталі в центрах  $Tnp_3 = 0$  мкм,  $E_{y4} = 0$ .

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

$T_3$  - допуск чорнового шліфування,  $T_3 = IT8 = 27$  мкм,

$T_4$  – допуск чистового шліфування,  $T_4 = IT6 = 11$  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 <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Бойко Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Вовк Р.В.	Назва, додаткова назва <b>ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ</b>	<b>220791.КР.34.006 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш 1/19

Припуск чорнового шліфування:

$$2Z_{3\min} = 2(Rz_2 + D_2 + \sqrt{Tnp_2^2 + E_{y3}^2})$$

$Rz_2, D_2, Tnp_2$  - висота мікронерівностей,

глибина шару дефектування та сумарне значення для просторових відхилень при чистовому точінні (табл. 9)

$E_{y3}$  - похибка установки для деталі за час чорнового шліфування.

$$Rz_2 = 25 \quad D_2 = 25 \text{ мкм} . \quad Tnp_3 = 0 \text{ мкм}, E_{y4} = 0.$$

Під час встановлення деталі в центрах

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

$T_2$  - допуск для чистового точіння,  $T_2 = IT11 = 110 \text{ мкм}$ ,

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

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

Припуск апівчистого точіння:

$$2Z_{2\min} = 2(Rz_1 + D_1 + \sqrt{Tnp_1^2 + E_{y2}^2})$$

$Rz_1, D_1, Tnp_1$  - висота мікронерівностей,

глибина шару дефектування та загальне значення просторових відхилень чорнового точіння.

$E_{y2}$  - похибка установки деталі напівчистового точіння  $Rz_2 = 50$  мкм,

$D_2 = 50$  мкм . Під час встановленні деталі у патроні із центром  $Tnp_1 = 100$  мкм,

$E_{y2} = 0$ .

$T_1$  - допуск чорнового точіння,  $T_1 = IT12 = 180$  мкм,

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

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

Припуск чорнового розточування:

$$2Z_{1\min} = 2(Rz_0 + D_0 + \sqrt{Tnp_0^2 + E_{y1}^2})$$

$Rz_0, D_0, Tnp_0$  - висота мікронерівностей,

глибина шару дефектування і загальне значення просторової похибки кованої заготовки (табл. 9)

$Rz_0=100$  мкм;  $D_0=150$  мкм;  $Tnp_0=400$  мкм;

$E_{y1}$  - похибка для устанавлення чорнового точіння.

Під час устанавлення деталі у патрон  $E_{y1}=100$  мкм

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

Загальний припуск складатиме

$$2Z_{\text{сум}} = \sum_1^i 2Zi_{\text{ном}} = 68 + 141,5 + 435 + 1324,6 = 1969,1 \text{ мкм}$$

Приймаємо, що  $2Z_{\text{сум}}=2$  мм.

Коефіцієнт для використання матеріалу:

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

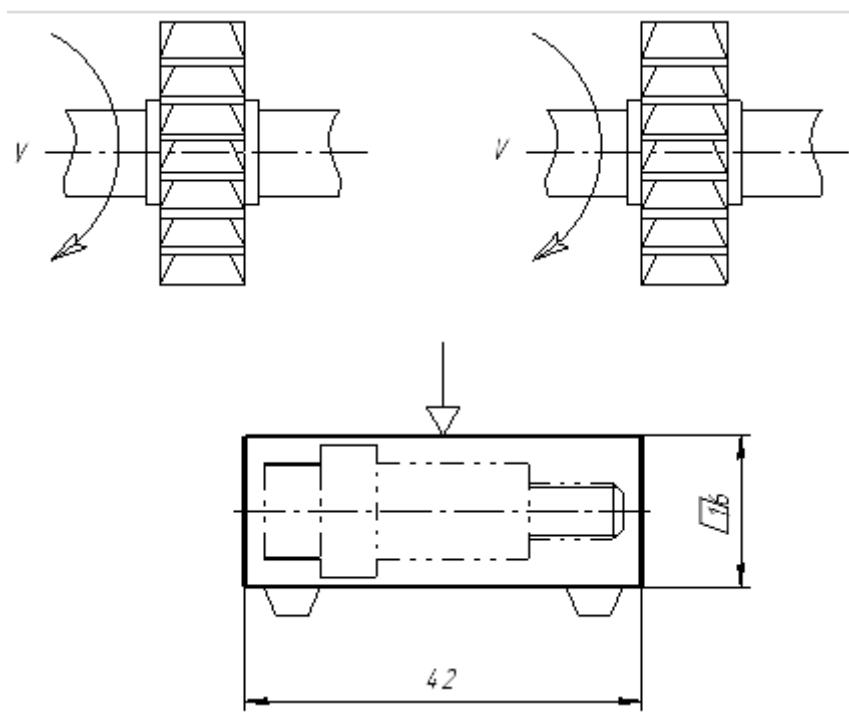
### 6.1 Технологічний маршрут для виготовлення осі

№	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, інструмент оброблення, контрольний
10	Заготовельна (УЗЗ)	Верстат відрізний
10.1	Відрізати заготовку із прокату Ø 16, довжина L=42 мм.	Дискова відрізна фреза Ø 100 Р6М5. ШЦЗ.
20	Токарна. (УЗЗ)	Токарно-гвинторізний верст . 16К20, 3-х кулачковий патрон
20.1	Торцювати поверхню. 1 z=2 мм	Різець прохідний , відігнутий правий, Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, $\alpha=8^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\varphi=45^\circ$ ШЦ1
20.2	Точіння Ø 10g6 начорно на L=26 мм. повеахня.(2)	Різець упорний, правий Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, $\alpha=7^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\varphi=90^\circ$ ШЦ1
20.3	Точіння Ø 10g6 напівчисто із припуском на шліфування. пов(2)	Різець упорний правий Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, $\alpha=7^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\varphi=90^\circ$ ШЦ1
20.4	Точіння Ø 6 під різьбу М6	Різець упорний правий Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, $\alpha=7^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\varphi=90^\circ$

	L=10 мм. пов.(3)	ШЦ1
20.5	Зняти фаску 1x45° пов.(4)	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
20.6	Нарізати різьбу пов.(5) М6-7Н на l=10	Різець різьбовий Т16К20, β=60°, α=3°, В×Н×L=16×25×140мм, ШЦ1, різьбовий калібр
30	Токарна (УЗЗ)	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-ох кулачковий патрон.
30.1	Торцювати поверхня 1 z=2 мм	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α γ=10°, φ=45° ШЦ1
30.2	Точіння Ø 14h6 начорно на L=12 мм. поверхня(2)	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α γ=10°, φ=45° ШЦ1
30.3	Точіння Ø 14h6 напівчисто з припуском на шліфування. пов(1)	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
40	Фрезерна (УЗЗ)	Горизонтально-фрезерний верстат 6Н81Г.

		УДГ.
40.1	Фрезерувати поверхня1  в розмір 10 мм	Дискова відрізна фреза Ø 100  P6M5. ШЦЗ.
40.2	Фрезерувати поверхня2  в розмір 10 мм	Дискова відрізна фреза Ø 100  P6M5. ШЦЗ.
50	Шліфувальна (УЗЗ)	Круглошліфувальний верстат 3У10С.  4-ох кулачковий патрон
50.1	Шліфувати, діаметр Ø10g6 начорно. поверхня(1)	Круг ПП 50x16x16 14А F40-50  С2 6 К 35 А  2 2424-83.
50.2	Шліфувати ДІАМЕТР Ø10g6 начисто	Круг ПП 50x16x16 14А F40-50  С2 6 К 35 А  2 2424-83, скоба Ø10g6
50.3	Шліфувати ДІАМЕТР Ø14h6 начорно. поверхня(2)	Круг ПП 50x16x16 14А F40-50  С2 6 К 35 А  2 2424-83.
50.4	Шліфувати ДІАМЕТР Ø14h6	Круг ПП 50x16x16 14А F40-50

	начисто	C2 6 K 35 A 2 2424-83, скоба $\varnothing 14h6$
60	Мийна	Мийна машина
60.1	Промити деталь	
70	Слюсарна	Верстак
70.1	Зняти задири та відторцувати гострі кромки	
80	Контрольна	Стіл контролера



Заготівельна операція

## 6.2 Розрахунок операцій

### Токарна операція

#### Переходження 20.1 Торцювати поверхня1 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

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 288,9}{3,14 \cdot 16} = 5750,4 \text{ об/хв}$$

Вибираємо найближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата  $n_B=1600$

об/хв. Реальна швидкість при зазначених обертів шпинделя.

$$V_D = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 1600}{1000} = 80,4 \text{ м/хв}$$

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

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

Доп. 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.

Переходження 20.2 Точіння в діаметр 10гб чорно на довжину 26 мм.  
поверхня 2.

Прийmemo глибину різання  $t = 2$  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

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

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 179,1}{3,14 \cdot 16} = 3564,8 \text{ об/хв}$$

Прийmemo частоту об. шпинделя верстата найближчу  $n = 1600$  об/хв.

$$V_{д} = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 1600}{1000} = 80,4 \text{ м/хв}$$

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 - доп. час, потрібний для поперечного обточування з установленим різцем до упора.

$$t_1 = 0,11 \text{ хв}$$

— 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.

Переходження 20.3 Точіння під діаметр 10g6 напівчисто під припуск на шліфування.

Якщо знехтувати припуском у шліфуванні загальна глибина різання під час обробки поверхні

$$t = \frac{d_3 - d}{2} = \frac{12 - 10}{2} = 1 \text{ мм.}$$

Подача табл.. №18  $S=0,09\dots 0,12$  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

Приймаємо частоту об. шпинделя верстата найближчу  $n = 1600$  об/хв.

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 322,8}{3,14 \cdot 12} = 8566,9 \text{ об/хв}$$

Реальна швидкість різання при вибраних обертах шпинделя.

$$V_D = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 1600}{1000} = 60,3 \text{ м/хв}$$

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  $l_2$

$l_3$  - перебіг інструменту  $l_3=0$

Основний час на виконання переходу

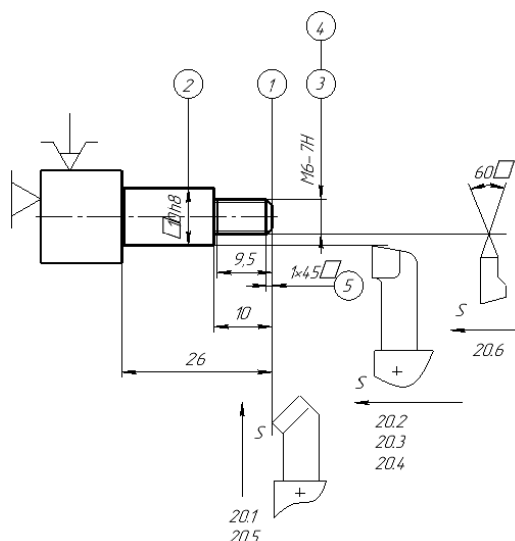
$$t_{03} = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{29}{1600 \cdot 0,1} = 0,2 \text{ хв}$$

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.



### Токарна операція 1

$T_3=0$  хв – заміна різця.

**Переходження 20.4 Точіння ДІАМЕТР Ø 6 під різьбу М6 L=10 мм.  
пов(3)**

Приймаємо глибину різання

Подача табл.№17  $S=0,3\dots0,4$  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

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 179,1}{3,14 \cdot 16} = 3564,8 \text{ об/хв}$$

Приймаємо частоту об. шпинделя верстата найближчу  $n = 1600$  об/хв.

Реальна швидкість різання при вибраних обертах шпинделя.

$$V_D = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 1600}{1000} = 80,4 \text{ м/хв}$$

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 <sup>t</sup>переходу

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

Допоміжний час на виконання переходу

220791.КР.34.006 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 13
---------------------	------------	--------------	------------	-------------

$$t_{д3} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11$  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:

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

Допоміжний час

$$t_y = 0,35$$

$$T_{д} = 2 \cdot t_y + \sum_1^i t_{\Delta i} = 2 \cdot 0,35 + 0,21 + 0,21 + 0,21 + 0,21 + 0,18 = 1,72 \text{ хв.}$$

Для установлення деталей в патрон

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

Час потрібний для обслуговування робочого місця, відпочинок, інші потреби:

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

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

Калькуляційний час на виконання операції при виготовленні однієї деталі:

$$T_{к} = T_{шт} + T_{п.з} / n$$

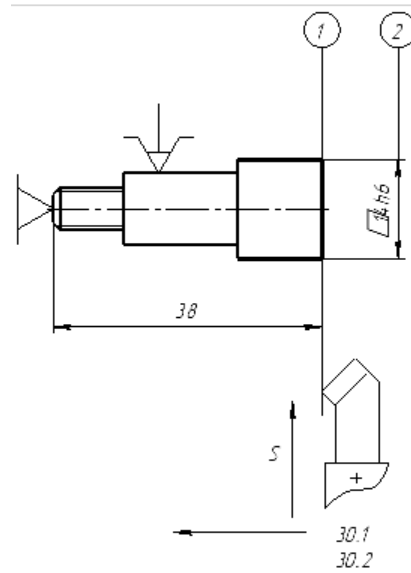
$T_{п.з}$  – підготовчо-завершальний час на партію деталей.

$$T_{п.з} = 10 + 10 + 4 = 24 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за год становить:

$$T_K = 2,183 + 24/100 = 2,4 \text{ хв.}$$

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

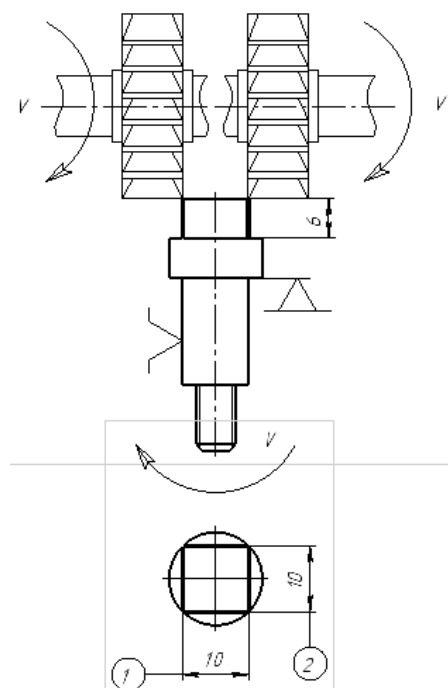


Токарна операція 2

## 6.2.2 Фрезерна операція

Переходження 40.1 Фрезерувати поверхня1 витримавши розмір 10

мм



Фрезерна операція

220791.КР.34.006 ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова  
UA

Аркуш  
15

Глибина –  $t = 10$  мм, ширина  $B=6$  мм.

Визначити геометричні дані інструменту (довідник):

Набір дискових фрез:  $D_{\phi}=100$  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  $T = 30$  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

$$n_B = 1500 \text{ об/хв.}$$

Маємо дійсна швидкість обертання:

$$V_d = \frac{\pi D_{\phi} n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 1500}{1000} = 471 \text{ м/хв}$$

Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_{XB} = S_z \cdot n_B \cdot Z$$

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

Приймаємо  $S_{XB} = 1020$  мм/хв

Розрахункова довжина обробки :

$$L_p = L_d + L_1 + L_2;$$

де  $L_1 = 2 \dots 3$  мм – підвід інструменту,

$L_2 = 33$  – різання і перебіг залежить від типу фрези

Основний час на Переходження 40.1  $L_p = 10 + 3 + 33 = 46$  мм

$$T_o = L_p / S_{XB}$$

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

$$t_y = 0,17 + 0,1 = 0,27$$

Допоміжний час:  $t_{y1} = 0,17$  хв (табл.37) час на установлення деталі.

$$t_{y2} = 0,10 \text{ хв (табл.37)} \quad t_y = t_{y1} + t_{y2},$$

Глибина –  $t = 10$  мм, ширина  $B = 6$  мм.

Визначити геометричні дані інструменту (довідник):

Набір дискових фрез:  $D_\phi = 100$  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  $T = 30$  хв. – стійкість фрези (табл.. 35);

Розрахункова частота обертання шпинделя:

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

Узгодити  $n_p$  з паспортними характеристиками верстату 6Н81Г і приймаємо

$$n_b = 1500 \text{ об/хв.}$$

Маємо дійсна швидкість обертання:

$$V_d = \frac{\pi D_\phi n_b}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 1500}{1000} = 471 \text{ м/хв}$$

Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_{XB} = S_z \cdot n_B \cdot Z$$

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

Приймаємо  $S_{XB} = 1020$  мм/хв

Розрахункова довжина обробки :

$$L_p = L_d + L_1 + L_2;$$

$$L_p = 10 + 3 + 33 = 46 \text{ мм}$$

де  $L_1 = 2 \dots 3$  мм – підвід інструменту,

$L_2 = 33$  – врізання і перебіг залежить від типу фрези

Основний час на Переходження 40.2

$$T_o = L_p / S_{XB}$$

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

Допоміжний час:

$$t_y = t_{y1} + t_{y2},$$

$t_{y1} = 0,17$  хв (табл..37) час на установлення деталі.

$t_{y2} = 0,10$  хв (табл.. 37) час на очищення місця установки деталі від стружки

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

Основний час на Переходження

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

Допоміжний час

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

Доп. час, переходу верстата з довжиною стола 1800 мм, автоматичним переміщенням, з розміром,

$t_d=0,43$  хв (табл..38).

Оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d$$

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

Штучний час:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пер},$$

$T_{об} = 0,045 \cdot T_{оп}$  і  $T_{пер} = 0,06 \cdot T_{оп}$  – 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:

$$T_k = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}$$

п

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

$$T_{пз} = 14,7 + 7 = 21,7 \text{ хв}$$

Маємо

$$T_k = 1,2 + 21,7/100 = 1,21 \text{ хв}$$

Норма виробітку (кількість деталей за год.):

$$N = \frac{60}{T_k}$$

$T_k$

Відповідно визначаємо

$$N = 60/1,21 = 49 \text{ дет-й.}$$

## 7. МОНТАЖ, РЕМОНТ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ СУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

### 7.1. Монтаж

Перед встановленням сушарки виконують розбивку монтажних осей. Визначають положення контрольної точки О - вертикальної осі сушильного циліндра, до якого прив'язані стовпчики фундаментів під стійки каркасу циліндра і циклонів.

Під час монтажу сушарки багато робіт, а саме: такелажні, зварні і монтажно - збірні роботи виконують на різних висотних відмітках. Тому необхідно щоб монтаж і наладка сушарки здійснювалися під керівництвом шефперсоналу.

Після виконання розбивки споруджують стовпчастий фундамент під каркас сушильної башти і циклону. Першим ділом на стовпчики встановлюють стійки каркасу башти, вивіряють їх на вертикальність, а потім монтують площадку обслуговування і сходи з перилами.

Башту збирають на болтах із окремих заготовок. Стики листів з нержавіючої сталі в башті зварюють. Шви зачищають декількома наждачними кругами і полірують войлочними, а потім натерчатим кругами. Доведення виконують спеціальним крейдяним порошком. На перекритті розміщують розподілювач повітря -спіраль.

Транспортний вентилятор встановлюють на полу цеху під баштою і з'єднують з циклонами через повітряні трубопроводи. Витяжний вентилятор монтує на перекритті башти, всмоктувальний патрубок вентилятора з'єднують повітряним трубопроводом з вхідними патрубками циклонів.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Володін С.О.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Вовк Р.В.	Назва, додаткова назва МОНТАЖ, РЕМОНТ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ СУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ	<b>220791.КР.34.007 ПЗ</b>				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш <b>1/9</b>	

До нагнітаючого патрубку вентилятора підключають повітряний трубопровід, який виводять в атмосферу.

На підлозі виробничого приміщення встановлюють фільтр для повітря, нагнітаючий вентилятор і нагрівач повітря. До нагріву підключають лінію для підводки пари і відводу конденсату з конденсатовідвідником і обвідною лінією.

При цьому повинен бути забезпечений потрібний ухил конденсатопроводу і вільний доступ до конденсатовідвідника для його обслуговування. Між нагрівачем і повітророзподільною спіраллю монтують ізольований повітряний трубопровід для гарячого повітря. Вентилятор прикріплюють до рами на гумових амортизаторах; нагрівач повітря встановлюють на підкладках.

З'єднання ущільнюють з допомогою прокладок: із пароніта - для трубопроводів пари і конденсату, з незгораємого картону чи синтетичного волокна - для трубопроводів гарячого повітря.

На завершення на нульовій відмітці монтують контрольно-вимірювальні прилади.

До початку роботи апаратчик повинен впевнитися в наявності магістралі пари потрібного тиску, справності всіх елементів сушарки, герметичності трубопроводів, наявності змащення в парах тертя.

Перед пуском необхідно продути всі трубопроводи повітря і прогріти башту.

При цьому вмикають на 2-3 хв. головний витяжний вентилятор. вентилятора очищають поли башти. Закривають вентилялі на обвідній лінії конденсатовідвідників, включають нагнітаючий вентилятор і нагрівають сушильну башту.

За ходом процесу спостерігають по приладам, які розташовані на пульті управління. При нормальному факелі розпилу і поданні частинок на дно башти включають турнікети, витяжний і транспортний вентилятор. Під час роботи сушарки контролюють тиск пари в калорифері, температуру повітря, яке

тривалість ефективної роботи грибкової сушарки на добу складає 20 год, тобто не менше 2,5 змін, після чого сушарку зупиняють.

При цьому дають сигнал в котельню для припинення подачі пари, припиняють подачу матеріалу, для чого виключають насос і привод; закривають подачу пари на калорифер, відкривають двері сушильної камери і охолоджують її, пропускаючи через неї повітря із цеху при допомозі витяжного вентилятора.

## 7.2 Ремонт

При ремонті грибкової сушильної установки робочі органи, а також пневмотранспортер, циклони, шлюзові затвори та ін. Розбирають і ремонтують способами, описаними в інструкціях заводів-виробників.

Підшипники валів головного вентилятора і вентилятора охолоджуючого повітря замінюють. Після складання виконують центровку валів вентилятора і електродвигуна. При ремонті повітряних трубопроводів їх розбирають по ділянкам, виправляють, замінюють прокладки, відновлюють ізоляцію і збирають.

Для ремонту нагрівача повітря(калорифера) сушарки його від'єднують від паропровода лінії відводу конденсату і демонтують. Зовні трубки і пластини нагрівача обдувають стисненим повітрям, а при сильному забрудненні промивають розчином кальценованої соди. Секції підлягають гідравлічному випробуванню. Кінці трубок в трубних решітках, які протікають, вирубують і заварюють. Внутрішню поверхню трубок в залежності від складу накипу промивають концентрованим лужним розчином, соляною кислотою чи кислотою освітленою сироваткою. Після складання системи нагрівана опресовують парою при робочому тиску. При заміні зношеного нагрівача новим необхідно, щоб поверхня нагріву залишилась без змін.

Паровий колектор при ремонті від'єднують від паропроводу, ставлять на

вентилів проточують і притирають. Конденсатовідвідник знімають, ремонтують і ставлять на місце; при необхідності ремонтують вентилі обвідної лінії.

Після ремонту окремі агрегати сушарки випробовують по нормам, вказаним в інструкції заводів-виробників.

### 7.3 Експлуатація

Особлива увага при експлуатації приділяється повітряній системі:

вентилятори на подачі і відсмоктуванні повинні працювати на повну потужність.

Конденсат, який утворюється в процесі сушки з насиченої водяної пари повинен безперервно видалятися. Спуск конденсата проводиться через конденсаційні горщики, в яких рідина віддаляється від пари і виходить в конденсатопровід. На парових комунікаціях сушарок обов'язково повинні бути встановлені манометри, термометри, запобіжні клапани, які повинні бути прикриті кожухом або ковпаком для запобігання випадкового їх переміщення. При продувці клапана вручну струмінь пари направляють в сторону від робочого місця.

### 7.4 Розрахунок ремонтного циклу

При плануванні ремонтних робіт користуються системою показників та нормативів за допомогою яких визначають: тривалість ремонтних робіт кожної одиниці обладнання, витрати праці, та ін..

Для визначення строків ремонту потрібно знати ремонтний цикл, міжремонтні та між оглядові періоди для кожного виду обладнання.

Ремонтний цикл – період роботи машини між двома плановими капітальними ремонтами, або від початку введення машини в експлуатацію до першого капітального ремонту.

1. Гребкова сушарка за ремонтним циклом відноситься до IV групи

Структура ремонтного циклу – це чергування у відповідній послідовності планових ремонтів і оглядів, яка найкраще забезпечує якісний ремонт обладнання.

2. Структура ремонтного циклу ферментатора з механічним перемішуванням:

К-О-О-О-О-Т-О-О-О-О-С-О-О-О-О-Т-О-О-О-О-К

Міжремонтний період - період роботи обладнання між двома послідовними плановими ремонтами.

$$3. P_{mp} = \frac{P_{pc}}{\sum C + \sum P + 1} = \frac{24}{1+2+1} = 6 \text{ міс}$$

$P_{pc}$  - ремонтний цикл, місяці

$\sum C$  - кількість середніх ремонтів в ремонтному циклі

$\sum P$  - кількість поточних ремонтів в ремонтному циклі

4 Тривалість між оглядових періодів:

$$P_{mo} = \frac{P_{pc}}{\sum C + \sum P + \sum O + 1} = \frac{24}{1+2+16+1} = \frac{24}{20} = 1,2 \text{ міс}$$

$\sum O$  - кількість оглядів в ремонтному циклі

5. Тривалість ремонтного циклу:

$$\frac{P_{pc}}{P_{mp}} = \frac{24}{11} = 2,1 \text{ роки}$$

6. Тривалість ремонту обладнання при складанні місячних планів ремонту обладнання:

$$A = \frac{T_p \cdot R \cdot K_n}{B \cdot T_c \cdot C} = \frac{35 \cdot 11,2 \cdot 0,9}{2 \cdot 8 \cdot 1} = 22,05 \text{ змін}$$

$T_p$  - Норма трудомісткості однієї умовної одиниці. (люд.год)

$R$  - категорія складності машини

$K_n$  - коефіцієнт виконання норми часу (не вище 1)

$B$  - кількість робітників в 1 зміну

$T_c$  - тривалість зміни

$C$  - змінність роботи на ремонті даної машини

7. Тривалість простою обладнання в ремонті при складанні річного плану ремонту обладнання:

$$A = \frac{24 \cdot R \cdot P_p}{T_c} = \frac{24 \cdot 11,2 \cdot 0,8}{8} = 27 \text{змін}$$

$P_p$  - норма простою обладнання в ремонті на одну ремонтну одиницю.

8. Норми трудомісткості ремонтів та профілактичних оглядів приведені в табл..1

Роботи	Профілактичний огляд	Поточний ремонт	Середній ремонт	Капітальний ремонт
Слюсарні	0,6	3	12	23
Станочні	-	0,9	3,6	8,5
Інші	-	0,5	1,8	3,5
Всього	0,6	4,4	17,4	35,0

Трудомісткість ремонтного циклу:

$$T_{p.c.} = R \cdot (35 + 17,4 \cdot \sum C + 4,4 \cdot \sum P + 0,6 \cdot \sum O) = 11,2 \cdot (35 + 17,4 \cdot 1 + 4,4 \cdot 2 + 0,6 \cdot 16) = 792,96 \text{люд.год}$$

9. Потрібна кількість слюсарів для міжремонтного обслуговування по цехам та типам обладнання:

$$q_{mo} = \frac{\sum R}{D} = \frac{11,2}{300} = 0,0373$$

$\sum R$  - сума ремонтних одиниць

D – норма міжремонтного обслуговування, умовні ремонтні одиниці на одного робочого в зміну.

Якщо  $R > 5$  то  $D=300$

Назва обладнання	Тип або марка	Кількість змін	Категорія ремонтної складності	Розряд ремонтного циклу	Тривалість, місяців		
					Ремонтного циклу	Міжремонтного періода	Міжоглядового періода
Гребкова сушарка	ВГС-50	1	11,2	IV	24	6	1

Якщо  $R \leq 5$  то  $D=500$

Графік планово-попереджувального ремонту:

10. Розрахунок потрібної кількості робітників для виконання планових ремонтів і оглядів виконують на підставі річного плану ремонтів:

$$C_p = \frac{(T_{pk} \sum R_k + T_{pc} \sum R_c + T_{pn} \sum R_n + T_{po} \sum R_o) K_n}{\Phi} = \frac{(35 \cdot 1 + 17.4 \cdot 1 + 4.4 \cdot 2 + 0.6 \cdot 16) \cdot 0.9}{2000} = 0.03186$$

11. Витрати праці на ремонтні та профілактичні роботи:

$$P_1 = a \cdot R$$

На огляд:  $0,6 \cdot 11,2 = 6,72$  год.

На поточний ремонт:  $4.4 \cdot 11,2 = 49,28$  год.

На середній ремонт:  $17.4 \cdot 11,2 = 194,88$  год.

На капітальний ремонт:  $0 \cdot 11,2 = 0$  год.

Витрати праці в рік: 250,88 год/рік

На огляд:  $10 \cdot 6,72 = 67,2$  год/рік

На поточний ремонт:  $49,28 \cdot 1 = 49,28$  год/рік.

На середній ремонт:  $194,88 \cdot 1 = 194,88$  год/рік.

## 12. Трудомісткість слюсарних, станочних та інших робіт (норма·год)

Профілактичний огляд:

$$P_{cl} = R \cdot a \cdot P_o = 11,2 \cdot 0,6 \cdot 10 = 67,2 \text{ норма} \cdot \text{год}$$

$$P_{cm} = R \cdot a \cdot P_o = 0$$

Поточний ремонт:

$$P_{cl} = R \cdot a \cdot P_n = 11,2 \cdot 3 \cdot 1 = 33,6 \text{ норма} \cdot \text{год}$$

$$P_{cm} = R \cdot a \cdot P_n = 11,2 \cdot 0,9 \cdot 1 = 10,08 \text{ норма} \cdot \text{год}$$

$$P_{in} = R \cdot a \cdot P_n = 11,2 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 2,8 \text{ норма} \cdot \text{год}$$

Середній ремонт:

$$P_{cl} = R \cdot a \cdot P_c = 11,2 \cdot 12 \cdot 1 = 134,4 \text{ норма} \cdot \text{год}$$

$$P_{cm} = R \cdot a \cdot P_c = 11,2 \cdot 3,6 \cdot 1 = 40,32 \text{ норма} \cdot \text{год}$$

$$P_{in} = R \cdot a \cdot P_c = 11,2 \cdot 1,8 \cdot 0,25 = 5,04 \text{ норма} \cdot \text{год}$$

## 13. Кількість слюсарів та станочників:

$$Z_{cl} = \frac{\sum P_{cl}}{\Phi} = \frac{235,2}{2000} = 0,1176$$

$$Z_{cm} = \frac{\sum P_{cm}}{\Phi} = \frac{50,4}{2000} = 0,0252$$

$$Z_{in} = \frac{\sum P_{in}}{\Phi} = \frac{8,2}{2000} = 0,0041$$

Графік календарно-ремонтних робіт

Назва об'єкта	Види ремонтних та профілактичних робіт та їх трудомісткість по місяцях, норма·год												Загальна трудоемкість робіт, норма·год			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	вс ЬО ГО	С Л.	С Т.	І Н .
Гребкова сушарка	0/6,72	0/6,72	0/6,72	0/6,72	0/6,72	П/49,28	0/6,72	0/6,72	0/6,72	0/6,72	0/6,72	С/194,88	25 0,8 8	23 5, 2	5 0, 4	8 , 2

## 8. ОПИС СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Широке впровадження систем автоматичного керування в сучасне виробництво необхідне для поліпшення якості промислової продукції та підвищення продуктивності праці.

Для задоволення потреби промисловості в сучасних засобах одержання, перетворення та передавання інформації, зберігання й оброблення даних і формування необхідних команд керування створюються автоматичні системи керування, які значно систематизують технічні процеси. Автоматизація підвищує продуктивність праці, покращує працездатність обладнання, збільшує відповідність технічним нормам і покращує техніко-економічні показники підприємств.

У сучасних умовах промисловість переходить від автоматизації окремих ділянок до автоматизації цілих виробничих процесів. Такий підхід дає змогу знайти оптимальні стандарти для процесів і домогтися максимальних результатів. Сучасні автоматизовані системи управління технологічними процесами будуються з використанням мікропроцесорних контролерів або комп'ютерних контролерів. Операції й автоматизації та управління програмується відповідно до логічної програми, заснованої на часі. Такі контролери виконують низку основних і допоміжних функцій, як-от збирання й оброблення вхідної інформації про стан технічних процесів, стабілізація параметрів, керування електрообладнанням і діагностика системи. Такі системи вирізняються гнучкістю і легко модифікуються без необхідності встановлення технічного обладнання.

Тому побудова автоматичних систем керування технологічними процесами на базі мікропроцесорних контролерів є сучасним технологічним завданням: автоматизація сушильних установок РВ-0,8 типу 16 ВК-дуже

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Володін С.О.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Вовк Р.В.	Назва, додаткова назва <b>ОПИС СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ</b>	<b>220791.КР.34.008 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш 1/2

важлива частина модернізації .Це пов'язано з економією людських ресурсів.

Принцип роботи.

Кнопки 8В1 і 8В2 відкривають клапани К1 і К2 на трубопроводах для відбору вторинної пари і вивантаження висушеного продукту.

Гаряча пара контролюється приладом Z, і вразі перевищення заданої температури трубопровід перекривається клапаном KZ.

Тиск у сушарці контролюється приладом 4а і підтримується на постійному рівні приладом 4б-4е.

Кількість продукту, що подається, реєструється пристроєм ба.

Кількість сухого продукту реєструється приладом 7а.

Швидке виявлення і ліквідація пожежі залежить від знання процедур пожежогасіння, наявності протипожежного обладнання та вміння співробітників ним користуватися.

## 9. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Охорона природи і довкілля, інтенсивне та раціональне використання природних ресурсів-одне з найважливіших соціальних завдань нашого суспільства.

На багатьох підприємствах фармацевтичної та мікробіологічної промисловості викиди в атмосферу забруднені пилом мікробних клітин, білків та інших мікробних продуктів, хімічно активних речовин, що утворюються в процесі ферментації, сушіння, гранулювання, змішування, пакування та завантаження транспортних засобів, а також сольовим і сировинним пилом.

Основним засобом запобігання забрудненню повітря є герметизація виробничих приміщень (ферментаторів, флотаторів, сушарок тощо).

Технічний процес отримання мікробіологічних синтетичних продуктів пов'язаний із використанням великої кількості води, забрудненої шкідливими мікроорганізмами, мінеральними солями та органічними компонентами. Ці речовини присутні як у розчиненому, так і в нерозчиненому стані. Методи очищення промислових стічних вод обирають залежно від складу забруднених стічних вод, що скидаються. Склад стічних вод складний і ще не до кінця вивчений.

Забруднення стічних вод зазвичай оцінюють за двома показниками: хімічна потреба в кисні(ХСК) - кількість кисню, необхідна для повного хімічного окиснення всіх забруднювальних речовин у літрі стічних вод(мг); біологічна потреба в кисні(БСК) - кількість кисню, використовуваного мікроорганізмами для окиснення мікробного матеріалу в літрі стічних вод(мг). Кількість кисню, споживаного за п'ятиденний період, наведено в ВСК5.

Існує кілька методів очищення стічних вод, що використовуються в

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Володін С.О.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Вовк Р.В.	Назва, додаткова назва <b>ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ</b>	<b>220791.КР.34.009 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш <b>1/4</b>

Вода, яка використовується для нагріву сушарки, не потребує спеціальної обробки, оскільки ця система відповідає нормативним вимогам.

Під час виробництва біологічно активних лікарських препаратів використовуються різні мікроорганізми, тому під час виробництва лікарських препаратів утворюється велика кількість хімічних відходів. Після сушіння аспірату, конденсації парів і відокремлення від суміші води й аспірату у воді можуть залишатися дрібні частинки продукту, які несуться з потоком парів. Згідно з аналізом відходів багатьох мікробіологічних і фармацевтичних компаній, викиди в атмосферу і стічні води потребують ретельного очищення. Для очищення води зазвичай використовують осадові резервуари.

Седиментаційні резервуари використовуються для розділення різних середовищ, таких як суспензії та емульсії, в полі сили тяжіння. У мікробіологічній промисловості відстійники використовуються в системах водо підготовки та для очищення промислових стічних вод.

На фармацевтичному підприємстві ПАО НПЦ 'Борщаговский ХФЗ' в цеху заводської хімії, де проводиться робота за спірином, встановлене газо і паро захисне обладнання для технічних і санітарних цілей.

Як приклад можна навести конденсатори повітряного тиску у вакуумних випарниках і циклони в розпилювальних сушарках. Газоочисники - це пристрої гігієнічного очищення, основна мета яких - зменшити скупчення повітря.

Для запобігання забрудненню повітря введено норми викидів шкідливих речовин:

- Гранично допустимі концентрації
- Гранично допустимі викиди

Існує два методи видалення твердих домішок:

220791.КР.34.009 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 2
---------------------	------------	--------------	------------	------------

а) збирання пилу;

б) фільтрація.

На таблеткових фабриках необхідно контролювати рівень пилу, для чого використовуються пиловловлювачі. Пиловловлювання – це очищення газів і повітря, що виділяються пилом, за допомогою різних фізичних сил. Пиловловлювачі можна розділити на гравітаційні, інерційні, електричні, акустичні та очисні. Гравітаційні системи використовуються для видалення частинок діаметром 0,2-10 мм.

Під час технічного процесу забезпечується припливно-витяжна вентиляція для запобігання утворенню газів у небезпечних концентраціях у приміщенні. Повітря, що викидається в навколишнє середовище, спочатку проходить через циклон і фільтр ГТОС-ІОО. Потім вітровими каналами воно подається в абразивний сепаратор, де відбувається "мокре очищення" від шкідливих речовин. Стоки скидаються в каналізаційну систему. Відпрацьоване повітря з бункера прямує в скрубєр для "вільного промивання". Очищене в скрубєрі повітря видаляється вентилятором і викидається в атмосферу.

Відповідно до Державних санітарних правил з планування та забудови населених місць, затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України (19.06.19), відпрацьоване повітря з бункерів спрямовується в скрубєри. 90,№173, Додаток 4 "Санітарні, підприємства, виробництва, класифікація спор, розміри санітарно – захисних зон", заданими ВАТ "Галич фарм" санітарно-захисною зоною хімічного підприємства і виробництва є санітарно – захисна зона відчуження. Виробничий майданчик розташований у промисловій зоні, найближчі житлові будинки знаходяться на відстані не менше 500 м від межі майданчика. На підприємстві застосовується низка захисних заходів щодо запобігання забрудненню довкілля, зокрема

-Розроблення та застосування маловідходних виробничих процесів, машині устаткування, що забезпечують раціональне використання матеріалів і сировини, утилізацію відходів;

- підготовка фахівців у галузі охорони навколишнього середовища.

Для зниження викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище пропонується.

- Підтримувати налагоджену систему виробництва;

- посилити контроль за дотриманням правил експлуатації технічних установок;

- посилити контроль за дотриманням правил експлуатації технічних установок

- Забезпечити вільний вибір виробничих потужностей;

- удосконалити наявні підприємства для зниження кількості браку та зменшення кількості небезпечних відходів.

Ці заходи допоможуть звести до мінімуму кількість забруднень, що викидаються в навколишнє середовище.

## УЗАГАЛЬНЕНІ ВИСНОВКИ

Сучасний розвиток фармацевтичної промисловості в Україні вимагає впровадження нових та модернізації застарілих технологій та обладнання. Виробництво лікарських препаратів має відповідати найсуворішим стандартам якості та безпеки, а також бути економним та екологічно чистим.

У рамках дипломного проекту було досліджено конструкцію та принцип роботи гребкової сушарки, яка використовується для сушіння лікарських рослин у виробництві фармацевтичних препаратів. Були проаналізовані аналоги цього обладнання на світовому ринку.

На основі отриманих знань було розроблено проект модернізованої гребкової сушарки, яка відповідає сучасним вимогам фармацевтичного виробництва. Модернізація сушарки включає наступні ключові моменти:

**Впровадження безперервного подавання продукту:** Замість ручного завантаження використовується ваговий дозатор, який автоматично подає продукт у сушарку. Це дозволяє значно економити час та робочу силу.

**Встановлення валків:** Чотири валки, розташовані між лопатями по всій довжині барабана, очищають їх від відкладень та покращують перемішування і подрібнення сушеного матеріалу. Це призводить до більш рівномірного сушіння та скорочення часу роботи сушарки.

**Використання теплоносія з більш низькою температурою:** Замість високотемпературної пари використовується теплоносій з нижчою температурою, що дозволяє зберегти активні речовини лікарських рослин та зменшити витрати енергії.

Розроблена модернізована гребкова сушарка може бути використана для сушіння різних лікарських рослин та інших фармацевтичних матеріалів. Вона має ряд переваг перед традиційними сушарками, таких як: висока продуктивність., економія енергії., зниження собівартості продукції.,

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Володін С.О.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Вовк Р.В.	Назва, додаткова назва <b>УЗАГАЛЬНЕНІ ВИСНОВКИ</b>	<b>220791.КР.34.000 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш 1/2

збереження якості продукту, екологічність,

Впровадження модернізованої сушарки на фармацевтичних підприємствах може призвести до: збільшення обсягів виробництва, зниження собівартості лікарських препаратів, покращення якості лікарських препаратів, зменшення впливу на довкілля.

Модернізація гребкової сушарки є актуальним та перспективним напрямком розвитку фармацевтичної промисловості. Вона може сприяти покращенню якості лікарських препаратів, зниженню їх собівартості та зменшенню впливу на довкілля.

Окрім вищезазначених переваг, модернізована гребкова сушарка має ряд інших важливих характеристик:

**Простота та зручність експлуатації:** Сушарка проста в управлінні та не потребує спеціальної підготовки персоналу.

**Надійність:** Сушарка виготовлена з високоякісних матеріалів та комплектуючих, що гарантує її довговічність та безперебійну роботу.

**Естетичність:** Сушарка має сучасний дизайн та відповідає найвищим вимогам ергономіки.

**Розвинена механізація та автоматизація:** Сушарка оснащена автоматичними системами управління та контролю, що робить процес сушіння максимально ефективним.

**Низька енерго- та металоємність:** Сушарка економно використовує енергоресурси та виготовлена з легких та міцних матеріалів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологічні комплекси харчових виробництв. Навч. посібник / В.І. Теличкун, О.М. Гавва, Ю.С. Теличкун, О.О. Губеня, М.Г. Десик, О.М. Чепелюк. – Київ: Видавництво «Сталь», 2017. – 456 с.
2. Монтаж, експлуатація і діагностика та ремонт обладнання м'ясопереробних підприємств: підручник / І. Г. Бабанов, О. М. Гавва, О. І. Бабанова та ін. – Київ: Сталь, 2015. – 600 с.
3. Авраменко О. М., Авраменко Н. О., Авраменко О. О. Сушарки для фармацевтичних продуктів: конструкція, розрахунок, проектування. - К.: НТУ "КПІ", 2018. - 224 с.
4. Бабенко Л. П., Ковальчук Л. М., Савченко О. В. Технологія сушіння лікарських рослин. - К.: "Україна", 2010. - 312 с.
5. Василенко В. М., Петренко В. І., Федоренко В. П. Обладнання для фармацевтичного виробництва. - Х.: "Основа", 2005. - 480 с.
6. Головка О. М., Зайченко В. Г., Мельниченко О. В. Конструювання сушарок для фармацевтичної промисловості. - К.: "Наукова думка", 2014. - 192 с.
7. Дерев'яненко О. О., Зайченко В. Г., Мельниченко О. В. Енергоефективність сушарок для фармацевтичної промисловості. - К.: "Наукова думка", 2016. - 152 с.
6. Gani R., Ait Kadi M., Ait Kaci M. Drying of pharmaceutical products: Principles and applications. - Elsevier, 2017. - 544 p.
7. Jin Z., Mujtaba G., Ahmed S. Pharmaceutical drying technology: Recent developments and future directions. - Journal of Pharmaceutical Sciences, 2019, Vol. 108, No. 10, pp. 2547-2560.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Володін С.О.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Вовк Р.В.	Назва, додаткова назва <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	<b>220791.КР.34.000 ПЗ</b>				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш 1/3	

8. Mujtaba G., Ahmad W., Shekhar S. Drying of pharmaceutical products: A review. - *Drying Technology*, 2016, Vol. 34, No. 10, pp. 1227-1242.
9. Pandey A., Pathan S., Das D. Pharmaceutical drying technologies: A comprehensive review. - *International Journal of Pharmaceutics*, 2020, Vol. 577, pp. 111128.
10. Vertuani S., Lorusso G., Sanmartin M. E. Innovative drying technologies for pharmaceutical applications. - *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2018, Vol. 149, pp. 147-157.
11. Допоміжні речовини в технології ліків: вплив на технологічні, споживчі, економічні характеристики і терапевтичну ефективність : навч. посіб. / [Перцев І. М. , Дмитрієвський Д. І., Рибачук В. Д. та ін.] ; за ред. І. М. Перцева. - Х: Золоті сторінки, 2010. - 600 с.
12. Технологія ліків промислового виробництва: підруч. для студ. вищ. навч. закл. : в 2-х ч. / В. І. Чуєшов, Є. В. Гладух, І. В. Сайко та ін. – 2-е вид., перероб. і доп. - Х.: НФаУ; Оригінал, 2013. – Ч. 2. – 638 с.
13. СТАНДАРТ. Оформлення списку літературних джерел за ДСТУ 8302:2015
14. Гончаренко Г. М. Технологічне обладнання консервних та овочепереробних виробництв : довідник : навч. посібник / Г. М. Гончаренко, В. В. Дуб, В. В. Гончаренко. – Київ : Центр навч. літ., 2007. – 304 с.
15. Єресько Г. О., Шинкарик М. М., Ворощук В. Я. Технологічне обладнання молочних виробництв : навч. посібник. – Київ : Інкос, Центр навч. літ., 2007. – 344 с.
16. Закалов О. В., Закалов І. О. Проектування підприємств харчової промисловості : навч. посібник. – Тернопіль : ТДТУ ім. І. Пулюя, 2007. – 260 с.
17. Переяславцев О. М., Бондаренко А. А., Островський О. О. Основи теоретичної механіки та опору матеріалів : навч. посібник. – Вінниця : Нова книга, 2007. – 472 с.

18. Петько В. Ф., Гапонюк О. І., Петько Є. В., Уляницький А. В. Обладнання підприємств макаронного і кондитерського виробництв : підручник / за ред. д. т. н., проф. О. І. Гапонюка. – Київ: Центр учбової літератури, 2007. – 432 с.
19. Мирончук В. Г., Гулий І. С., Пушанко М. М. та ін. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості : підручник / за ред. В. Г. Мирончука. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Вінниця : Нова книга, 2007. – 648 с.