

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

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

Кафедра *Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв*

«До захисту в ЕК»

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 МАГІСТРА**

зі спеціальності *133 «Галузеве машинобудування»*

(код та назва спеціальності)

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

на тему

Модернізація апарату для гомогенізації мазей об'ємом 0,7 м³.

Виконав: здобувач ІV курсу, групи ОХ-4-2

Житнецький Артем Ігорович

_____ (прізвище, ім'я, по батькові повністю)

Керівник **Губеня Олексій Олександрович** _____

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти _____

(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

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

Здобувач _____

(підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра *Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв*

Освітній ступінь *бакалавр*

Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*

(шифр і назва)

Освітня програма *«Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»*

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАХФВ

проф. Олександр ГАВВА

(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

3 червня 2025 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Житнецький Артем Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Модернізація апарату для гомогенізації мазей об'ємом 0,7 м³.**

керівник проекту (роботи) *Губеня Олексій Олександрович, доц., канд. тех. наук*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «10» квітня 2024 р. № 218-к

2. Строк подання здобувачем роботи 2 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

1. *Прототип - гомогенізатор з лопатевою, рамною мішалками, і зовнішнім контуром з турбінною мішалкою.*

2. *Продукт – мазь.*

3. *Оглядіві і дослідницькі наукові статті за тематикою проекту*

4. *Презентації та рекламні матеріали виробників обладнання*

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

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

Загальний вигляд обладнання – 1 лист; Розрізи, Складальні одиниці обладнання – 3 листи; Технологія машинобудування – 1 лист

6. Консультанти розділів роботи

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	01.04.2025р.	
2	Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.	05.04.2025р.	
3	Характеристика вихідної сировини і готового продукту	10.04.2025р.	
4	Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.	15.04.2025р.	
5	Вибір конструкційних матеріалів	20.04.2025р.	
6	Розрахункова частина	02.05.2025р.	
7	Технологічний маршрут виготовлення деталі	15.05.2025р.	
8	Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту.	17.05.2025р.	
9	Опис системи управління	18.05.2025р.	
10	Заходи щодо охорони праці, екології	20.05.2025р.	
11	Висновки,	22.05.2025р.	
12	Графічна частина: 5 аркушів формату А3	25.05.2025р.	
13	Список використаних літературних джерел	27.05.2025р.	
14	Анотація, зміст	28.05.2025р.	
	Подача ДП на кафедру	02.06.2025р.	

Здобувач _____ *Артем ЖИТНЕЦЬКИЙ*

Керівник роботи _____ *Олексій ГУБЕНЯ*

Анотація

Житнецький Артем Ігорович. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування «**Модернізація апарату для гомогенізації мазей об'ємом 0,7 м³**».

Однією із найважливіших технологічних операцій у виробництві мазей є гомогенізація, тобто, подрібнення частинок маzewої емульсії та їх рівномірний розподіл у всьому об'ємі мазі.

Наявне обладнання для гомогенізації має деякі недоліки, зокрема: тривалий час процесу, до 3-5 годин; висока енерго та металоємність обладнання; недостатня якість готового продукту (внаслідок чого продукт раніше гарантованого часу зберігання втрачає споживчі та функціональні властивості).

Для вирішення даного питання було проаналізовано інноваційні розробки провідних виробників обладнання для виробництва мазей, а також отримано рекомендації та зауваження від фахівців фармацевтичних підприємств України, зокрема, фармацевтичної фірми «Дарниця» та компанії «ФарКоС».

Пропонується модернізувати гомогенізатор іновативним технічним рішеннями встановлення насоса-диспергатора гомогенізатора для перекачування, подрібнення та гомогенізації мазі, повернення її в ємність циркуляційним контуром.

Технічний ефект полягає у значному зменшенні часу оброблення мазі.

Ключові слова: *гомогенізатор, мазь, мішалка, лопать, диспергатор.*

Abstract

Zhytenetskyi, Artem Ihorovich. Qualification work for the educational degree "Bachelor" in specialty 133 – Industrial Engineering "**Modernization of an apparatus for homogenizing ointments with a volume of 0,7 m³**".

One of the most important technological operations in ointment production is homogenization, which involves grinding the particles of the ointment emulsion and distributing them uniformly throughout the entire volume of the ointment.

Existing homogenization equipment has several drawbacks, including: a long process time, up to 3-5 hours; high energy and material consumption of the equipment; and insufficient quality of the finished product (as a result, the product loses its consumer and functional properties before the guaranteed storage time).

To address this issue, innovative developments from leading manufacturers of ointment production equipment were analyzed. Recommendations and comments also were obtained from specialists at Ukrainian pharmaceutical enterprises, specifically pharmaceutical company "Darnytsia" and "FarKoS" company.

It is proposed to modernize the homogenizer with innovative technical solutions by installing a pump-disperser homogenizer for pumping, grinding, and homogenizing the ointment, and returning it to the tank via a circulation loop.

The technical effect lies in significantly reducing the ointment processing time.

Keywords: homogenizer, ointment, mixer, blade, disperser.

Зміст

Вступ.....	.....
1.Порівняльний аналіз технічних рішень .....	.....
2.Техніко-економічне обґрунтування проекту.....	.....
3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту.....	.....
4. Опис запропонованого технічно рішення.....	.....
5.Вибір конструкційних матеріалів.....	.....
6.Розрахункова частина.....	.....
7.Технологічний маршрут виготовлення деталі.....	.....
8. Вимоги до монтажу і технічного сервісу .....	.....
9. Опис системи управління.....	.....
10. Заходи щодо охорони праці .....	.....
Висновок.....	.....
Список використаних літературних джерел.....	.....
Специфікації.....	.....

Вступ

Мазі — напівтверді препарати, призначені для зовнішнього нанесення на шкіру або слизові оболонки. Вони широко використовуються у фармацевтичній, косметичній та медичній промисловості.

Організація виробництва мазей вимагає глибокого розуміння сировини та виробничого процесу для забезпечення високоякісних, безпечних та ефективних продуктів.

Однією із найважливіших технологічних операцій у виробництві мазей є гомогенізація, тобто, подрібнення частинок маzewої емульсії та їх рівномірний розподіл у всьому об'ємі мазі.

Наявне обладнання для гомогенізації має деякі недоліки, зокрема:

Тривалий час процесу, до 3-5 годин

Висока енерго та металоємність обладнання

Недостатня якість готового продукту (внаслідок чого продукт раніше гарантованого часу зберігання втрачає споживчі та функціональні властивості)

Для вирішення даного питання було проаналізовано інноваційні розробки провідних виробників обладнання для виробництва мазей, а також отримано рекомендації та зауваження від фахівців фармацевтичних підприємств України, зокрема, фармацевтичної фірми «Дарниця» та компанії «ФарКоС».

Пропонується інтенсифікувати процес гомогенізації удосконалити конструкцію зовнішньої мішалки та встановити насос-диспергатор з зовнішнім контуром.



1. Порівняльний аналіз технічних рішень

1.1. Мазі і пасти

Мазі і пасти – високов'язкі речовини, які зазвичай містять АФІ, які наносять на шкіру у терапевтичних цілях [1].

Це напівтверді місцеві препарати, призначені для нанесення на шкіру або слизові оболонки. Зазвичай вони жирні та містять високу частку масляної основи. Мазі доставляють терапевтичні агенти локально або системно, захищають шкіру, зволожують або змащують шкіру.

Характеристика мазей [2]

1. Напівтверда консистенція: дозволяє легко наносити та прилипати до шкіри.
2. Оклюзійна природа: утворює бар'єр, запобігаючи втраті води та сприяючи загоєнню ран або зволоженню шкіри.
3. *Гомогенність*: рівномірний розподіл активних інгредієнтів.
4. Нерозчинний у воді: зазвичай гідрофобний, що обмежує водопоглинання.
5. Повільне вивільнення препарату: забезпечує тривалу дію в місці застосування.

Види мазевих основ

1. Вуглеводневі (маслянисті) основи
 - Склад: виготовляється з вуглеводнів, таких як вазелін або парафін.
 - Властивості:
 - Жирний і оклюзійний.
 - Не можна мити водою.
 - Приклади: білий вазелін, вазелін.
 - Застосування: Забезпечує пролонговану дію, запобігає втраті вологи.
2. Бази поглинання
 - Склад: Вуглеводневі основи зі здатністю поглинати воду.
 - Властивості:

- Дозволяє вводити водні розчини.
- Жирний і оклюзійний.
- Приклади: гідрофільний вазелін, ланолін.
- Використання: використовується для гідрофільних лікарських форм.

3. Основи, що відмиваються водою (кремоподібні мазі)

- Склад: емульсії масло-у-воді (М/В).
- Властивості:
- Змивається водою.
- Не жирний і естетично привабливий.
- Приклади: зникаючі креми, гідрофільні мазі.
- Застосування: кращий для косметичних застосувань і легко видаляються.

4. Водорозчинні основи

- Склад: поліетиленгліколі (ПЕГ).
- Властивості:
- Повністю водорозчинний і миється.
- Нежирний.
- Приклади: ПЕГ мазі.
- Застосування: доставка водорозчинних препаратів.

Компоненти рецептури

1. Активний інгредієнт: лікарський засіб або терапевтичний засіб.

Приклад: антибіотики (мупіроцин), стероїди (гідрокортизон).

2. Основа: Визначає консистенцію та властивості мазі.

Приклад: вазелін, ланолін.

3. Стабілізатори: підвищують стабільність складу.

Приклад: антиоксиданти, такі як бутильований гідрокситолуол (ВНТ).

4. Консерванти: запобігають росту мікробів у водних основах.

Приклад: метилпарабен, бензиловий спирт.

5. Зволожувачі: притягують вологу до шкіри.

Приклад: гліцерин, сорбіт.

Переваги мазей

1. Пролонгована дія: тривале вивільнення препарату.
2. Оклюзійний ефект: утримує вологу та сприяє загоєнню ран.
3. Не подразнює: підходить для чутливої або пошкодженої шкіри.
4. Широкий спектр використання: використовується для місцевих, системних, захисних і косметичних цілей.

Недоліки мазей

1. Жирна природа: може залишати плями на одязі та викликати неприємні відчуття.
2. Обмежене використання ліків: деякі препарати можуть бути несумісними з олійними основами.
3. Низька швидкість вивільнення препарату: повільна дифузія від основи.

Способи приготування

1. Спосіб введення: активний інгредієнт змішується з основою за допомогою змішування.

Інструменти: ступка і товкач, мазь.

2. Метод об'єднання компонентів

Компоненти розплавляють і змішують між собою.

Підходить для основ з восками та інгредієнтами з високою температурою плавлення.

Процес:

Нагрівання основи до розплавлення.

Додавання активних інгредієнтів.

Охолодження, перемішування, щоб забезпечити однорідність.

Оцінка мазей

1. Текучість: вимірюється за допомогою спредометра. Вказує на легкість застосування.
2. Консистенція: Оцінено за допомогою пенетрометрії (твердість).
3. Однорідність вмісту препарату: забезпечує рівномірний розподіл активного інгредієнта.
4. В'язкість: вимірюється за допомогою віскозиметра.

5. Стабільність: Оцінено за різних умов зберігання, щоб перевірити відокремлення або деградацію.

6. Перевірка на подразнення: Переконається, що продукт не подразнює шкіру.

Застосування мазей

1. Місцеві заходи:

Приклад: антибактеріальні мазі від інфекцій.

2. Системна дія:

Приклад: гормональні мазі (наприклад, тестостеронові).

3. Захисне використання:

Приклад: бар'єрні мазі для запобігання попрілостей.

4. Косметичне використання:

Приклад: пом'якшувачі для зволоження шкіри.

5. Загоєння ран:

Приклад: сульфадіазин срібла при опіках.

Приклади мазей

Антисептик: Бетадин (повідон-йод).

Антибіотик: неоспорин (бацитрацин, неоміцин).

Кортикостероїди: гідрокортизонова мазь.

Противіробкові: Клотримазолова мазь.

Зволоження: Вазелін.

Мазі є основною формою місцевих ліків, що забезпечують тривалу дію та захисний ефект. Їх склад залежить від терапевтичних потреб, переваг пацієнта та властивостей препарату. Незважаючи на деякі обмеження, мазі залишаються незамінними в дерматології, косметології та лікуванні ран.

З точки зору технології та механічної інженерії, мазь – це *емульсія* (наприклад, АФІ у жировій основі), а паста – це суспензія (наприклад, зубна паста – у основу вводяться тверді частинки). Їх гомогенізація проводиться однакових апаратах.

Основні технологічні операції виробництва мазей [3]:

- Приготування АФІ (реактори-змішувачі)
- Приготування основи (реактор-змішувач для основи)
- Гомогенізація (гомогенізатор)
- Система транспортування до пакувальної машини (трубопроводи, ємкості)
- Пакування у туби, баночки, контейнери.
- Пакування в коробки

Формула мазей вимагає поєднання активних фармацевтичних інгредієнтів (АФІ) і допоміжних речовин. Основна сировина включає:

1. Активні фармацевтичні інгредієнти (АФІ)

АФІ – це лікарські компоненти, що відповідають за терапевтичний ефект мазі. Залежно від передбачуваного використання АФІ можуть включати:

Антибіотики (наприклад, неоміцин, бацитрацин)

Протизапальні засоби (наприклад, гідрокортизон, диклофенак)

Протигрибкові засоби (наприклад, клотримазол, міконазол)

Анальгетики (наприклад, лідокаїн, ментол)

Зволожувачі та засоби захисту шкіри (наприклад, оксид цинку, екстракт алое вера)

2. Основні матеріали

Основа забезпечує структурну консистенцію мазі та сприяє доставці АФІ. Загальні основи включають:

Вазелін – забезпечує оклюзію та покращує поглинання шкірою.

Парафін (м'який і твердий) – використовується для згущення та емульгування.

Ланолін – природний пом'якшувач із зволожуючими властивостями.

Віск (бджолиний віск, карнаубський віск) – використовується для регулювання в'язкості та консистенції.

3. Емульгатори

Емульгатори допомагають стабілізувати масляні та водні компоненти в рецептурі. Загальні емульгатори включають:

Полісорбати – використовуються в гідрофільних мазях.

Цетиловий спирт – покращує консистенцію та стабільність.

Стеариловий спирт – діє як загусник.

4. Розчинники та співрозчинники

Розчинники допомагають розчинити АФІ та покращують їх проникнення в шкіру. Звичайні розчинники включають:

Вода – використовується в мазях на водній основі.

Пропіленгліколь – покращує розчинність і поглинання.

Етанол та ізопропіловий спирт – використовуються для антимікробних властивостей і розчинності.

5. Консерванти та стабілізатори

Для продовження терміну зберігання та запобігання росту мікробів додають консерванти та стабілізатори, зокрема:

Парабени (метилпарабен, пропілпарабен)

Бензалконію хлорид

Бензоат натрію

6. Ароматизатори та барвники

Ароматизатори та барвники використовуються в косметичних мазях для підвищення естетичної привабливості. Можна використовувати натуральні ефірні масла, ментол або синтетичні барвники.

Процес виробництва мазей

Виробництво мазей включає кілька етапів, включаючи підготовку, змішування, емульгування, гомогенізацію, охолодження та пакування. Ось покрокова розбивка процесу виробництва мазі:

1. Підготовка інгредієнтів

Першим кроком у виробничому процесі є підготовка та відмірювання сировини відповідно до рецептури. Це включає вагові API, основні матеріали, емульгатори та інші допоміжні речовини.

2. Нагрівання та змішування

Масляну та водну фази нагрівають окремо в посудинах з сорочкою при контрольованих температурах. Масляна фаза включає віск, вазелін і маслорозчинні інгредієнти, тоді як водна фаза складається з водорозчинних компонентів, емульгаторів і консервантів. Типовий діапазон температур для нагрівання становить від 60°C до 80°C.

3. Емульгування

Коли дві фази досягають необхідної температури, вони змішуються разом під високим зусиллям зсуву для утворення стабільної емульсії. Процес емульгування забезпечує рівномірне диспергування компонентів і запобігає розділенню масляної та водної фаз.

4. Гомогенізація

Для отримання гладкої та однорідної текстури емульсію гомогенізують за допомогою гомогенізатора високого тиску або колоїдної млини. Цей крок зменшує розмір частинок, покращує стабільність продукту та покращує поглинання шкірою.

5. Охолодження та додавання чутливих до тепла інгредієнтів

Після гомогенізації суміш поступово охолоджують при постійному перемішуванні. Чутливі до тепла інгредієнти, такі як ароматизатори, ефірні олії та деякі АРІ, додаються на цьому етапі, щоб запобігти розкладанню через високі температури.

6. Контроль якості та тестування

Перед упаковкою мазь проходить ретельний контроль якості, в тому числі:

Випробування на в'язкість і консистенцію – забезпечує однорідну текстуру та здатність до розтікання.

Тест рН – підтверджує сумісність зі шкірою.

Мікробне тестування – виявляє забруднення та забезпечує стерильність.

Тестування стабільності – оцінює довгострокову стабільність продукту за різних умов.

7. Упаковка та маркування

Остаточна мазь розливається у відповідні контейнери, такі як алюмінієві трубки, пластикові банки або герметичні контейнери. Упаковка забезпечує захист від зовнішніх забруднень і продовжує термін зберігання. Марковані контейнери містять такі важливі деталі, як:

Найменування і склад продукту

Термін придатності та номер партії

Інструкції щодо зберігання

8. Зберігання та розподіл

Після упаковки мазі зберігаються в контрольованих умовах для підтримки їх стабільності перед розповсюдженням в аптеках, лікарнях або роздрібних магазинах.

Висновок

Виробництво мазей вимагає ретельного відбору сировини, точних технологій обробки та суворого контролю якості. Ефективне виробництво мазей забезпечує виробництво високоякісних, ефективних і безпечних рецептур для медичного та косметичного застосування.

Розуміючи сировину та дотримуючись стандартизованого виробничого процесу, виробники можуть відповідати нормативним вимогам і гарантувати задоволеність клієнтів.

1.2. Інноваційне обладнання виробництва мазей

Обладнання вакуумного емульгатора відноситься до обладнання, яке професійно використовується для високошвидкісного зсуву, диспергування та змішування матеріалів. Це може зробити матеріал повністю емульгованим і тонким, рівномірно змішаним і видалити бульбашки повітря в процесі виробництва. Професійно використовується для косметичних кремових матеріалів і фармацевтичних кремових матеріалів [4].

Вакуумний емульгатор означає матеріали у вакуумному стані з використанням емульгатора з високим зсувом, ефективного, швидкого та рівномірного розподілу однієї фази або декількох фаз в іншу фазу, і кожна фаза за нормальних обставин (наприклад, масляна та водна фази) є взаємовиключною.

Контактна частина виготовлена з нержавіючої сталі 316L, всередині та зовні з дзеркальним поліруванням і стандартом GMP.

Включає систему очищення SIP, яка легко очищає внутрішні робочі поверхні. Під час емульгування вся обробка відбувається у вакуумному середовищі, тому вона не тільки може усунути пил, який утворився під час обробки емульгування, але також може уникнути непотрібного забруднення.



Рис. 1.1. Гомогенізатор мазей інтенсивної дії з двома мішалками

1.3. Робочі органи для перемішування рідин

Лопатеві мішалки – це один з найпростіших типів мішалок [5]. Лопати простягаються по всій ємності та досягають її стінок. Вони в основному використовуються в тих випадках, коли потрібен рівномірний ламінарний потік рідин та незначний зсув. Цей тип мішалок особливо використовується для в'язких матеріалів. Вони в основному використовуються в харчовій, хімічній, фармацевтичній промисловості, виробництві сорбіту тощо.



Рис. 1.2. Чотирьох лопатева мішалка



Рис. 1.3. Дволопатева мішалка

Турбінні мішалки мають осьовий вхід, а вихід – радіальний. Турбінні мішалки дуже універсальні; вони здатні виконувати широкий спектр операцій змішування, оскільки ці мішалки можуть створювати турбулентний рух рідини завдяки поєднанню обертального та відцентрового руху. Вони широко використовуються в металургійній промисловості, а також для хімічних реакцій і мають дуже високу ефективність змішування. Вони здебільшого використовуються в хімічній, фармацевтичній, жиропереробній та косметичній промисловості [6].

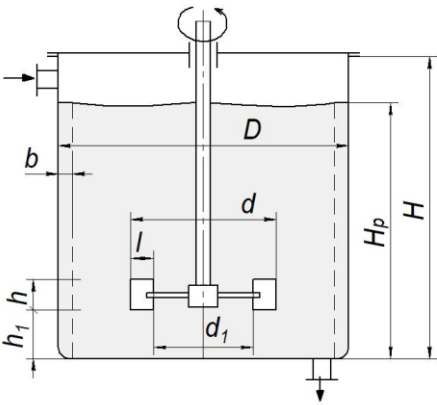
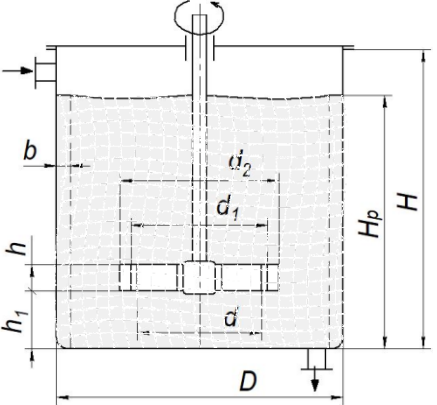
<p style="text-align: center;">Турбінна відкрита</p> 	$\frac{D}{d} = 0.3$ $\frac{H_p}{d} = 0.75 \div 0.85 \quad \frac{h}{d} = 0.2 \div 0.3$ $\frac{l}{d} = 0.25 \quad \frac{d_1}{d} = 0.65$ $\frac{h_1}{d} = 0.5 \div 1.5$ $\frac{b}{D} = 0.08$	$\mu < 25 \text{ Па}\cdot\text{с}$ $V = 3\text{--}8 \text{ м/с}$
<p style="text-align: center;">Турбінна закрита</p> 	$\frac{D}{d} = 2.4$ $\frac{h}{d} = 0.25$ $\frac{h_1}{d} = 0.85$ $\frac{d_1}{d} = 1.1 \quad \frac{d_2}{d} = 1.6$	$\mu < 25 \text{ Па}\cdot\text{с}$ $V = 3\text{--}8 \text{ м/с}$

Рис. 1.3. Турбінні мішалки

Якірні мішалки як випливає з назви, форма крильчатки нагадує форму якоря. Ці мішалки також розтягуються та поширюються по всій ємності, завдяки чому зазор між лопатями та стінками ємності дуже зменшується. Ці мішалки також використовуються, коли бажані умови ламінарного потоку. Ці крильчатки перемішують всю партію, оскільки лопаті майже фізично контактують зі стінками ємностей. Ці мішалки використовуються в промисловості, що займається виробництвом чорнил, фарб та клеїв.

Пропелерні мішалки мають робочі колеса, схожі на гвинти морського типу. Лопаті звужуються до вала, щоб мінімізувати відцентрову силу та сприяти осьовому потоку. Це означає, що під час роботи мішалка рух рідини такий, що вхідний потік паралельний валу, а вихідний потік також паралельний

валу, ідеальний потік має осьовий характер. Вони в основному використовуються для перемішування рідин з низькою в'язкістю. Вони використовуються у фармацевтичній промисловості, а також в інших галузях, де використовуються суспензії, оскільки мішалки не дозволяють твердим частинкам осідати.



Рис. 1.4. Якірна мішалка



Рис. 1.5. Пропелерна мішалка

Лопаті гвинтових мішалок розташовані у формі спіралі. Зовнішній вигляд схожий на різьбовий гвинт. Рух рідин у цьому типі мішалки також має осьовий характер через те, як рухаються лопаті або стрічки під час роботи гвинтової мішалки. Під час роботи мішалки відбувається енергійний рух рідин усередині резервуара. Вона використовується в полімерній промисловості та інших галузях промисловості, які потребують використання досить в'язких матеріалів.



Рис. 1.6. Лопать гвинтової мішалки

1.4. Гомогенізатори для мазей і паст

Гомогенізатори відіграють важливу роль у поєднанні інгредієнтів для утворення однорідної та тонкої суміші, необхідної для створення мазей. Цей процес не тільки забезпечує рівномірний розподіл активних компонентів, що є вирішальним для ефективності продукту, але також покращує текстуру, стабільність і поглинання мазі.

Механічні гомогенізатори [7]

Механічні гомогенізатори можна розділити на три окремі категорії: роторно-статорні гомогенізатори, гомогенізатори лопатевого типу та бісерні гомогенізатори.

Роторно-статорні гомогенізатори (також звані колоїдними млинами або гомогенізаторами Віллемса) загалом перевершують змішувачі з лопатями та добре підходять для тканин рослин. Однак гомогенізований зразок забруднений дрібними частинками скла та нержавіючої сталі, а абразивний знос роторно-статорного гомогенізатора є неприйнятно високим.

Спільне між ультразвуковою та механічною (ротор-статор) гомогенізацією, це те, що обидва методи генерують і використовують певною мірою кавітацію. Кавітація визначається як утворення та згортання пароподібних порожнин низького тиску в рідині, що тече. Кавітація виникає, коли ви переміщуєте твердий предмет через рідину з високою швидкістю. При ультразвуковій гомогенізації об'єкт, який переміщується, є зондом, який вібрує з дуже високою швидкістю, викликаючи кавітацію. При механічній гомогенізації (ротор-статор) лопатка (ротор) рухається через рідину з високою швидкістю, що створює кавітацію.

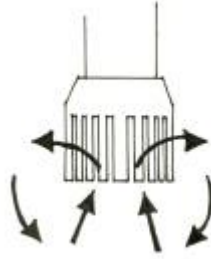


Рис. 1.7. Схема роторно-статорного гомогенізатора

Роторно-статорний гомогенізатор або гомогенізатор генераторного типу вперше був розроблений для виготовлення дисперсій і емульсій, і більшість біологічних тканин швидко й ретельно гомогенізуються за допомогою цього апарату. Матеріал відповідного розміру втягується в апарат за допомогою ротора (лопаті), що швидко обертається, розташованого всередині статичної головки або труби (статора), що містить прорізи або отвори. Там матеріал відцентрово викидається назовні за допомогою насоса, щоб вийти через щілини або отвори. Оскільки ротор (лопаті) обертається з дуже високою частотою обертання, тканина швидко зменшується в розмірі завдяки поєднанню екстремальної турбулентності, кавітації та механічного зсуву, подібного до ножиць, що відбувається у вузькому зазорі між ротором і статором. Оскільки більшість роторно-статорних гомогенізаторів мають відкриту конфігурацію, продукт повторно рециркулюється. Процес швидкий і залежно від міцності зразка тканини, бажані результати зазвичай будуть отримані через 15-120 секунд.

Змінні, які потрібно оптимізувати для досягнення максимальної ефективності, такі:

- Конструкція і розмір ротора статора (генератора)
- Швидкість кінця ротора
- Початковий розмір вибірки
- В'язкість середовища
- Час обробки або витрата
- Об'єм середовища та концентрація зразка

– Форма посудини і розташування ротора-статора

При механічній роторно-статорній гомогенізації найважливішим компонентом є зонд гомогенізатора, також відомий як генератор. Розмір цього прецизійного компонента може варіюватися від діаметра олівця для об'ємів зразка 0,01-10 мл до набагато більших блоків із продуктивністю до 19 000 літрів або, для лінійних блоків, можливостями до 68 000 літрів/год. Швидкість ротора коливається від 3000 об/хв для великих агрегатів до 8000-60 000 об/хв для менших агрегатів. В принципі, швидкість ротора гомогенізатора повинна подвоюватися для кожного зменшення діаметра ротора вдвічі. Важливим робочим параметром є не кількість обертів двигуна, а кінцева швидкість ротора. Інші фактори, такі як конструкція ротор-статор, яких існує багато, матеріали, що використовуються в конструкції, і легкість нахилу також є важливими факторами, які слід враховувати при виборі гомогенізатора роторного статора.

Гомогенізатори лопатевого типу [7]

Хоча вони менш ефективні, ніж роторно-статорні гомогенізатори, лопатеві гомогенізатори (також звані змішувачами) використовувалися протягом багатьох років для виробництва мазей. Лопаті в гомогенізаторах цього класу мають нижній або верхній привод і обертаються зі швидкістю від 6000 до 50 000 об/хв.

Деякі з гомогенізаторів з більшою швидкістю обертання можуть зменшити частинки емульсії до сталого розміру частинок із розподілом до 4 мкм, як визначено методом проточної цитометрії. Аксесуари для деяких блендерів включають охолоджувальні сорочки для контролю температури та закриті контейнери для мінімізації утворення аерозолів і захоплення повітря.

Гомогенізатори високого тиску [7]

Робота гомогенізатора полягає в пропусканні суспензії або стійкої емульсії через щільний прямокутний канал або отвір під значним тиском. Слід

зауважити, що для гомогенізації під високим тиском використовують сучасні гомогенізатори принцип роботи яких побудований на зіткненні рідин з високою швидкістю та тиском в результаті удару відбувається подрібнення емульсійних частинок рідини. Гомогенізатори в основу конструкції яких покладено зіткнення рідин є більш перспективними та ефективними в порівнянні з гомогенізаторами які протискують рідину або емульсію через вузький поздовжній канал. Частинки емульсії руйнуються в результаті зустрічного удару, перепаду тиску, вихрових турбулентних сил зсуву. Швидкість руйнування частинок дорівнює в певних межах третій ступені турбулентної швидкості рідини, що рухається через щілинний канал гомогенізатора та прямо пропорційна створеному тиску. Таким чином, створення високого тиску дозволяє ефективно руйнувати емульсійні частинки в одноступеневому гомогенізаторі на відміну від двоступеневого де тиск збільшується від однієї до другої ступені. На ефективність роботи вище згаданих гомогенізаторів суттєво впливають створюваний тиск, температура продукту, що гомогенізується, конструктивні особливості клапана та сідла, як результат в подальшому також впливає швидкість потоку.

Вакуумний лопатевий гомогенізатор

Вакуумний лопатевий гомогенізатор CM-VM-50 (рис. 1.8) складається з: Основної ємності, системи змішування, вакуумної системи(вакуумметр, вакуумний насос, запобіжний клапан), система нагрівання/охолодження, система подачі/вивантаження, система управління, система очищення, люк, оглядове вікно, світлодіодний ліхтар, гідрабличний підйомник, блок подачі повітря з фільтрувальним картриджем [8].



**Рис. 1.8. Вакуумний лопатевий гомогенізатор:
 Перекласти позиції**

1. Верх основної ємкості наповнюється рідиною, і додається функція мікроелементів.

2. Основна ємкість має функцію вакуумного видалення піни.

3. Лопатева і якрна мішалка обертаються у протилежних напрямках.

5. У нижній частині основної ємкості встановлено нижній клапан, який має функцію скидання надлишкового тиску та відсутність мертвого кута.

6. Емульгуюча ємність і ємність для попереднього змішування складаються з трьох шарів, з внутрішньою оболонкою, яку можна нагрівати або охолоджувати, наливаючи воду.

7. Функція гідравлічного підйому кришки основної ємкості.

8. Панель керування має ввімкнення, вимкнення, вимикач аварійної зупинки, дисплей налаштування верхньої та нижньої межі регулювання

температури, швидкість перемішування (регулювання швидкості перетворення частоти), швидкість гомогенізації, налаштування часу гомогенізації, вакуум, освітлення, включаючи всі функції ємності попереднього змішування, керування підйомом гідравлічної системи.

9. Кришка основної ємності оснащена підсвічуванням і очисним дзеркалом, що зручно для спостереження за станом ємності.

10. Оснащений функцією аварійної зупинки.

1.5. Опис прототипу

Машина для емульгування пасти (рис. 1.9) поєднує в собі функції змішування, емульгування та гомогенізації інгредієнтів для створення гладкої та стабільної формули пасти [9].

Основні функції і процеси:

Вакуумна система: машина оснащена вакуумною системою, яка допомагає видалити бульбашки повітря із суміші пасти. Це має вирішальне значення для досягнення гладкої та однорідної текстури продукту.

Емульгація: Емульгатори часто використовуються в пастах для поєднання інгредієнтів на основі води та олії. Вакуумна емульгуюча змішувальна машина створює стабільну емульсію шляхом ретельного змішування цих інгредієнтів у вакуумі.

Змішування та гомогенізація: машина має високошвидкісні обертові леза або мішалки, які ефективно змішують і гомогенізують інгредієнти пасти. Цей процес забезпечує рівномірний розподіл частинок по всій рецептурі, запобігаючи поділу або осіданню інгредієнтів.

Нагрівання та охолодження: для розплавлення певних компонентів або регулювання в'язкості суміші пасти може знадобитися нагрівання. Так само можна включити механізми охолодження для швидкого зниження температури після нагрівання. Машина зазвичай включає кожух або систему нагрівання/охолодження для контролю температури під час процесу.

Панель керування: сучасні машини для вакуумного емульгування пасти мають зручну панель керування. Оператори можуть встановлювати та контролювати різні параметри, такі як швидкість, температура та рівень вакууму, щоб досягти бажаної консистенції та якості пасти.

Загалом машина для вакуумного емульгування пасти спрощує та автоматизує процес виробництва, забезпечуючи ефективні та стабільні результати. Він оптимізує етапи емульгування, змішування та гомогенізації, зберігаючи суворий контроль якості та стандарти гігієни.



Рис. 1.9. Прототип – гомогенізатор мазей і паст RHJ лопатевого типу з системою зовнішнього контуру

Ця машина є вакуумним емульгуючим змішувачем. Це технологічне обладнання з функціями змішування, гомогенізації, емульгування, нагрівання тощо. Машина широко використовується для виробництва косметичних кремів, лосьйонів, а також харчових вершків, паст тощо. Це перший вибір косметичної фабрики, яка виробляє високоякісні продукти. Машина використовує компоненти відомих світових брендів, які забезпечують тривалу якість та стабільність роботи машини. Відповідно до відгуків наших клієнтів, цей стиль

дизайну забезпечує їм високу продуктивність. Цей пристрій в основному складається з ємності для водної фази, ємності для масляної фази, ємності для емульгування, вакуумної системи, системи підйому (опціонально), електричної системи керування, операційної платформи тощо.

Таблиця 1.1.

Технічна характеристика гомогенізатора мазей і паст RHJ лопатевого типу з системою зовнішнього контуру (для об'єму 0.5 м³) [9].

Ємність	Гребок з рамкою	Гомогенізатор	нагрівання головного котла	нагрівання масляного котла	нагрівання водяного котла	диспергатор масляного котла	диспергатор водяного котла	Вакуумний насос	Гідраблічне підняття
500L	4kw	7.5kw	12	18	18	1.5	1.5	2.2kw	1.5

Переваги:

Гомогенізатор використовується для виробництва кремів, паст, мазей. Лопать для змішування складної скребкової форми підходить для будь-якого виду складових рецептів і досягає оптимізуючого ефекту;

Скребкова дошка з політетрафторетилену відповідає формі змішувальної ємності та зіскрібає в'язкий матеріал зі стінок котла.

Гомогенізатор встановлений на дні котла для більш ретельного та потужного збільшення потужності двигуна. Під час невеликого виробництва він може повністю проявити свій гомогенізуючий ефект.

Потужний збалансований ізотактичний криволінійний ротор поєднується зі статором відповідної структури для здійснення високопродуктивного різання, тертя та центрифугування рідини, що забезпечує вишуканий та гладкий крем. Корпус котла та поверхня труби дзеркально відполіровані до 300EMSH

(санітарний клас) відповідно до регуляцій у галузі щоденної хімії та стандартів GMP.

Найбільша частота обертання лопатей - 4500 об/хв.

Головна перевага: поєднання у одному корпусі декількох робочих органів для змішування, зокрема, лопатевого, рамного та турбінного типів дає можливість скоротити тривалість оброблення та гомогенізації мазей і паст з 3 годин до 1 – 1.5 год.

1.3. Технологічні комплекси та машино-апаратурні схеми виробництва мазей

Виробництво мазевих емульсій починається з приготування водної та олійної фаз. Після цього відбувається грубе, а потім тонке емульгування. Наступні кроки включають охолодження, фільтрацію, розлив та стерилізацію кінцевого ін'єкційного продукту [10].

Процес складання рецептури та виробництва відіграє ключову роль у виробництві стабільної парентеральної емульсії. Виробничий процес можна розділити на три основні операції. Перша – це підготовка водної та олійної фаз для цього різномірного розчинення гідрофільних та ліпофільних інгредієнтів. Обидві фази нагрівають та перемішують для диспергування інгредієнтів, забезпечуючи їх повне розчинення. Другий етап включає приготування грубої попередньої емульсії (премікс) шляхом змішування фаз та їх перемішування за допомогою високосувних змішувачів при контрольованій температурі та швидкості ротора. Третій етап – це перетворення грубої емульсії на дрібну емульсію шляхом гомогенізації під високим тиском при певній температурі, тиску гомогенізації та кількості циклів обробки, що призводить до отримання кінцевого продукту. Після гомогенізації рН дрібної емульсії доводять до бажаного значення перед фільтрацією (1–5 мкм) та упаковкою у скляні контейнери типу I Фармакопеї США (USP), пластикові контейнери або трикамерні пакети, що містять глюкозу, амінокислоти та жирову емульсію для парентерального харчування. Після заповнення первинної упаковки емульсією в атмосфері азоту, емульсії стерилізують парою. Фізико-хімічна стабільність ліпідної емульсії є важливою характеристикою, яка залежить від таких факторів, як температура, рН, вплив світла та кисню, перекисне окислення, наявність вітамінів та мікроелементів, наявність та відносна концентрація двовалентних іонів, а також тип контейнера. Питання стабільності стають складнішими, коли для парентерального харчування додаються амінокислоти, вітаміни, мікроелементи, електроліти або вуглеводи.

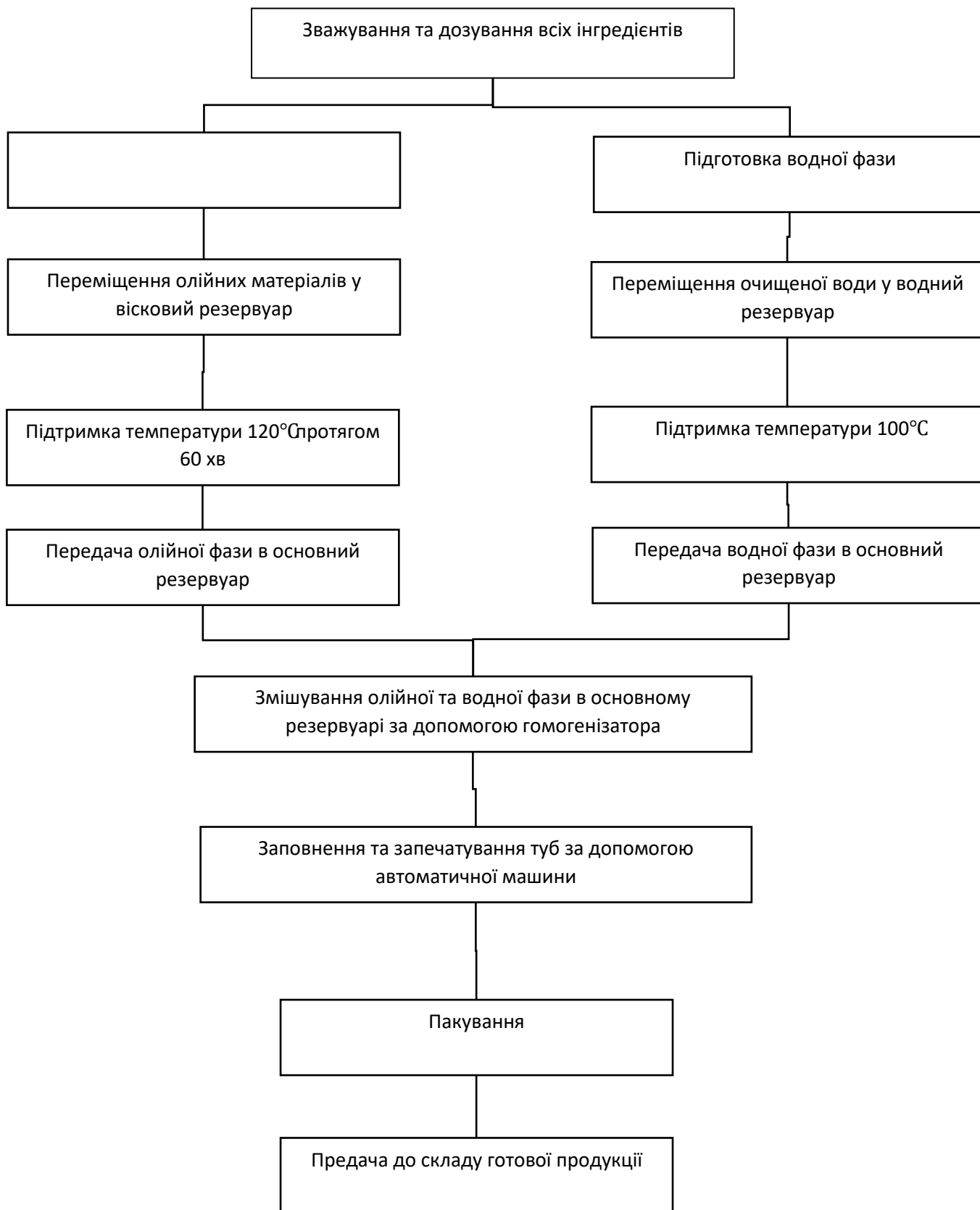


Рис. 1.10. Принципова схема виготовлення пасти [10].

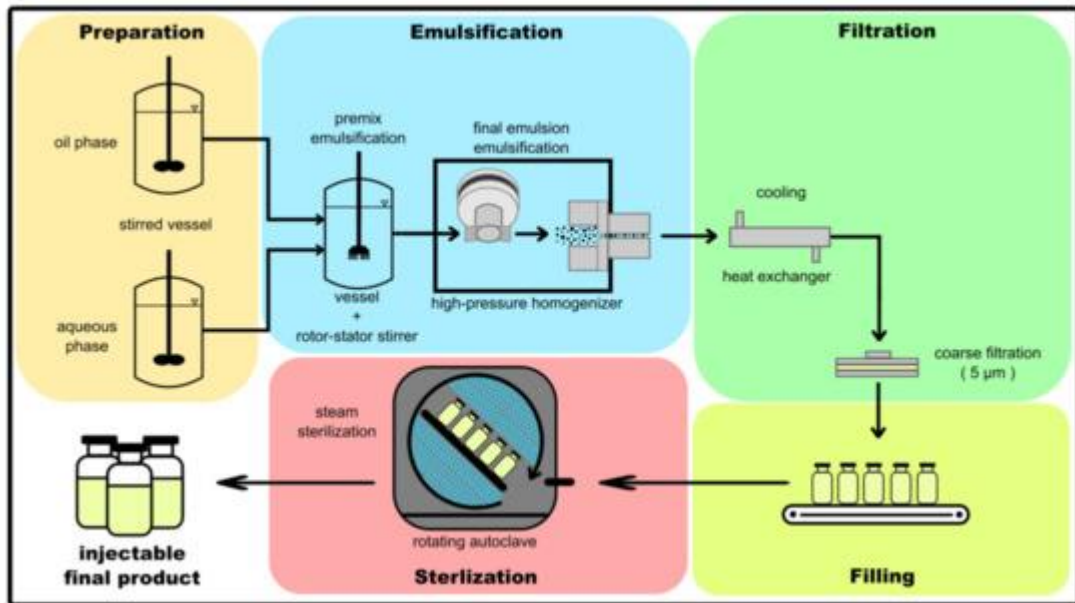


Рис 1.11. Інноваційна машинно-апаратна схема виготовлення пасти

Як скляні, так і пластикові контейнери, як правило, підходять, і вони підтримують фізико-хімічну стабільність ліпідних емульсій, хоча їх вплив на один і той самий продукт може відрізнятися. Наприклад, ліпідний емульсійний продукт Intralipid був нестабільним і не досяг необхідного значення об'ємно-зваженого відсотка жирових глобул ≥ 5 мкм (PFAT5) при зміні упаковки зі скла на пластик, але ці проблеми стабільності були вирішені шляхом коригування рецептури. Нестабільність пояснювалася адсорбцією тригліцеридів у контейнері, причому пластикові контейнери переважно адсорбували більші глобули більшою мірою, ніж скляні контейнери [11].

2. Техніко-економічне обґрунтування проекту

Метою цього проекту є створення реактора-змішувача для мазевих емульсій. Основними вимогами є висока продуктивність, здатність ефективно працювати з продуктами, що містять значну частку дисперсної фази, а також забезпечення стабільної якості кінцевого продукту.

У конструкції слід передбачити такі технічні рішення та режими роботи, які гарантуватимуть рівномірний розподіл компонентів у середовищі та запобігатимуть локальному перегріванню.

Наявні гомогенізатори оброблюють мазеву емульсію протягом тривалого часу, зазвичай 3-4 години, з метою якісного подрібнення нерозчинних рідких частинок та їх рівномірного розподілу.

Для підвищення продуктивності, а саме, зниження часу оброблення емульсії, пропонується встановити декілька типів мішалок у одній ємкості і додати систему циркуляції мазі зовнішнім контуром.

На основі досвіду впровадження таких заходів фармацевтичними підприємствами можна стверджувати, що час оброблення суспензії зменшується із 3-4 годин до 1-1.5 годин.

Перевагами такої модернізації є зменшення часу гомогенізації, і, відповідно, збільшення продуктивності виробництва мазі, підвищення ефективності використання обладнання і продуктивності праці.

Недоліками є необхідність встановлення складного приводу для приведення у рух двох лопатевих мішалок та видалення залишків мазі із системи зовнішнього контуру. Проте, ці недоліки не применшують позитивні сторони, зокрема, збільшення продуктивності, прибутку, раціонального використання виробничої бази.

Головна перевага: поєднання у одному корпусі декількох робочих органів для змішування, зокрема, лопатевого, рамного та турбінного типів дає можливість скоротити тривалість оброблення та гомогенізації мазей і паст з 3 годин до 1 – 1.5 год.

3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту

Бепантен був розроблений фахівцями компанії Bayer. Мазь Бепантен® дозволена до застосування вагітним та дітям першого року життя [11].

Ключовий компонент мазі – провітамін В5. Його почали застосовувати в медичній практиці ще на початку минулого століття. Сучасні форми препарату сприяють загоєнню дрібних ран і опіків, рекомендуються педіатрами для догляду за ніжною шкірою немовляти.

Мазь наноситься на різні ділянки тіла і застосовується в декількох галузях медицини, а саме гінекології, педіатрії, хірургії.

Вхідна сировина для виробництва Бепантену:

1. Мазева основа з температурою 70 °С.

2. АФІ (Активний фармацевтичний інгредієнт)

Додатково – гаряча вода температурою 90 °С у нагрівальну теплообмінну сорочку.

Вихідна продукція – мазь “Бепантен” основний компонент Декспантенол 5% допоміжні речовини ланолін, спирт цетиловий, спирт стеариловий, віск білий парафін білий, олія мигдальна рафінована, олія мінеральна протеїн Х, вода очищена.

Ланолін, олії та спирти спочатку завантажуються в олійну ємність. Декспантенол розчиняється в очищеній воді, і ця суміш завантажуються в ємність для води. Обидві ємності підігриваються після досягнення необхідних температур водна та олійна фаза подається в основну ємність. Потім починається перемішування та гомогенізація для створення тонкої емульсії під час змішування вмикається вакуумний насос, щоб видалити повітряні бульбашки.

Після завершення апарат охолоджується до температури фасування. Готова мазь вивантажується з апарату та далі направляється на пакувальну машину.

4. Опис запропонованого технічно рішення

Гомогенізатор складається: привід, корпус, два вали з лопатевими мішалками, лопаті, водяна сорочка, патрубки для подачі та відведення води в та із сорочки, патрубки для сировини та відведення готового продукту, теплова ізоляція

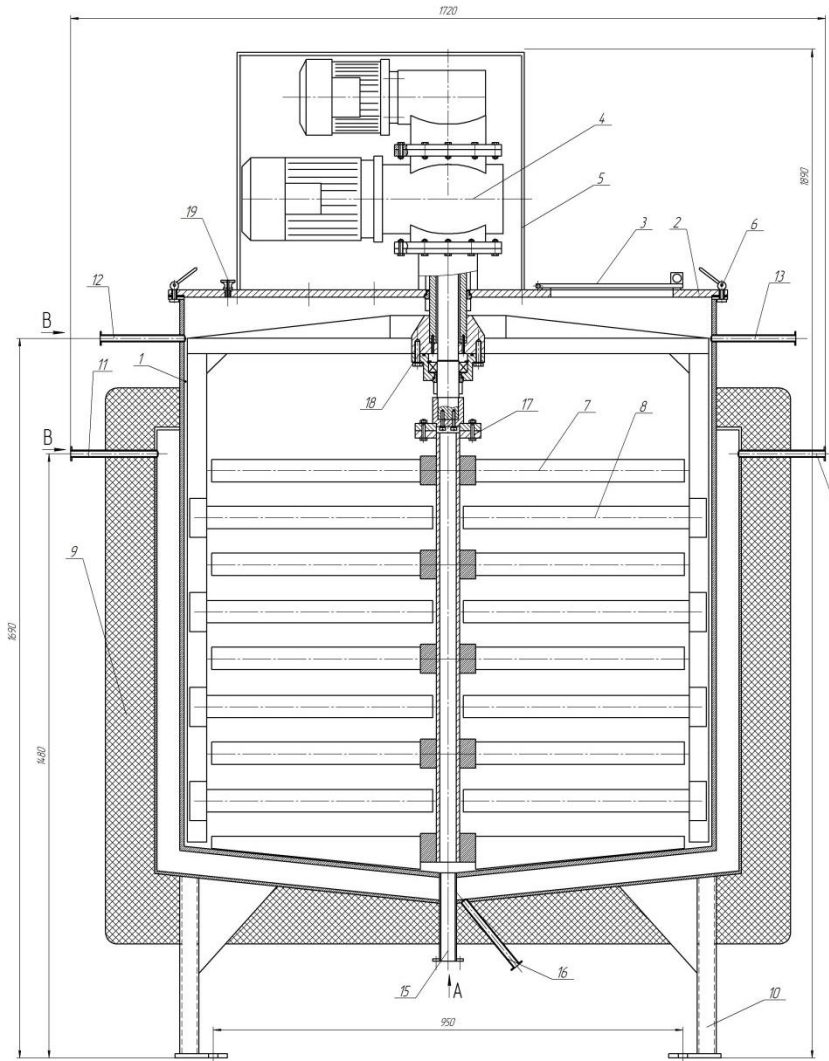


Рис.4.1. Розріз реактора-змішувача

Деякі лопаті кріпляться безпосередньо до центрального валу, тоді як інші лопаті закріплені на рамі. Обидва елементи — центральний вал і рама — приводяться в рух спеціальним приводом. Цей привід має два вихідні вали: зовнішній та внутрішній. Центральний вал з'єднується з внутрішнім валом за допомогою фланця, а рама кріпиться до зовнішнього валу через спеціальну втулку.

Підшипниковий вузол забезпечує надійне з'єднання валів, мінімізуючи вібрації, запобігаючи їх руйнуванню та захищаючи привід від потрапляння рідини.

Всередині мішалки передбачена водяна сорочка для нагріву середовища. Зовнішня теплова ізоляція підтримує температуру корпусу на рівні до 35 градусів.

Кришка з приводами підіймається за рахунок пневмоциліндрів

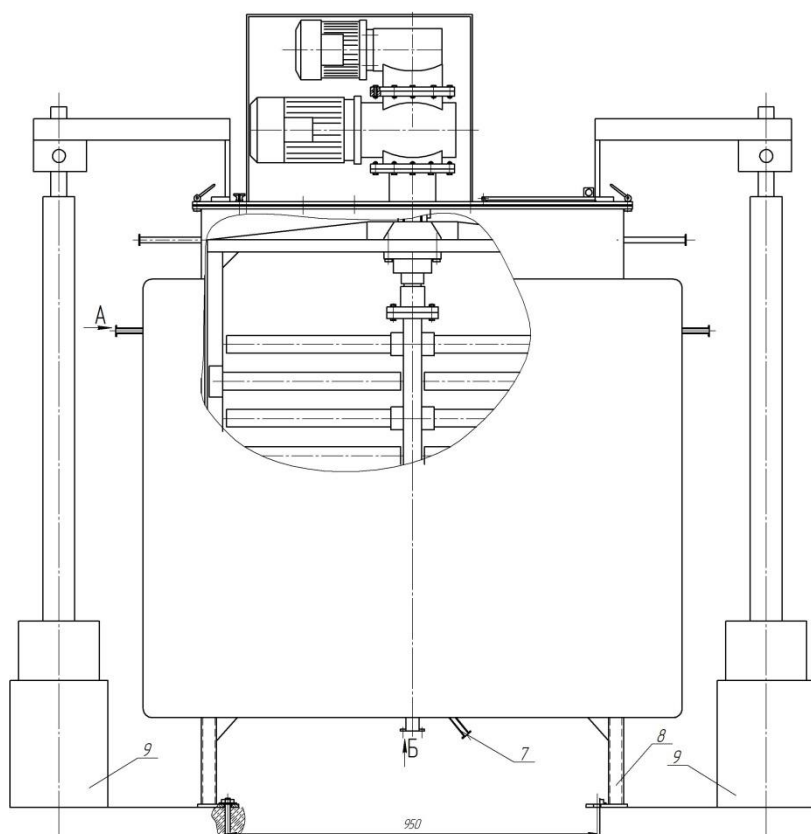


Рис.4.2. Пневматична система піднімання кришки з приводом

Опис приводу перемішуючого пристрою

Привід мішалок є типовим виробом машинобудування. Його основне призначення — приводити в рух дві тихохідні мішалки.

Конструктивно привід складається з двох окремих приводів, що з'єднані між собою фланцем. Весь цей вузол кріпиться до кришки корпусу через фланець корпусу. Передача обертового моменту безпосередньо до мішалок здійснюється за допомогою вала та полого валу.

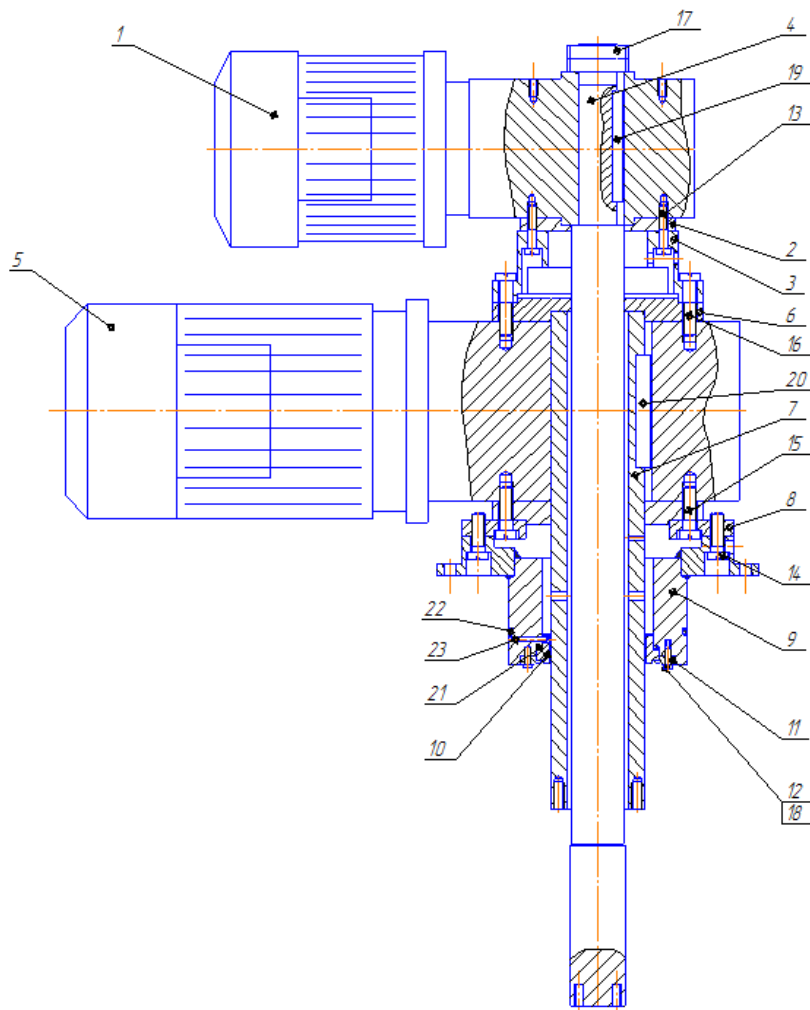


Рис.4.3. Загальний вигляд приводу мішалок

Пропозиція модернізації встановлення зовнішнього контуру з відцентровим насосом і дисковим млином

Для значного підвищення продуктивності апарату пропонуємо встановити сучасне обладнання для подрібнення, змішування і перекачування насос диспергатор-гомогенізатор (Рис. 4.5).

Насос диспергатор-гомогенізатор – це сучасне обладнання, яке використовується для вироблення на підприємствах харчової, фармацевтичної, хімічної, косметичної високоякісної готової продукції. Насос використовується для виробництва однорідних високодисперсних гомогенізованих продуктів у вигляді суспензій та емульсій в склад яких по своїй структурі входять важкорозчинні і нерозчинні компоненти.

Насоси-диспергатори є достатньо ефективними машинами зокрема вони виконують кілька функцій одночасно, а саме подрібнення продукту на молекулярному рівні (диспергування), ретельне, ефективне, швидке перемішування (гомогенізація) і перекачування продукту через напірний патрубок.

Конструктивно за зовнішнім виглядом насос-диспергатор гомогенізатор подібний з відцентровими насосами, які включають в себе електродвигун, наконечник, торцеве ущільнення, корпус і камеру насоса. Однак в самій камері диспергатора-гомогенізатора замість робочого колеса відцентрового насоса вмонтовані обертовий ротор і нерухомий статор, які і виконують функції подрібнення, перемішування і перекачування продукту.



Рис. 4.4 Обертовий ротор і нерухомий статор насоса диспергатора

Враховуючи технічні характеристики та опис насоса диспергатора гомогенізатора для модернізації встановлюємо його в нижній частині ємності для змішування. Для регулювання частоти обертання насосу використовуємо тиристорний перетворювач який дозволяє змінювати частоту обертання від 0 до 3000 об/хв. Таким чином даний гомогенізатор може бути використаний для різних видів мазей та кремів. Принцип роботи насоса диспергатора (рис.)

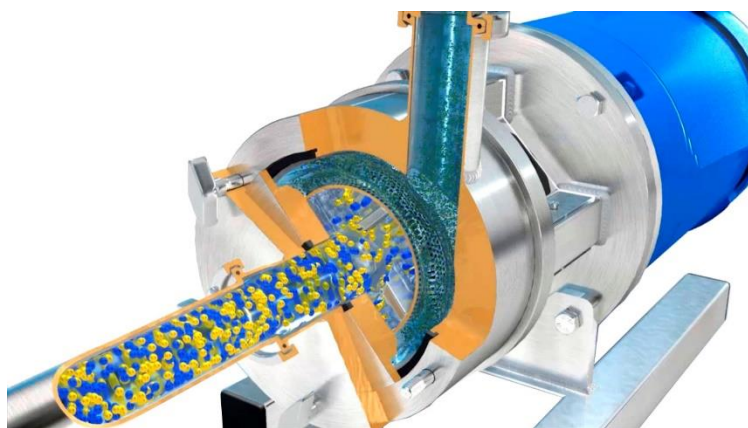


Рис.4.5. Модель насоса –диспергатора гомогенізатора.

Продукт для гомогенізації всмоктується по осьовому патрубку далі рухається за допомогою обертового ротора через нерухомий статор при цьому відбувається подрібнення, перемішування та перекачування продукту з нижньої частини ємності в верхню де лопатеві мішалки які рухаються на зустріч одна одній продовжують змішування та нагнітання продукту в насос-диспергатор-гомогенізатор.

Виробництво таких складних неоднорідних середовищ, як мазі та пасти, стикається зі значними труднощами. Через їхні складні реологічні властивості ці продукти важко перемішуються. Процес перемішування та гомогенізації зазвичай займає від 2 до 4 годин. Якщо перемішування неякісне, мазі та пасти швидко розшаровуються, що призводить до нестабільності їхньої структури

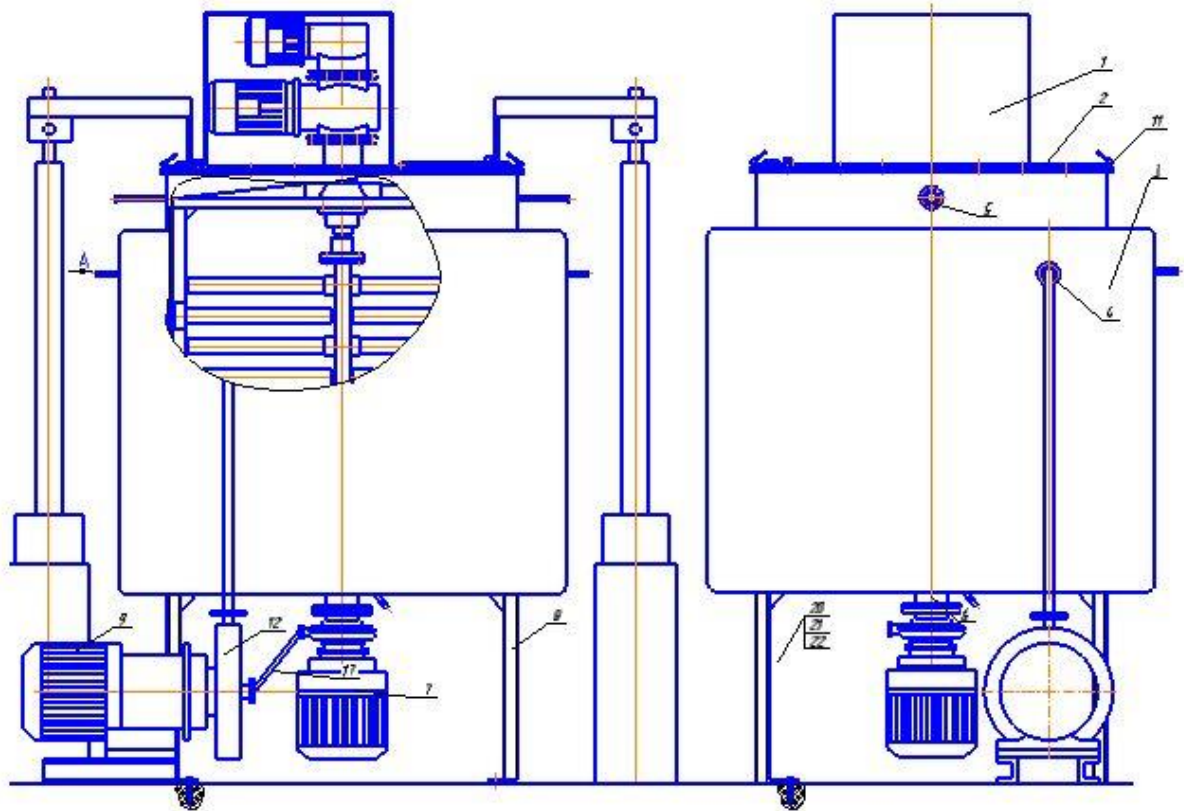


Рис 4.6. Модернізований реактор-змішувач

Крім того, більшість існуючих апаратів не дають змоги здійснювати надтонке подрібнення частинок суспензії (які можуть містити лікарські речовини або фарбувальні матеріали) безпосередньо під час перемішування. Зазвичай операції тонкого подрібнення виконують окремо, у вологому стані. Це значно збільшує ризик контамінації продукту, роблячи його подальше використання потенційно небезпечним.

Саме тому є нагальна потреба поєднати операції змішування, гомогенізації та тонкого подрібнення в одному апараті. Це дасть змогу не тільки прискорити процес змішування, а й значно підвищити якість продукту за рахунок встановлення додаткових змішувальних робочих органів та забезпечення їхнього взаємного руху.

В результаті запропонованої модернізації гомогенізатора шляхом встановлення насоса-диспергатора-гомогенізатора скорочується тривалість процесу гомогенізації мазей замість 4 год 1,5 год таким чином збільшується продуктивність гомогенізатора з 175 л/год до 450 л/год. Тривалість на санітарну обробку залишається сталою разом з допоміжними операціями становить 4 год.

5. Вибір конструкційних матеріалів

Підбір конструкційних матеріалів варто виконувати з врахуванням тих факторів, що продукція яка виробляється в гомогенізаторі-змішувачі а саме мазі використовуються для лікування людей як лікарські засоби. Тому всі деталі які вступають в контакт з продуктом повинні бути до нього інертними і не вступати в взаємодію. Конструкційні матеріали мають бути міцними, корозійностійкими, стійкими до агресивних середовищ та відповідати вимогам GMP. Слід особливу увагу приділяти вузлам ущільнення так як в гомогенізатор-змішувач має обертаючі перемішуючі пристрої. Враховуючі вищенаведене результати підбору конструктивних матеріалів наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Деталь (вузол)	Матеріал
Рама	Сталь нержавіюча 12X13 (AISI410)
Підшипниковий вузол	Сталь 45 (загартована) (AISI1045)
Корпус Мішалки Вали	Сталь нержавіюча, загартована 12X18H10T (AISI321)
Кожухи	Ст. 3 (AISI1020)
Трубопроводи циркуляційні	Сталь нержавіюча 12X18H10T (AISI321)
Кріпильні елементи – болти, шайби, гайки робочої камери	Сталь нержавіюча 12X18H10T (AISI321)
Кріпильні елементи – болти, шайби, гайки робочої камери, які не контактують з оброблювальним середовищем	Сталь 45 (AISI1045)
Патрубки для суспензії та охолоджувальної рідини	Сталь нержавіюча 12X18H10T(AISI321)

6. Розрахункова частина

Розрахунок продуктивності гомогенізатора масей

Продуктивність гомогенізатора масей розраховується за формулою[6]:

$$P = \frac{M}{\tau_{осн} + \tau_{доп}} \quad (6.1)$$

де M – маса мазі в гомогенізаторі, кг;

$\tau_{осн}$ – час оброблення мазі у гомогенізаторі, годин.

$\tau_{доп}$ – тривалість допоміжних операцій, а саме, завантаження гомогенізатора компонентами та розвантаження готового продукту.

Час гомогенізації мазі – 2 год.

Робочий об'єм гомогенізатора – 0,7 м³.

Повний об'єм гомогенізатора – 0,9 м³

Коефіцієнт завантаження приймаємо 0.8 (апарат під час роботи закривається кришкою, проте потрібно врахувати збільшення об'єму мазі під час оброблення)

Густина мазі на початку оброблення приймаємо 950 кг/м³.

Тоді маса продукту, який гомогенізується, складає $0,8 \cdot 0,7 \cdot 950 = 532$ кг.

Час на допоміжні операції – 2.5 год

(кріплення лопастей – 0.5 год, СІР миття, а також стерилізація на початку зміни – 0.5 год, завантаження ємкості - 0.5 год, розвантаження – 0.5 год, миття ємкості та трубопроводів – 0.5 год)

Отже, продуктивність гомогенізатора складає:

$$P = \frac{M}{\tau_{осн} + \tau_{доп}} = \frac{532}{2 + 2.5} = 118 \text{ кг/год} \quad (6.2)$$

Зазвичай гомогенізатор запускається у роботу один раз на добу, дозволяючи отримати 532 кг мазі.

Розрахунки на міцність деталей і вузлів гомогенізатора мазей

Гомогенізатор після кожного циклу роботи миється, а потім стерилізується парою під надлишковим тиском $p = 0,4 \text{ МПа} = 4,08 \text{ кг/см}^2$ ($t_{\text{нас}} = 142,9 \text{ }^\circ\text{C}$), яка надходить із парогенератора.

Раціональні умови гомогенізації мазей забезпечуються у ємкостях з нержавіючої сталі. Вибираємо матеріал циліндричної обичайки гомогенізатора та кришки - 12Х18Н10Т. Товщина обичайки розраховується за формулою [13]:

$$S = \frac{pD_{\text{вн}}}{230\varphi\sigma_{\text{доп}}-p} + C = \frac{4,08 \cdot 900}{230 \cdot 0,9 \cdot 11,7 - 4,08} + 3 = 4,5 \text{ мм} \quad 6.3$$

де p – робочий тиск стерилізації, $p=0,4 \text{ МПа}=4,08 \text{ кг/см}^2$

φ - коефіцієнт, що враховує міцність зварних швів; $\varphi=0,9$;

C – величина надбавки, що враховує вплив корозії, зношення поверхні та інші шкідливі фактори. Приймаємо $C=3 \text{ мм}$

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустиме значення напруження матеріалу циліндричної стінки; за температури $200 \text{ }^\circ\text{C}$ $\sigma_{\text{доп}}=11,7 \text{ кг/мм}^2=115 \text{ Мн/м}^2$

Товщину стінки днища визначаємо так:

$$S_{\text{дн}} = \frac{pD_{\text{вн}}}{400K\sigma_{\text{доп}}\varphi-p} \cdot \frac{D_{\text{вн}}}{2h_{\text{в}}} + C = \frac{4,08 \cdot 900}{400 \cdot 1,3 \cdot 11,7 \cdot 1 - 4,08} \cdot \frac{900}{2 \cdot 600} + 5 = 5,54 \text{ мм} \quad 6.4$$

де φ - коефіцієнт, що враховує міцність зварних швів. Так як днище штамповане $\varphi=1$;

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустиме значення напруження матеріалу; для температури до $200 \text{ }^\circ\text{C}$ $\sigma_{\text{доп}}=11,7 \text{ кг/мм}^2=115 \text{ Мн/м}^2$

p – тиск в середині ємкості, $p=0,4 \text{ МПа}=4,08 \text{ кг/см}^2$

C – величина надбавки, що враховує вплив корозії, зношення поверхні та інші шкідливі фактори. $C=5 \text{ мм}$

Коефіцієнт, який враховує зниження міцності днища отворами $K=1.3$:

Відповідно до товщини днища, приймаємо товщину обичайки гомогенізатора $S_{\text{ц}}=7 \text{ мм}$.

Потрібно врахувати, що у корпусі гомогенізатора передбачені неукріплені отвори.

Найбільший діаметр неукріпленого отвору:

$$d_{н.ц.} = 8,1 \sqrt[3]{D_{вн}(S_{ц} - C_{ц})(1 - K)} = 8,1 \sqrt[3]{900(7 - 3)(1 - 0,52)} = 162 \text{ мм} \quad 6.5$$

де: $S_{ц}$ – надбавка товщини стіни; $C_{ц} = 3 \text{ мм}$

Значення коефіцієнту K визначається так:

$$K = \frac{p D_{вн}}{(230 \sigma_{доп} - p)(S_{ц} - C_{ц})} = \frac{4,08 \cdot 900}{(230 \cdot 11,7 - 4,08)(7 - 3)} = 0,52 \quad 6.6$$

У циліндричній частині реактора немає отворів діаметром понад 162 мм.

Найбільший діаметр неукріпленого отвору в еліптичному днищі:

$$d_{н.д.} = 0,95 D_{вн}(1 - K_1) = 0,95 \cdot 900(1 - 0,29) = 607 \text{ мм} \quad 6.7$$

Величину коефіцієнту K_1 визначаємо так:

$$K_1 = \frac{p}{400 \sigma_{доп}} \cdot \left[\frac{D_{вн}}{S_{дн} - C_{дн}} \cdot \frac{D_{вн}}{2h_{в}} - 1 \right] = \frac{4,08}{400 \cdot 11,7} \cdot \left[\frac{900^2}{(7-5) \cdot 2 \cdot 600} - 1 \right] = 0,29 \quad 6.8$$

У днищі реактора немає отворів діаметром понад 365 мм.

Гідравлічне випробування реактора згідно вимог має проводитись при такому тиску:

$$p_r = p + 2 = 4,08 + 2 = 6,08 \text{ кг/см}^2 \quad 6.9$$

Але, потрібно додати гідростатичний тиск рідини, яка заливається у ємкість апарату під час випробування, $p_{ж} = 0,1 \text{ Н}$.

Випробувальний гідравлічний тиск:

$$p_{и} = p_r + p_{ж} = 6,08 + 0,1 \cdot 4,98 = 6,578 \text{ кг/см}^2 = 0,66 \text{ МПа} \quad 6.10$$

H – висота ємкості гомогенізатора; $H = 1,5 \text{ м}$

Граничне напруження у матеріалі під час гідравлічного випробування ємкості гомогенізатора має задовольняти вимогу:

$$\sigma = \frac{[D_{вн} + (S - C)] p_{и}}{2(S - C) \eta} \leq \frac{\sigma_T}{1,2} \quad 6.11$$

Де: S – товщина стінки; $S = 0,007 \text{ м}$

η – коефіцієнт, що враховує послаблення міцності зварного шва; $\eta = 0,9$

σ_T – границя текучості матеріалу ємкості; для сталі 12X18H10T $\sigma_T = 24 \text{ кг/см}^2 = 236 \text{ Мн/м}^2$

Підставивши цифрові значення, отримаємо допустиму напругу:

$$\sigma = \frac{[900 + (0,7 - 0,3)] 6,578}{20,70,9} = 1256 \text{ кг/см}^2$$

що менше, ніж регламентоване

$$\frac{2400}{1,2} = 2000 \text{ кг/см}^2$$

Розрахунок товщини корпусу гомогенізатора на зовнішній тиск

Корпус гомогенізатора піддається зовнішньому тиску від води у охолоджувальній сорочці. Надлишковий тиск у охолоджувальній сорочці $p = 1,5 \text{ кг/см}^2$ (0,1472 МН/см²). Приймаємо запас стійкості форми корпусу від зовнішнього тиску чотирикратним. Критичний тиск, за якого форма корпусу стає нестійкою, $p_{кр} = 1,5 \cdot 4 = 6 \text{ кг/см}^2 = 588,6 \text{ кН/м}^2$. [15]

Товщина стінки корпусу під час дії зовнішньому тиску:

$$S = r \sqrt[3]{\frac{p_{кр} \cdot 4(1-\mu^2)}{E}} = 121 \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 4(1-0,3^2)}{2100000}} = 0,26 \text{ см} = 2,6 \text{ мм} \quad 6.12$$

де μ – коефіцієнт Пуассона; $\mu=0,3$

Розрахунок товщини зовнішньої стінки охолоджуючої сорочки гомогенізатора

Товщина зовнішньої стінки охолоджуючої сорочки гомогенізатора:

$$S_{дн} = \frac{pD_{вн}}{230\sigma_{доп}\varphi - p} + C = \frac{4,08 \cdot 1000}{230 \cdot 11,7 \cdot 0,9 - 1,5} + 3 = 4,7 \text{ мм} \quad 6.13$$

де p – робочий тиск, $p=1,58 \text{ кг/см}^2$

φ - коефіцієнт, що враховує зниження міцності зварного шва; $\varphi=0,9$;

C – надбавка товщини на корозію, знос тощо; $C=3 \text{ мм}$

$\sigma_{доп}$ – допустиме напруження.

Приймаємо $S=5 \text{ мм}$.

Розрахунок потужності приводів

Розрахунок потужності приводів гомогенізатора мазей

Гомогенізатор має 2 місильних робочих органи:

лопатеву внутрішню мішалку

лопатеву внутрішню мішалку із фторопластовими шкребками для інтенсифікації змішування і гомогенізації використовуємо насос диспергатор-гомогенізатор

Розрахунок потужності мішалок розраховуємо за такою методикою [6]:

1. За швидкістю обертання, в'язкістю і густиною рідини, діаметром апарату визначаємо критерій Рейнольдса. Значення критерію Рейнольдса використовуємо для визначення критерія потужності для приведення мішалки у рух;
3. Визначаємо потужність на приведення мішалки у рух;
4. Враховуючи коефіцієнти корисної дії елементів приводу, визначаємо потужність двигуна та обираємо двигун.

Розрахунок внутрішньої лопатевої мішалки

Ця мішалка є багатолопатевою, із прямими лопатями.

Критерій Рейнольдса [Мирончук]:

$$Re_{\epsilon} = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} = \frac{1 \cdot 0.81 \cdot 950}{5} 900 = 125 \quad 6.14$$

де: ρ = густина мазі, кг/м³;

μ = в'язкість мазі, Нхс/м²

Критерій потужності [Мирончук]:

$$Kn = 2.21 \cdot Re_{\epsilon}^{0.86} \left(\frac{D}{d}\right)^{1.1} \cdot \left(\frac{h}{d}\right)^{0.3} \cdot \left(\frac{H_p}{d}\right)^{0.6} = 2.21 \cdot 125^{0.86} \left(\frac{0.9}{0.81}\right)^{1.1} \cdot \left(\frac{0.04}{0.81}\right)^{0.3} \cdot \left(\frac{1.22}{0.81}\right)^{0.6} = 79,8 \quad 6.15$$

D, d – діаметр ємкості апарату і валу мішалки, м

Отже, потужність мішалки [Мирончук]:

$$N_1 = Kn \cdot \mu \cdot n^2 \cdot d^3 = 79,8 \cdot 5 \cdot 2.5^2 \cdot 0,81^3 = 212.2 \text{ Вт} \quad 6.16$$

Всього у ємності розміщено п'ять лопатевих мішалок. Відповідно, загальна потужність на валу із внутрішніми мішалками:

$$N_{\text{сум1}} = N_1 \cdot 5 = 212.2 \cdot 5 = 1060 \text{ Вт} \quad 6.17$$

Замість застарілого сальникового, пропонуємо встановити у апараті сучасне торцеве ущільнення. Тоді втрати потужності в ущільненні стануть мізерно малими порівняно із сальниковими. Приймамо, що для подолання опору в ущільненні витрачається 100 Вт.

Із врахуванням додаткових витрат потужності під час пуску гомогенізатора приймаємо мотор-редуктора внутрішньої мішалки із потужністю $N=1,5$ кВт

Розрахунок зовнішньої лопатевої мішалки

Звернемо увагу, що конструктивно ця мішалка також виконує функції рамної, тобто, фторопластовими шкребками прибирає налиплий продукт зі стінок і запобігає перегріву мазі, проте, основний характер роботи мішалки зводиться до лопатевого (багатолопатевого).

Розраховуємо критерій Рейнольдса:

$$Re_{\epsilon} = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} = \frac{1 \cdot 0,88^2 \cdot 950}{5} = 147 \quad 6.18$$

Критерій потужності для випадку дволопатевої мішалки:

$$Kn = 7,9 \cdot Re_{\epsilon}^{0,77} \left(\frac{h}{d}\right) = 7,09 \cdot 147^{0,77} \left(\frac{0,650}{0,880}\right) = 272 \quad 6.19$$

де D, d – діаметр ємкості апарату і валу мішалки, м

Потужність на перемішування:

$$N_1 = Kn \cdot \mu \cdot n^2 \cdot d^3 = 272 \cdot 5 \cdot 1^2 \cdot 0,88^3 = 527 \text{ Вт} \quad 6.20$$

Враховуючи запас потужності на пуск, а також додаткове зусилля на зішкрябання налиплого продукту шкребками, приймаємо потужність мотор-редуктора $N=3$ кВт

Розрахунок валу-мішалки на міцність

Діаметр валів, на яких кріпляться мішалки, визначаються із умови міцності на деформацію кручення [14].

Потужність N на валу складає 4,5 кВт

Частота обертання валу - $n = 60$ об/хв.

Крутній момент на валу мішалки:

$$T = 9550 \frac{N}{n} \quad 6.21$$

де N - потужність, кВт; n - швидкість обертання валу, об/хв.

$$T = 9550 \frac{N}{n} = 9550 \frac{4,5}{60} = 716 \text{ Н/м}$$

Граничне напруження кручення (матеріал валу - сталь 45Х):

$$[\tau_{кр}] = 40 \text{ МПа}$$

Мінімальний діаметр валу:

$$d = \sqrt{\frac{T}{0,2 \cdot [\tau_{кр}]}} = \sqrt{\frac{716}{0,2 \cdot 40}} = 9,5 \text{ мм} \quad 6.22$$

Виходячи із конструктивних міркувань, для забезпечення можливості закріплення втулок, лопатей, кріплення фланців, зручності обслуговування тощо приймаємо діаметр валу: $d_v = 50 \text{ мм}$

Тепловий розрахунок

Тепловий розрахунок гомогенізатора мазей

Розрахунок нагрівальної водяної сорочки

Мазева основа і активні фармацевтичні інгредієнти надходять у гомогенізатор у підігрітому стані. Тому функцією водяної сорочки є лише підтримка заданої температури [15,16].

Також у окремих випадках компоненти мазі нагріваються безпосередньо в реакторі, постійному перемішуючись.

Розглянемо окремий випадок, коли у гомогенізатори підігрівається емульсія і основи і АФІ від 20 до 60 °С.

Середовище потрібно нагріти за тридцять хвилин ($\tau=0,5$)

Кількість теплоти, що передається до продукту від водяної сорочки:

$$Q = \frac{V \rho c (t_2 - t_1)}{\tau} \quad 6.23$$

де V – об'єм продукту (мазі) ; $V=0,7 \text{ м}^3$

ρ – густина мазі; $\rho=950 \text{ кг/м}^3$

c - теплоємність продукту, $c = 2,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$

$$Q = \frac{V\rho c(t_2 - t_1)}{0,5} = \frac{0,7 \cdot 950 \cdot 2,5(60 - 20)}{0,5} = 133000 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} = 36,9 \frac{\text{кДж}}{\text{с}} \quad (\text{або } \text{кВт})$$

Температура води, що подається у сорочку – 100 °С, на виході – 60 °С:

Розраховуємо кількість води на нагрівання компонентів мазі:

$$M_B = \frac{Q+2\%Q}{c(t_2-t_1)} = \frac{133000+2\%(133000)}{4,19(100-60)} = 809 \frac{\text{л}}{\text{год}} \quad 6.24$$

Розрахунок теплової ізоляції ємкості перемішування

Згідно умов охорони праці, температура стінки корпусу апарату не має перевищувати 40 °С.

Температура води у теплообмінній сорочці – 100 °С.

Матеріалом ізоляції є К–FLEX.

Товщина шару ізоляції[15,16]:

$$\delta = \frac{\lambda(t_{ст}-t_{в})}{\alpha(t_{в}-t_{п})} = \frac{0,031(100-40)}{13,5(40-20)} = 0,007\text{м} \quad 6.25$$

де:

λ – теплопровідність ізоляції (К–FLEX), Вт/(м·К);

α – коефіцієнт теплопередачі в навколишнє середовище від поверхні ізоляції, Вт/(м²·К)

$t_{ст}$ - температура стінки ємкості з боку ізоляції (рівна температурі теплоносія)

$t_{в}$ – температура зовнішньої стінки ізоляції;

$t_{п}$ – температура повітря.

Отже, якщо товщина ізоляції за розрахунками приймаємо 10 мм, вимоги із охорони праці будуть дотримані - температура стінки гомогенізатору не перевищує 40°С.

7. Технологічний маршрут виготовлення деталі

Вибір методу одержання заготовки.

Вихідним матеріалом деталі є легована сталь 12Х13.

В нашому випадку заготовку будемо отримувати литвом.

Вихідним документом для розробки креслення заготовки є креслення деталі, на яке наноситься припуск на механічну обробку; технологічний припуск; технологічні вказівки по виготовленню заготовки.

Припуск на механічну обробку призначають з врахуванням неточності виготовлення заготовки. Припуск на механічну обробку також залежить від габаритів деталі. Величина припуску регламентується ГОСТ. Приймаємо 2 мм на сторону. До технологічного припуску відносяться припуски, що спрощують процес виготовлення заготовки. До них відносяться ухили, напуски, галтелі.

Відповідно для нашої деталі вибираємо литво за виплавлювальними моделями., яке забезпечує точність IT14; шорсткість поверхні Rz 170...30 та забезпечує необхідні вимоги [17].

Технологічний маршрут виготовлення деталі “Кронштейн”

Номер операції, переходу	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, пристрої, інструмент оброблювальний, контрольний
1	2	3
10	Заготівельна	
10.1	Відлити заготовку	За тех. документацією за виплавлювальними моделями
20	Токарна Установити, закріпити, зняти	Токарно-гвинторізний верстат 16К20 3-кулачковий патрон
20.1	Підрізати торець пов. 1	Різець підрізний відігнутий

		$\varphi = 90^{\circ}$; $\gamma = 12^{\circ}$; $\alpha = 8^{\circ}$; $r = 1$ мм; розміри - В X Н X L = 16 X 25 X 140 мм, T15K6,
20.2	Точити пов 2 $\varnothing 19,8$ начорно на довжину 60мм	Різець розточувальний T15K6 В x Н x L = 16 x 25 x 140
20.3	Точити пов 2 $\varnothing 19,8$ напівчисто на довжину 60мм.	Різець розточувальний T15K6 В x Н L = 16 x 25 x 140
20.4	Точити пов. 3 $\varnothing 40$ начорно на довжину 10 мм	Різець розточувальний T15K6 В x Н x L = 16 x 25 x 140 ШЦ-1
20.5	Чорнове розвертання під $\varnothing 20H7$ пов. 2	Розвертка $\varnothing 19,94$, P6M5
20.6	Чистове розвертання під $\varnothing 20H7$ пов. 2	Розвертка $\varnothing 20$ P6M5, Калібр-пробка $\varnothing 20H7$
30	Фрезерна Установити, закріпити, зняти	Фрезерний верстат 6M12П пристрій
30.1	Фрезерувати пов. 4 витримавши розмір 60 мм	Торцева фреза $\varnothing 100$, P6M5, ШЦ – 1
30.2	Фрезерувати пов. 5 витримавши розмір 20 мм	Торцева фреза $\varnothing 100$ P6M5 ШЦ – 1
40	Свердлильна Установити, закріпити, зняти	Свердлильний верстат 2A125 кондуктор
40.1	Свердлити три отвори $\varnothing 13H9$ пов.6	свердло $\varnothing 12$ P6M5
40.2	Зенкерувати три отвір під $\varnothing 13H9$ пов. 6	Зенкер $\varnothing 13$ P6M5 калібр-пробка $\varnothing 13H9$

Розрахунок припусків

Для литих заготовок загальним припуском для всіх оброблювальних поверхонь є припуск на поверхню з найточнішим розміром, яка піддається найбільшому числі ступенів оброблення, тому беремо припуск $\varnothing 20H7$.

Розрахунок загального припуску на чистове розвертання.

Припуск на чистове розвертання:

$$2 \cdot Z_{4\min} = 2 \left(R_{z3} + D_3 + \sqrt{T_{\text{пр}3}^2 + \varepsilon_{y4}^2} \right)$$

де $R_{z3}=5$ мкм, $D_3=10$ мкм, $T_{\text{пр}3}$ - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка при чистовому розвертанні

При установленні деталі в патрон $T_{\text{пр}3}=20$ мкм $\varepsilon_{y4}=100$.

Тоді

$$2 \cdot Z_{4\min} = 2 \left(5 + 10 + \sqrt{20^2 + 100^2} \right) = 235 \text{ мкм}$$

$$2Z_{4\max} = 2Z_{4\min} + T_2 - T_3,$$

де T_2 -допуск розміру при чорновому розвертанні; T_3 -допуск розміру при чистовому розвертанні;

$T_2=IT8 = 35$ мкм; $T_3=IT7 = 10$ мкм;

$$2Z_{\max} = 235 + 35 - 10 = 260 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\text{ном}} = (2Z_{4\max} + 2Z_{4\min}) / 2 = (260 + 235) / 2 = 248 \text{ мкм};$$

Розрахунок загального припуску на чорнове розвертання.

Припуск на чистове точіння:

$$2 \cdot Z_{3\min} = 2 \left(R_{z2} + D_2 + \sqrt{T_{\text{пр}2}^2 + \varepsilon_{y3}^2} \right)$$

де $R_{z2}=10$ мкм, $D_2=20$ мкм, $T_{пр2}$ - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка при чистовому точінні

При установленні деталі в патрон $T_{пр2}=20$ мкм $\epsilon_{y3}=100$.

$$\text{Тоді } 2 \cdot Z_{3\min} = 2\left(10 + 20 + \sqrt{20^2 + 100^2}\right) = 265 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3\max} = 2Z_{3\min} + T_2 - T_3,$$

де T_2 -допуск розміру при напівчистому точінні; T_3 -допуск розміру при чорновому розвертанні ;

$T_2=IT11 = 130$ мкм; $T_3=IT8 = 35$ мкм;

$$2Z_{3\max} = 265 + 130 - 35 = 360 \text{ мкм};$$

$$2Z_{3\text{ном}} = (2Z_{3\max} + 2Z_{3\min})/2 = (360 + 265)/2 = 313 \text{ мкм};$$

Розрахунок загального припуску на напівчистове точіння.

$$2 \cdot Z_{2\min} = 2\left(R_{z1} + D_1 + \sqrt{T_{пр1}^2 + \epsilon_{y2}^2}\right)$$

де $R_{z1}=25$ мкм, $D_1=25$ мкм, $T_{пр1}$ - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка при чистовому точінні

При установленні деталі в патрон $T_{пр1}=20$ мкм $\epsilon_{y2}=100$.

$$\text{Тоді } 2 \cdot Z_{2\min} = 2\left(25 + 25 + \sqrt{20^2 + 100^2}\right) = 304 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2\max} = 2Z_{2\min} + T_1 - T_2,$$

де T_1 -допуск розміру при чорновому точінні ; T_2 -допуск розміру при напівчистому точінні; $T_1=IT12 = 210$ мкм; $T_2=IT11 = 130$ мкм;

$$2Z_{2\max} = 304 + 210 - 130 = 384 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2ном}=(2Z_{2max}+2Z_{2min})/2=(304+384)/2=344 \text{ мкм};$$

Розрахунок загального припуску на чорнове точіння.

$$2 \cdot Z_{1min} = 2 \left(R_{z0} + D_0 + \sqrt{T_{пр0}^2 + \varepsilon_{y1}^2} \right)$$

де R_{z0} , D_0 , $T_{пр0}$ - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка литва.

Для заготовок масою до 4 кг $R_{z0}=30$ мкм, $D_0=170$ мкм; $T_{пр0}=20$;

ε_{y1} - похибка установлення при чорновому точінні.

Під час установлення деталі в патроні $\varepsilon_{y1}=100$ мкм

$$2 \cdot Z_{1min} = 2 \left(30 + 170 + \sqrt{20^2 + 100^2} \right) = 604 \text{ мкм}$$

Загальний припуск:

$$2Z_{сум} = \sum 2Z_{i ном} = 248 + 313 + 344 + 604 = 1507 \text{ мкм}$$

приймаємо $2Z_{сум} = 2$ мм

Розрахунок технологічних операцій.

20. Токарна

Перехід 20.1 Торцювати поверхню 1.

1. Глибина різання 3мм

2. По нормативним даним вибираємо подачу в залежності від діаметру заготовки, прийнятої глибини різання, розмірів тіла різця, оброблюваного матеріалу $S_{позд}=0,5...0,8$ мм/об

За паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16К20 приймаємо подачу $S_{позд} = 0,8$ мм/об, (табл. Д.1.1, дод.1)

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання, яка визначається по емпіричній формулі:

$$V_p = \frac{C_v}{T^m t^x S^y}$$

де T-середнє значення періоду стійкості, 90-120 хв. для різця із твердосплавною різальною пластинкою; $C_v=143$ - постійна для даних режимів різання (табл. Д.1.4 дод.1)

$$v = 143 / (120^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,8^{0,4}) = 50,8 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_B = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_3 = 1000 \cdot 50,8 / 3,14 \cdot 155 = 104 \text{ об/хв,}$$

де d_3 - діаметр заготовки, мм;

5. Розрахункова кількість обертів n_p порівнюється з наявними на верстаті значеннями згідно його паспортних даних. Із ряду обертів шпинделя верстату вибираємо ближче менше значення.

$$n_B = 100 \text{ об/хв.}$$

6. За прийнятим значенням n_B визначається фактична швидкість різання:

$$V_d = \pi \cdot d \cdot n_B / 1000 = 3,14 \cdot 155 \cdot 100 / 1000 = 48,7 / \text{хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3$$

$L_d = 155$ мм довжина оброблювальної поверхні; $L_2 = 2$ мм-величина підводу різця; $L_2 = 5$ мм-величина врізання прохідного відігнутого правого різця; $L_3 = 2$ мм-величина перебігу різця.

$$L_p = 155 + 5 + 2 + 2 = 164 \text{ мм}$$

8. Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = L/n_B \cdot S \quad t = \frac{164}{100 \cdot 0,8} = 2,05 \text{ хв}$$

9. Допоміжний час для установки заготовки $t_{д.уст.} = 0,25$ хв (табл. 26,[1]).

10. Допоміжний час для переходу $t_{д.1} = 0,4$ хв. складається зі складових:

1. Комплексний час – 0,11 хв; (табл. 26, [1])
2. Час на установку частоти і подачі – 0,08 хв;
3. Час на поворот резцетримача – 0,05 хв;
4. Час на включення поперечної подачі – 0,08 хв;
5. Час на контрольні виміри – 0,08 хв.

$$t_{д.} = t_{д.уст.} + t_{д.1} = 0,25 + 0,4 = 0,65 \text{ хв}$$

11. Оперативний час

$$t_{оп} = t_{01} + t_{д.} = 2,05 + 0,65 = 2,7 \text{ хв.}$$

Перехід 20.2 Розточити поверхню -2 довжиною 60 мм начорно.

1. Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = 3$ мм. Для чорнової обробки поверхні приймаємо глибину різання $t = 2$ мм

2. Вибираємо подачу $S = 0,8$ мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання, яка визначається по емпіричній формулі:

$$v = C_v / (T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35})$$

$$v = 120 / (60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 1,2^{0,35}) = 47 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_B = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_3 = 1000 \cdot 47 / 3,14 \cdot 20 = 830 \text{ об/хв.}$$

де d_3 - діаметр заготовки, м;

5. Із ряду обертів шпинделя верстату вибираємо ближче менше значення.

$$n_B = 800 \text{ об/хв.}$$

6. За прийнятим значенням n_b визначається фактична швидкість різання:

$$V_d = \pi \cdot d \cdot n_b / 1000 = 3,14 \cdot 20 \cdot 800 / 1000 = 45 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3$$

$L_d = 60$ мм - довжина оброблювальної поверхні; $L_2 = 2$ мм-величина підводу різця; $L_3 = 2$ мм - величина врізання різця; $L_1 = 3$ мм - величина перебігу різця.

$$L_p = 60 + 2 + 3 + 2 = 67 \text{ мм}$$

8. Основний час на виконання переходу

$$t_{02} = L / n_b \cdot S = 67 / 800 \cdot 0,8 = 0,12 \text{ хв.}$$

9. Допоміжний час для переходу $t_d = 0,4$ хв. складається зі складових:

1. Комплексний час – 0,11 хв; (табл. 26, [1])
2. Час на установку частоти і подачі – 0,08 хв;
3. Час на поворот резцетримача – 0,05 хв;
4. Час на включення поперечної подачі – 0,08 хв;
5. Час на контрольні виміри – 0,08 хв.

10. Оперативний час

$$t_{оп} = t_{02} + t_d = 0,12 + 0,4 = 0,52 \text{ хв.}$$

Перехід 20.3 Розточити поверхню -2 довжиною 60 мм напівчисто.

1. Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = 1$ мм. Для чистової обробки поверхні приймаємо глибину різання $t = 1$ мм

2. Вибираємо подачу $S = 0,2$ мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання, яка визначається по емпіричній формулі:

$$v = C_v / (T^{0,20} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35})$$

$$v = 120 / (60^{0,20} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,2^{0,35}) = 93 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_B = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_3 = 1000 \cdot 93 / 3,14 \cdot 20 = 1480 \text{ об/хв.}$$

де d_3 - діаметр заготовки, м;

5. Із ряду обертів шпинделя верстату вибираємо ближче менше значення.

$$n_B = 1250 \text{ об/хв.}$$

6. За прийнятим значенням n_B визначається фактична швидкість різання:

$$V_d = \pi \cdot d \cdot n_B / 1000 = 3,14 \cdot 20 \cdot 1250 / 1000 = 78,5 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3$$

$L_d = 60$ мм - довжина оброблювальної поверхні; $L_2 = 2$ мм - величина підводу різця; $L_3 = 3$ мм - величина врізання різця; $L_1 = 2$ мм - величина перебігу різця.

$$L_p = 60 + 2 + 2 + 3 = 67 \text{ мм}$$

8. Основний час на виконання переходу

$$t_{03} = L / n_B \cdot S = 65 / 1250 \cdot 0,2 = 0,26 \text{ хв.}$$

9. Допоміжний час для переходу $t_d = 0,35$ хв. складається зі складових:

1. Комплексний час – 0,11 хв; (табл. 26, [1])
2. Час на установку частоти і подачі – 0,08 хв;
3. Час на включення поперечної подачі – 0,08 хв;
4. Час на контрольні виміри – 0,08 хв.

10. Оперативний час

$$t_{оп} = t_{03} + t_d = 0,26 + 0,35 = 0,61 \text{ хв.}$$

Перехід 20.4 Точити поверхню -3 довжиною 10 мм начорно.

1. Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = 3$ мм.

2. По нормативним даним вибираємо подачу в залежності від діаметру заготовки, прийнятої глибини різання, розмірів тіла різця, оброблюваного матеріалу $S_{\text{позд}} = 0,8 \dots 1,4$ мм/об. За паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16К20 приймаємо подачу $S_{\text{позд}} = 0,8$ мм/об, (табл. Д.1.1, дод.1)

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання, яка визначається по емпіричній формулі:

$$V_p = \frac{C_v}{T^m t^x S^y}$$

$$v = 143 / (120^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,8^{0,4}) = 50,8 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_B = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_3 = 1000 \cdot 50,8 / 3,14 \cdot 40 = 404 \text{ об/хв.}$$

де d_3 - діаметр заготовки, м;

5. Із ряду обертів шпинделя верстату вибираємо ближче менше значення.

$$n_B = 400 \text{ об/хв.}$$

6. За прийнятим значенням n_B визначається фактична швидкість різання:

$$V_d = \pi \cdot d \cdot n_B / 1000 = 3,14 \cdot 40 \cdot 400 / 1000 = 50,24 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3$$

$L_d = 10$ мм - довжина оброблювальної поверхні; $L_2 = 3$ мм - величина підводу різця; $L_3 = 2$ мм - величина врізання різця; $L_1 = 3$ мм - величина перебігу різця.

$$L_p = 10 + 3 + 2 + 3 = 18 \text{ мм}$$

8. Основний час на виконання переходу

$$t_{04} = L/n_B \cdot S = 18/400 \cdot 0,8 = 1,6 \text{ хв.}$$

9. Допоміжний час для переходу $t_d = 0,4$ хв. складається зі складових:

1. Комплексний час – 0,11 хв; (табл. 26, [1])
2. Час на установку частоти і подачі – 0,08 хв;
3. Час на поворот резцетримача – 0,05 хв;
4. Час на включення поперечної подачі – 0,08 хв;
5. Час на контрольні виміри – 0,08 хв.

10. Оперативний час

$$t_{оп} = t_{04} + t_d = 1,6 + 0,4 = 2 \text{ хв}$$

Перехід 20.5 Розвернути начорно $\varnothing 20H7$ (пов.2)

Беремо розвертку діаметром $d_p = 19,94 \text{ мм}$ матеріал різальної кромки швидкорізальна сталь Р6М5

1. Глибина різання при зенкеруванні дорівнює половині діаметра оброблюваного отвору: $t = \frac{d_p - d}{2} = \frac{19,94 - 19,8}{2} = 0,07 \text{ мм}.$

2. За нормативними даними вибираємо подачу в залежності від діаметра отвору та міцнісних характеристик заготовки матеріалу. За паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16К20 (табл.Д.1.5, дод1) приймаємо подачу $S_B = 0,8 \text{ мм/об}.$

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання, яка залежить від діаметра розвертки та його матеріалу, інтервалу подач та характеристик оброблюваного матеріалу (табл.Д.3.6, дод3), за емпіричною формулою:

$$V_c = \frac{9,8 \cdot d_p^{0,2}}{T^{0,3} \cdot S^{0,5} \cdot t^{0,1}} = \frac{9,8 \cdot 19,94^{0,25}}{30^{0,125} \cdot 0,8^{0,55} \cdot 0,07^{0,1}} = 15,7 \text{ м/хв};$$

де $T = 30 \text{ хв}$ – середнє значення періоду стійкості розвертки (табл.Д.3.6, дод3).

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_e}{\pi \cdot d_p} = \frac{1000 \cdot 15,7}{\pi \cdot 19,94} = 252 \text{ об/хв.}$$

5. Розрахункову кількість обертів n_p корегуємо з паспортними даними прийнятого верстата і приймаємо ближче менше значення – $n_e=250$ об/хв.

6. За прийнятим значенням n_e визначається фактична швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_e}{1000} = \frac{\pi \cdot 19,94 \cdot 250}{1000} = 15,48 \text{ м/хв.}$$

7. Розрахункова довжина обробки:

$$L_p = L_o + L_1 + L_2 + L_3 = 50 + 2 + 3 = 55 \text{ мм};$$

де $L_o = 50$ мм – глибина розвертання

$L_1 = 2 \dots 3$ мм – відстань підводу інструменту до деталі з робочою подачою;

L_2, L_3 – величина врізання і перебігу розвертки: $L_2 + L_3 = 3$ мм, (табл.Д.3.5, дод3);

8. Основний час на розвертання отвору:

$$t_{02} = \frac{L_3}{S_e \cdot n_e} = \frac{55}{0,8 \cdot 250} = 0,3 \text{ хв.}$$

9. Допоміжний час:

1. Час на установку розвертки $t_{д.1} = 0,8$ хв.

2. Час зв'язаний з переходом $t_{д.2} = 0,2$ хв.

3. Час на вихід розвертки для знищення стружки – $t_{д.3} = 0,06$ хв.

Допоміжний час всього $t_{д.4} = t_{д.1} + t_{д.2} + t_{д.3} = 1,06$ хв.

10. Оперативний час

$$t_{оп2} = t_{02} + t_{д.4} = 0,3 + 1,06 = 1,36 \text{ хв.}$$

Перехід 20.6 Розвернути начисто $\varnothing 20H7$ (пов.2)

Беремо розвертку діаметром $d_p = 20$ мм матеріал різальної кромки швидкорізальна сталь Р6М5

1. Глибина різання при зенкеруванні дорівнює половині діаметра оброблюваного отвору: $t = \frac{d_p - d}{2} = \frac{20 - 19,94}{2} = 0,03$ мм.

2. За нормативними даними вибираємо подачу в залежності від діаметра отвору та міцнісних характеристик заготовки матеріалу. За паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16К20 (табл.Д.1.5, дод1) приймаємо подачу $S_B=0,8\text{мм/об}$.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання, яка залежить від діаметра розвертки та його матеріалу, інтервалу подач та характеристик оброблюваного матеріалу (табл.Д.3.6, дод3), за емпіричною формулою:

$$V_c = \frac{9,8 \cdot d_p^{0,2}}{T^{0,3} \cdot S^{0,5} \cdot t^{0,1}} = \frac{9,8 \cdot 20^{0,25}}{30^{0,125} \cdot 0,8^{0,55} \cdot 0,03^{0,1}} = 21,7 \text{ м/хв};$$

де $T = 30\text{хв}$ – середнє значення періоду стійкості розвертки (табл.Д.3.6, дод3).

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_e}{\pi \cdot d_p} = \frac{1000 \cdot 21,7}{\pi \cdot 20} = 345 \text{ об/хв}.$$

5. Розрахункову кількість обертів n_p корегуємо з паспортними даними прийнятого верстата і приймаємо ближче менше значення – $n_e=315 \text{ об/хв}$.

6. За прийнятим значенням n_e визначається фактична швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_e}{1000} = \frac{\pi \cdot 20 \cdot 315}{1000} = 19,8 \text{ м/хв}.$$

7. Розрахункова довжина обробки:

$$L_p = L_o + L_1 + L_2 + L_3 = 50 + 2 + 3 = 55\text{мм};$$

де $L_o = 50\text{мм}$ – глибина розвертання

$L_1 = 2 \dots 3\text{мм}$ – відстань підводу інструменту до деталі з робочою подачою;

L_2, L_3 – величина врізання і перебігу розвертки: $L_2 + L_3 = 3 \text{ мм}$, (табл.Д.3.5, дод3);

8. Основний час на розвертання отвору:

$$t_{02} = \frac{L_3}{S_e \cdot n_e} = \frac{55}{0,8 \cdot 315} = 0,22 \text{ хв}.$$

9. Допоміжний час:

4. Час на установку розвертки $t_{д.1} = 0,8 \text{ хв}$.

5. Час зв'язаний з переходом $t_{д.2} = 0,2$ хв.

6. Час на вихід розвертки для знищення стружки – $t_{д.3} = 0,06$ хв.

Допоміжний час всього $t_{д.4} = t_{д.1} + t_{д.2} + t_{д.3} = 1,06$ хв.

10. Оперативний час

$$t_{оп2} = t_{02} + t_{д.4} = 0,22 + 1,06 = 1,28 \text{ хв.}$$

Сумарний оперативний час на виконання операції 020

$$T_{0П} = t_{01} + t_{02} + \dots + t_{06} - \text{оперативний час, хв.}$$

$$T_{0П} = 2,7 + 0,52 + 0,61 + 2 + 1,36 + 1,28 = 8,47 \text{ хв.}$$

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

$$T_{об} + T_{пп} = (2,5 + 4) T_{0П} / 100 = 6,5 \cdot 8,47 / 100 = 0,55 \text{ хв}$$

Штучний час становить $T_{шт} = T_{0П} + T_{об} + T_{пп} = 8,47 + 0,55 = 9,02$ хв.

Калькуляційний час на виконання операції при виготовленні

$$T_{к.з} \text{ однієї деталі } T_{к} = T_{шт} + (T_{пз} / n),$$

де $T_{п.з}$ — підготовчо-завершувальний час на партію деталей.

На налагодження в патроні - 10 хв, на одержання та здавання інструментів та пристроїв — 7... 10 хв.

Отже, $T_{п.з} = 10 + 10 = 20$ хв; n — кількість деталей у партії (серії). 200 шт,

$$T_{к} = 9,02 + (20 / 200) = 9,12 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за 1 год становить

$$N = 60 / T_{к} = 60 / 9,12 = 6,6 \text{ деталей.}$$

30. Фрезерна

Перехід 30.1 Фрезерувати поверхню 4 витримавши розміри згідно креслення.

1. Призначаємо глибину t і ширину B фрезерування, які залежать від установлення оброблюваної поверхні відносно фрези та типу верстата.

2. Вибираємо торцеву фрезу зі швидкорізальної сталі Р6М5. Діаметр в залежності від ширини приймаємо $D_{\phi} = (1,25 \dots 1,5)B$ $D_{\phi} = 1,25 \cdot 80 = 100$ мм.

За табл. Д.2.13 дод2 чаємо стандартну фрезу діаметром 100мм і числом зубців 18.

Глибина фрезерування становитиме 3мм

3. Рекомендована подача $S_z = 0.04 - 0.09$ мм/зуб (табл. Д.2.4 дод 2)
0,08мм/зуб

4. Визначимо розрахункову швидкість різання, яка розраховується за допомогою емпіричної формули (табл Д.2.12 додаток 2)

$$V_p = \frac{825 D_{\phi}^{0,22}}{T^{0,33} t^{0,15} S_z^{0,35} \cdot B^{0,22}} = \frac{825 \cdot 100^{0,22}}{180^{0,33} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,08^{0,35} \cdot 80^{0,22}} = 32 \text{ м/хв.}$$

де $T=180$ хв – стійкість фрези (табл.Д.2.10.додаток 2)

5. Розрахункова частота обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 V_p}{\pi D_{\phi}} = \frac{1000 \cdot 32}{\pi \cdot 100} = 102 \text{ об/хв.}$$

6. Розрахункову кількість обертів n_p корегуємо за паспортом вертикального-фрезерного верстата 6М12П (табл.Д.2.1. додаток2), і приймаємо найближче менше значення $n_g=100$ об/хв, яке використовується у подальших розрахунках.

7. За прийнятим значенням n_g визначається фактична швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi D_{\phi} n_g}{1000} = \frac{\pi \cdot 100 \cdot 100}{1000} = 31,4 \text{ м/хв.}$$

8. Визначаємо подачу на 1 оберт фрези: $S_{\text{об.фр}} = S_z \cdot z$;

9. Визначимо хвилинну подачу:

$$S_{\text{хв}} = S_{\text{об.фр}} \cdot n_g = 0,08 \cdot 18 \cdot 100 = 144 \text{ мм/хв.}$$

10. Із ряду паспортних даних вертикального-фрезерного верстата 6М12П (табл Д.2.12 дод. 2) приймаємо поперечну подачу $S_{\text{хв}_e} = 125 \text{ мм/хв.}$

11. Розрахункова довжина обробки:

$$L_p = L_\delta + L_1 + L_2 + L_3 = 80 + 2 + \frac{d_\phi}{2} + \frac{d_\phi}{2} = 80 + 2 + 50 + 50 = 182 \text{ мм,}$$

де $L_\delta = 80 \text{ мм.}$ - довжина фрезерування (згідно креслення деталі)

$L_1 = 2 \text{ мм}$ – відстань підводу інструменту до заготовки з робочою подачею;

$L_2, L_3 = \frac{d_\phi}{2}$ – відстань врізання і перебіг у інструмента, яка залежить від

типу фрези (1 табл Д.2.10 дод. 2).

12. Основний час на перехід 30.1 знаходимо за формулою:

$$t_{01} = \frac{L_p}{S_{\text{хв}}} \cdot n = \frac{182}{160} \cdot 18 = 1.14 \text{ хв.}$$

Перехід 30.2 Фрезерувати поверхню 5 витримавши розміри згідно креслення.

1. Призначаємо глибину t і ширину B фрезерування, які залежать від установлення оброблюваної поверхні відносно фрези та типу верстата.

2. Вибираємо торцеву фрезу зі швидкорізальної сталі Р6М5. Діаметр в залежності від ширини приймаємо $D_\phi = (1,25 \dots 1,5)B$ $D_\phi = 1,25 \cdot 80 = 100 \text{ мм.}$

За табл. Д.2.13 дод2 чаємо стандартну фрезу діаметром 100мм і числом зубців 18.

Глибина фрезерування становитиме 3мм

3. Рекомендована подача $S_z = 0.04 - 0.09 \text{ мм/зуб}$ (табл. Д.2.4 дод 2)
0,08мм/зуб

4. Визначимо розрахункову швидкість різання, яка розраховується за допомогою емпіричної формули (табл Д.2.12 дод. 2)

$$V_p = \frac{825 D_\phi^{0,22}}{T^{0,33} t^{0,15} S_z^{0,35} \cdot B^{0,22}} = \frac{825 \cdot 100^{0,22}}{180^{0,33} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,08^{0,35} \cdot 80^{0,22}} = 32 \text{ м/хв.}$$

де $T=180$ хв – стійкість фрези (табл.Д.2.10.дод. 2)

5. Розрахункова частота обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 V_p}{\pi D_\phi} = \frac{1000 \cdot 32}{\pi \cdot 100} = 102 \text{ об/хв.}$$

6. Розрахункову кількість обертів n_p корегуємо за паспортом вертикального-фрезерного верстата 6М12П (табл.Д.2.1. дод.2) і приймаємо найближче менше значення $n_e=100$ об/хв, яке використовується у подальших розрахунках.

7. За прийнятим значенням n_e визначається фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi D_\phi n_e}{1000} = \frac{\pi \cdot 100 \cdot 100}{1000} = 31,4 \text{ м/хв.}$$

8. Визначаємо подачу на 1 оберт фрези: $S_{\text{об.фр}} = S_{z_e} \cdot z$;

9. Визначимо хвилинну подачу:

$$S_{\text{хв}} = S_{\text{об.фр}} n_e = 0,08 \cdot 18 \cdot 100 = 144 \text{ мм/хв.}$$

10. Із ряду паспортних даних вертикального-фрезерного верстата 6М12П (табл Д.2.12 додаток 2) приймаємо поперечну подачу $S_{x_{e_6}} = 125$ мм/хв.

11. Розрахункова довжина обробки:

$$L_p = L_0 + L_1 + L_2 + L_3 = 100 + 2 + \frac{d_\phi}{2} + \frac{d_\phi}{2} = 100 + 2 + 50 + 50 = 202 \text{ мм,}$$

де $L_0=100$ мм. - довжина фрезерування (згідно креслення деталі)

$L_1 = 2$ мм – відстань підводу інструменту до заготовки з робочою подачею;

$L_2, L_3 = \frac{d_\phi}{2}$ – відстань врізання і перебіг у інструмента, яка залежить від

типу фрези (1 табл Д.2.10 дод. 2).

12. Основний час на перехід 30.2 знаходимо за формулою:

$$t_{01} = \frac{L_p}{S_{x_{e_6}}} \cdot n = \frac{202}{160} \cdot 102 = 1.26 \text{ хв.}$$

Основний час на виконання всієї фрезерної операції становить:

$$T_o = \sum_1^i t_{oi} = 1,26 + 1,14 = 2,4 \text{ хв}$$

Допоміжний час:

на установлення і зняття деталі $t_y = t_{y1} + t_{y2}$, де t_{y1} — допоміжний час безпосередньо на установлення та зняття деталі $t_{vi} = 0,49$ хв;

$t_{y2} = 0,08$ хв — додаток на очищення місця установлення деталі

від стружки

Тоді $t_y = 0,49 + 0,08 = 0,57$ хв.

Допоміжний час, пов'язаний з переходом, для верстатів з довжиною стола 750мм, автоматичним переміщенням, при фрезеруванні пазів фрезою, установленою на розмір, $t_d = 0,09$ хв.

Тоді допоміжний час $T_d = t_y + t_d = 0,57 + 0,09 = 0,66$ хв.

Оперативний час

$T_{оп} = T_o + T_d = 2,4 + 0,66 = 3,06$ хв.

$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пер}$,

де $T_{об} = 0,045 T_{оп} = 0,045 \cdot 3,06 = 1,13$ хв

$T_{пер} = 0,06 T_{оп} = 0,06 \cdot 3,06 = 0,18$ хв

відповідно, допоміжний час на обслуговування робочого місця і на відпочинок та природні потреби, що беруться у відсотках оперативного часу.

$T_{шт} = 3,06 + 1,13 + 0,18 = 4,37$ хв.

Калькуляційний час на фрезерування однієї деталі

$T_k = T_{шт} + (T_{пз}/n)$,

де $T_{п.з}$ - підготовчо-завершувальний час 18 хв

Тоді $T_k = 4,37 + (18/200) = 4,46$ хв.

Норма виробітку за 1 год становить:

$N = 60/4,46 = 13$ деталей.

40. Свердлильна

Перехід 40.1 Свердлити 3 отвори під $\varnothing 13H9$ (пов. 6)

Беремо свердло діаметром $d_{cb} = 12\text{мм}$ з нормальним заточуванням, матеріал різальної кромки – швидкорізальна сталь Р6М5

1. Глибина різання при свердленні дорівнює половині діаметра оброблюваного отвору: $t = \frac{d_{ce}}{2} = \frac{12}{2} = 6\text{мм}$.

2. За нормативними даними вибираємо подачу в залежності від діаметра отвору та міцністних характеристик заготовки матеріалу. За паспортними даними вертикально-свердлильного верстата 2A125 (табл.Д.3.3, дод3) приймаємо подачу $S_B = 0,2\text{мм/об}$.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання, яка залежить від діаметра свердла та його матеріалу, інтервалу подач та характеристик оброблюваного матеріалу (табл.Д.3.6, дод3), за емпіричною формулою:

$$V_c = \frac{9,2 \cdot d_{ce}^{0,25}}{T^{0,125} \cdot S^{0,55}} = \frac{9,2 \cdot 12^{0,25}}{60^{0,125} \cdot 0,2^{0,55}} = 24,86 \text{ м/хв};$$

де $T = 60\text{хв}$ – середнє значення періоду стійкості свердла (табл.Д.3.6, дод3).

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_e}{\pi \cdot d_{ce}} = \frac{1000 \cdot 24,86}{\pi \cdot 12} = 659,6 \text{ об/хв}.$$

5. Розрахункову кількість обертів n_p корегуємо з паспортними даними прийнятого верстата і приймаємо ближче менше значення – $n_e = 500 \text{ об/хв}$.

6. За прийнятим значенням n_e визначається фактична швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d_{ce} \cdot n_e}{1000} = \frac{\pi \cdot 12 \cdot 500}{1000} = 18,84 \text{ м/хв}.$$

7. Розрахункова довжина обробки:

$$L_p = (L_0 + L_1 + L_2 + L_3) \cdot 3 = (20 + 2 + 7) \cdot 3 = 87 \text{ мм};$$

де $L_0 = 20\text{мм}$ – глибина свердлення;

$L_1 = 2 \dots 3\text{мм}$ – відстань підводу інструменту до деталі з робочою подачою;

L_2, L_3 – величина врізання і перебігу свердла: $L_2 + L_3 = 7\text{ мм}$, (табл.Д.3.5, дод3);

8. Основний час на свердлення отвору:

$$t_{01} = \frac{L_3}{S_g \cdot n_g} = \frac{87}{0,2 \cdot 500} = 0,87 \text{ хв.}$$

9. Допоміжний час:

1. Час на установку і зняття заготовки в кондукторі – $t_{д.1} = 0,2\text{ хв.}$

2. Час зв'язаний з переходом $t_{д.2} = 3 \cdot 0,08 = 0,24\text{ хв.}$

3. Час на вихід свердла для знищення стружки і наступне введення його в отвір – $t_{д.3} = 0,06\text{ хв.}$

Допоміжний час всього $t_{д.4} = t_{д.1} + t_{д.2} + t_{д.3} = 0,5\text{ хв.}$

10. Оперативний час

$$t_{оп1} = t_{01} + t_{д.4} = 0,87 + 0,5 = 1,37 \text{ хв.}$$

Перехід 40.2 Зенкерувати 3 отвори під $\varnothing 13\text{H}9$ (пов.6)

Беремо зенкер діаметром $d_3 = 13\text{мм}$ матеріал різальної кромки швидкорізальна сталь Р6М5

1. Глибина різання при зенкеруванні дорівнює половині діаметра оброблюваного отвору: $t = \frac{d_3 - d_{св}}{2} = \frac{13 - 12}{2} = 0,5\text{мм.}$

2. За нормативними даними вибираємо подачу в залежності від діаметра отвору та міцністних характеристик заготовки матеріалу. За паспортними даними вертикально-свердлильного верстата 2А125 (табл.Д.3.3, дод3) приймаємо подачу $S_B = 0,8\text{мм/об.}$

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання, яка залежить від діаметра зенкера та його матеріалу, інтервалу подач та характеристик оброблюваного матеріалу (табл.Д.3.6, дод3), за емпіричною формулою:

$$V_c = \frac{12,2 \cdot d_3^{0,2}}{T^{0,125} \cdot S^{0,4} \cdot t^{0,1}} = \frac{12,2 \cdot 13^{0,25}}{30^{0,125} \cdot 0,8^{0,55} \cdot 0,5^{0,1}} = 18,3 \text{ м/хв};$$

де $T = 30$ хв – середнє значення періоду стійкості зенкера (табл.Д.3.6, дод3).

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_e}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 18,3}{\pi \cdot 13} = 448 \text{ об/хв.}$$

5. Розрахункову кількість обертів n_p корегуємо з паспортними даними прийнятого верстата і приймаємо ближче менше значення – $n_6 = 355$ об/хв.

6. За прийнятим значенням n_6 визначається фактична швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_6}{1000} = \frac{\pi \cdot 13 \cdot 355}{1000} = 14,49 \text{ м/хв.}$$

7. Розрахункова довжина обробки:

$$L_p = (L_0 + L_1 + L_2 + L_3) \cdot 3 = (20 + 2 + 3) \cdot 3 = 75 \text{ мм};$$

де $L_0 = 20$ мм – глибина зенкування

$L_1 = 2 \dots 3$ мм – відстань підводу інструменту до деталі з робочою подачою;

L_2, L_3 – величина врізання і перебігу зенкера: $L_2 + L_3 = 3$ мм, (табл.Д.3.5, дод3);

8. Основний час на зенкерування отвору:

$$t_{02} = \frac{L_3}{S_6 \cdot n_6} = \frac{75}{0,7 \cdot 355} = 0,3 \text{ хв.}$$

9. Допоміжний час:

4. Час на зняття свердла і установку зенкера – $t_{д,1} = 0,5$ хв.

5. Час зв'язаний з переходом $t_{д,2} = 3 \cdot 0,08 = 0,24$ хв.

6. Час на вихід зенкера для знищення стружки і наступне введення його в отвір – $t_{д,3} = 0,06$ хв.

Допоміжний час всього $t_{д,4} = t_{д,1} + t_{д,2} + t_{д,3} = 0,8$ хв.

10. Оперативний час

$$t_{оп2} = t_{02} + t_{д.4} = 0,3 + 0,8 = 1,1 \text{ хв.}$$

Основний час на виконання всієї свердлильної операції становить:

$$T_o = \sum_1^i t_{oi} = 0,3 + 0,87 = 1,17 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції

$T_{пз1} = 10 \text{ хв}$ — час на одержання завдання, пристроїв і здачу по закінченні роботи; $T_{пз2} = 4 \text{ хв}$ — час на налагодження установлення деталі в пристрої без кріплення пристрою на столі.

$$T_{п.з} = 10 + 4 = 14 \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = t_{оп1} + t_{оп2} = 1,37 + 1,1 = 2,47 \text{ хв}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі:

$$T_k = T_{шт} + (T_{пз}/n) = 2,47 + (14/200) = 2,54 \text{ хв}$$

Норма виробітку за 1 год становить

$$N = 60/2,54 = 23,6 \text{ дет/год}$$

Визначення похибки обробки отвору в кондукторі

Для обробки 3 отворів діаметром $\varnothing 13H9$ мм в заготовці, спроектований кондуктор з швидкознімними втулками. Заготовка базується циліндричною поверхнею $\varnothing 20H7$ на оправку до упора і фіксується притискним гвинтом.

1. Параметри точності, які необхідно забезпечити в кондукторі:

На операції що розглядаємо необхідно забезпечити дві вимоги $\varnothing 13H9$, $130 \pm 0,1 \text{ мм}$. Пристрій впливає тільки на точність розміру $130 \pm 0,1 \text{ мм}$.

2. Основними розмірами кондуктора є:

- діаметр кондукторної втулки під свердло, d_1 (відповідно до рекомендацій діаметр отвору кондукторної втулки з полем допуску $F9$ становить $\varnothing 13^{+0,043}_{+0,016} \text{ мм}$);

- діаметр швидкозмінної кондукторної втулки в сполученні з постійною втулкою , становить за ГОСТ 18431 на змінні кондукторні втулки 22мм, а посадка в їх з'єднанні H7/g6

- діаметр кондукторної втулки установка в плиту d_3 з посадкою H7/n6 відповідно до рекомендацій

-діаметр базування заготовки на оправці d_4 з посадкою H7/g6

-діаметр базування оправки в плиті d_5 з посадкою H7/n6

- граничне відхилення відстані від упору до вісі отворів змінних кондукторних втулок повинне враховувати усі зазори, які виникають в сполученнях "заготовка – установча втулка", "змінна кондукторна втулка – постійна кондукторна втулка з плитою" "заготовка – оправка" " оправка – кондукторна плита" та ексцентриситет змінної втулки, тобто цей допуск з сумарною похибкою пристрою, яка визначається за формулою:

$$y = F \cdot y' + K \frac{D_{зг} - D_{к}}{2} + K \frac{D_{вн} - D_{см}}{2} + K \frac{d_{вн} - d_{св}}{2} + m \cdot \varepsilon_{рб} + P(d_{вн} - d_{св}) \cdot \frac{h + b}{l}$$

y' -величина максимального відхилення розмірів кондуктора приймаємо 0,05мм

K- коефіцієнт що враховує максимально можливий зазор в з'єднанні K=0.5

F- коефіцієнт що враховує можливі відхилення координат центрів відхилення отворів в кондукторі F=0.8

m- коефіцієнт що враховує величину ексцентриситету втулки m=0.4

$\varepsilon_{рб}$ -ексцентриситет втулки $\varepsilon_{рб} = 0,03$ мм.

P - коефіцієнт що враховує можливий відхил свердла P=0.35

l -довжина отвору швидкозмінної втулки, мм

b-глибина свердління, мм

h – відстань між торцем втулки і поверхнею заготовки, мм;

Максимальні зазори між заготовкою та оправкою

$$D_{зг} - D_{к} = 20,021 - 19,98 = 0,041 \text{ мм.}$$

Максимальні зазори між швидко знімною втулкою і постійною втулкою:

$$D_{вн} - D_{см} = 22,021 - 21,98 = 0,041 \text{ мм.}$$

Максимальний зазор між свердлом і отвором кондукторної втулки:

$$d_{вн} - d_{св} = 13,043 - 12,973 = 0,07 \text{ мм.}$$

$$y = 0.8 \cdot 0.05 + 0.5 \cdot \frac{0.041}{2} + 0.5 \cdot \frac{0.041}{2} + 0.5 \cdot \frac{0.07}{2} + 0.4 \cdot 0.03 + 0.35 \cdot 0.07 \cdot \frac{5+15}{41} = 0.086$$

кондуктор забезпечує задану точність положення отвору в межах допуску на знос робочих поверхонь пристрою.

На кресленні кондуктора вказується величина похибки пристрою $y = 0,086 \text{ мм}$, яка необхідна для перевірки його придатності.

8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу

Планове технічне обслуговування має вирішальне значення для забезпечення оптимальної продуктивності та довговічності гомогенізатора-змішувача, як і будь-якого промислового обладнання. Регулярний догляд допомагає виявити потенційні проблеми на ранній стадії та запобігти значнішим пошкодженням або відмовам. Виробники рекомендують дотримуватися графіка технічного обслуговування для моніторингу змін продуктивності. Серед різних завдань з технічного обслуговування, змащування є особливо важливим через постійне використання гомогенізатора-змішувача.[19,20]

Регулярні огляди необхідні для виявлення ознак зносу, пошкоджень або корозії. Ці огляди також повинні перевіряти правильність вирівнювання, достатнє змащування та затягування болтів і кріплень.

Змащування підшипників, шестерень та інших рухомих частин слід проводити регулярно для забезпечення належної роботи та зменшення ризику передчасного виходу з ладу.

Регулярне очищення змішувача має вирішальне значення для усунення будь-яких накопичень матеріалу, які можуть порушити роботу або призвести до забруднення.

Датчики та системи керування в змішувачі слід регулярно калібрувати, щоб забезпечити точні показання та уникнути потенційних помилок.

Зношені або пошкоджені деталі слід своєчасно замінювати, щоб запобігти подальшим пошкодженням або несправності.

Якщо виникає необхідність у ремонті, дотримуйтеся цих рекомендованих кроків:

Початковим кроком у ремонті змішувача є визначення проблеми, що може включати усунення несправностей для встановлення причини. Після виявлення проблеми, розіб'єть змішувач, щоб отримати доступ до пошкоджених або несправних частин. Відремонтуйте або замініть ці частини залежно від ступеня пошкодження. Після завершення ремонту або заміни,

зберіть змішувач і протестуйте його, щоб переконатися, що він працює належним чином.

Після ремонту змішувач слід протестувати та відкалібрувати, щоб підтвердити, що він працює належним чином і в межах правильних параметрів.

Важливо використовувати високоякісні запасні частини та доручати ремонт кваліфікованому техніку. Нехтування ремонтом може призвести до зниження продуктивності, підвищеного ризику пошкодження або травм, а також до відмови обладнання.

Монтаж обладнання для гомогенізації мазей надходить на підприємство в запакованому стані після відкриття упаковки перевіряють його на наявність ушкодження під час транспортування. Обов'язково перевіряють комплектність наявності деталей, вузлів для приєднання та інших комплектуючих відповідно до наданої технічної документації та особливих умов договору на закупівлю.

Після зняття упаковки для гомогенізатора проводиться розконсервування, промивання гарячою водою або миючим розчином і потім його висушують.

Оброблені поверхні деталей, які покриті захисним шаром мастила потрібно промити гасом і ретельно витерти.

Установка машини здійснюється в горизонтальному положенні на рамі, яка кріпиться до підлоги.

Після монтажу потрібно з'єднати апарат з магістралями стиснутого повітря (тиск в трубопроводі повинен становити $6 \pm 0,5$ МПа), холодної води (тиск в трубопроводі повинен становити 3,7 МПа і температура 20 ± 5 °C), під'єднати до електроживлення (напруга 3×380 В, частота 50 Гц, сила струму 12,6 А), зберігши маркування у відповідності з електричною схемою згідно паспорту апарату.

Перед пуском гомогенізатора в експлуатацію, перевіряють надійність з'єднання на магістралями стиснутого повітря, води, наявність мастила в редукторах. Деталі що обертаються прокручують вручну, щоб переконатися у відсутності можливих заклинювань тощо.

Для запобігання будь-якого електростатичного заряду частини установки необхідно заземлити. Перед експлуатацією впевнитися, що центральні заземлення належним чином підключені до заводської системи заземлення.

В більшості випадків гомогенізатори мають деталі обертання, які створюють вібрації для зменшення амплітуди коливань монтують гомогенізатор-змішувач на фундаменті на спеціальних гумових амортизаторах і кріплять до нього фундаментними болтами (рис. 8.1.).

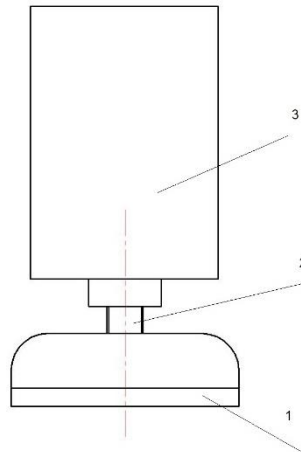


Рис. 8.1. Кріплення до фундаменту: 1 –амортизатор гумовий; 2 – лапа рами гомогенізатора; 3 – рама.

За допомогою регульовальних пристроїв на віброопорах гомогенізатор – змішувач встановлюю по лазерному рівню в вертикальній площині по осі обертання валів зовнішньої та внутрішньої мішалок. При невеликих відхиленнях від горизонтальності роблять вивірку та регулюють лапи так щоб встановити горизонтальність, щоб забезпечити якісну роботу гомогенізатора.

Сервісне обслуговування

1) У разі потреби проведення техобслуговування або усунення неполадок на працюючій машині, машину дозволено приводити в дію ручним способом або клавішним вимикачем;

2) Якщо клавішний вимикач знаходиться зовні радіусу досяжності обслуговуючого персоналу, то одна спеціально призначена особа повинна

обслуговувати машину з одного постійного місця, з якого зможе контролювати роботу і негайно зупинити машину. Дана особа не має права покидати своє постійне місце під час проведення робіт.

Очищення:

1) Під час робочого режиму заборонено проводити роботи по очищенню деталей, що рухаються;

2) У разі відсутності можливості чищення з робочих причин під час простою, необхідно вжити попередніх заходів безпеки, наприклад, використання відповідних допоміжних інструментів;

3) Чищення валів, що рухаються, повинне проводитися тільки з вихідної сторони;

4) Чищення робочої ємності робиться в ручному режимі.

Вказівки по запобіганню нещасних випадків:

Апарат забезпечений всіма можливими сучасними пристроями безпеки і захисту. Дана обставина гарантує безпечну роботу на машині. Професійне обслуговування машини дозволяє проводити безпечну і надійну роботу устаткування. Неправильне обслуговування машини може привести до небезпечної роботи.

Кнопка аварійного відключення знаходиться на панелі управління і на ділянці завантаження. Під час проведення робіт в шафі комплектного розподільного пристрою електропідведення повинне бути знеструмленим. Для повного відключення електропідведення слід відключити вимикач або внутрішній запобіжник і забезпечити охорону від ненавмисного включення.

Під час проведення робіт на пристрої для нагрівання води або пневматичному пристрої, всі відповідні підводи до машини повинні знаходитися не під тиском.

Робота машини повинна відбуватися тільки в „імпульсному режимі“. Перемикач на панелі управління встановити в положенні „налагодження“. При роботі більше одного працівника на машині, тільки одна певна особа має право натискати кнопки.

Перетин захисних покриттів за допомогою ключової кнопки повинен проводитися тільки уповноваженими і навченими особами.

Конструкцією гомогенізатора передбачено змащення підшипників в редукторах відповідно технічного паспорту та схема змащення гомогенізатора. Для деяких змащувальних точок передбачається схема змащення, в якій вказано змащувальні матеріали, вид мастила і положення змащувальних точок в нашому випадку це піднімальний механізм кришки гомогенізатора. Точки змащення на машині відзначені кольоровими знаками. Перед змащенням змащувальні точки необхідно ретельно очистити.

Слід зазначити, для сервісного обслуговування гомогенізатора використовується наступна структура робочого циклу.

Структура ремонтного циклу

К-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-С-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-К

К – 1 – капітальний ремонт;

О – 18 – оглядів;

П – 2 – поточних ремонти;

С – 1 – середній ремонт.

Категорія ремонтної складності – 3,5.

Підготовка до роботи. Відкрийте вентиль подачі води для подачу в оболонковий теплообмінник, проконтролюйте процес та температуру води.]

Задайте на пульті керування потрібну програму, пуск гомогенізатора має почати працювати.. Переведіть рукоятку у автоматичного вимикача на електрошафі в положення «Включено». Включіть електродвигуни на перемішування. Перевірте напрям обертання валів. Вони повинні обертатися на зустріч один одному. Забезпечте надходження продукту в гомогенізатор відкривши крани для подачі мазі. Відкрийте подачу гарячої води в сорочку охолодження, контролюйте температуру води в корпусі температура не повинна перевищувати плюс 100 °С.

Порядок роботи. Підготувавши гомогенізатор до роботи, натисніть кнопку «Пуск» запускаючи програму тривалості змішування та гомогенізації мазі. Після пуску перемішуючі пристрої змішують компоненти мазі. Наступним кроком є запуск насоса-диспергатора-гомогенізатора який здійснює перекачування з нижньої частини ємності в зону роботи перемішуючих пристроїв мазі зі змішуванням компонентів та подальшим подрібнення.

Після завершення циклу змішування та гомогенізації надходить сигнал на пульт управління попередження про завершення технологічного циклу процесу гомогенізації.

Опорожнення ємності відбувається за допомогою насоса-диспергатора-гомогенізатора.

Під час роботи гомогенізатора продукт не повинен просочуватися через ущільнення та кришку, а також через прокладки у всіх приєднувальних місцях.

Групу гомогенізаторів під час роботи може обслуговувати одна людина.

Для зупинки гомогенізатора:

- дочекатися закінчення програми;
- вимкнути електродвигуни;
- закрийте кран подачі води, що надходить у сорочку нагріву.

Промивку проводьте в наступній послідовності:

1. Циркуляційним способом прополощіть систему від залишків продукту водопровідною водою протягом 10...15 хв.

2. Промийте лужним розчином при температурі плюс 75...80°C протягом 30...40 хв.

3. Обполосніть теплою водою (плюс 40...50°C) до повного зникнення слідів лужного розчину (по лакмусовому паперу).

Перед зупинкою гомогенізатора на тривалий час ретельно промийте його, пропускаючи через нього гарячу воду до тих пір, поки вода, що виходить, не стане повністю чистою.

9. Опис системи управління

Керування роботою гомогенізатора для мазей відбувається оператором із автоматизованого пульта [21].

Передбачено керування такими елементами апарату:

1. Вмикання-вимикання двигуна для приведення у рух внутрішньої мішалки.

2. Вмикання-вимикання двигуна для приведення у рух зовнішньої мішалки зі шкребками.

3. Вмикання-вимикання двигуна для приведення у рух відцентрового насосу з турбінним робочим органом, який подає мазь у систему циркуляції зовнішнім контуром і одночасно інтенсивно гомогенізує мазь.

4. Вмикання-вимикання двигуна системи подачі води в нагрівальну сорочку.

Передбачено системи запобігання аваріям, зокрема:

Система вимикання двигуна приводу ротора у разі перевищення потужності.

Система вимикання двигуна приводу ротора у разі перегрівання середовища робочої камери. Для цього у робочій камері передбачено встановлення датчика температури, який передає сигнал на пульт керування.

10. Заходи щодо охорони праці

Забезпечення безпеки на промисловому виробництві: комплексний підхід

Працівники, залучені до промислового змішування, щодня стикаються з різноманітними небезпеками, які вимагають ретельного підходу до забезпечення безпеки на робочому місці. Серед найпоширеніших ризиків – хімічний вплив потенційно шкідливих речовин, механічні небезпеки від експлуатації машин та обладнання, а також шум і вібрація, що можуть спричинити довгострокові проблеми зі здоров'ям. Окрім цього, пил та тверді частинки становлять загрозу для дихальних шляхів. Роботодавці зобов'язані впроваджувати комплексні протоколи безпеки, щоб усунути ці небезпеки та пріоритизувати добробут своїх працівників [22].

Безпека машин: ключові аспекти

Правильне електричне заземлення є основою електробезпеки та має кілька важливих цілей. Воно запобігає ураженню електричним струмом, забезпечуючи низькоомний шлях для струму до землі, що значно знижує ризик для співробітників. Заземлення також захищає обладнання від електричних несправностей, таких як короткі замикання, відводячи струми витoku до землі, запобігаючи пошкодженням та мінімізуючи час простою. Крім того, заземлення сприяє запобіганню пожежам, обмежуючи накопичення надлишкової напруги, та розсіює статичні заряди, зменшуючи ризик іскор, які можуть запалити легкозаймисті матеріали.

Забезпечення надійного кріплення резервуарів є ще одним першочерговим завданням у промислових умовах. Правильне кріплення підтримує стабільність резервуарів, зменшуючи ризик їх перекидання або зсуву під час роботи, особливо під час високошвидкісного змішування. Цей превентивний підхід захищає від забруднення навколишнього середовища та створює безпечне робоче середовище для персоналу.

Захисні кожухи навколо лопатей змішувача, коли він не використовується, захищають операторів від випадкового контакту. Ефективні змішувальні лопаті також відіграють вирішальну роль у мінімізації пилу та

викидів, що захищає здоров'я персоналу, оскільки вплив частинок, що знаходяться в повітрі, становить ризик для дихальних шляхів. Крім того, добре спроектовані лопаті зменшують потребу в ручному втручанні для усунення нерівномірних сумішей та запобігають накопиченню матеріалу на стінках, забезпечуючи послідовний і безпечний процес змішування.

Безпека персоналу та працівників

Забезпечення добробуту персоналу в промислових умовах вимагає багатогранного підходу. Правильне технічне обслуговування обладнання є основою надійності та безпеки. Належне навчання є критично важливим, особливо враховуючи зміни у робочих процедурах з новим обладнанням або покращеними процесами. Дотримання стандартів одягу навколо змішувачів допомагає уникнути проблем безпеки, таких як звисаючі елементи, які можуть зачепитися.

Крім того, використання належних засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), включаючи рукавички та маски, є необхідним для зменшення ризику впливу хімічних речовин та розчинників. Планування реагування на надзвичайні ситуації є життєво важливим і включає чітко визначені плани дій, знання місць надання першої допомоги, визначені канали зв'язку зі службами швидкого реагування та чіткі обов'язки щодо організації та дотримання аварійних процедур [23].

Впровадження установок для миття резервуарів

Установки для миття резервуарів значно покращують процес очищення, особливо коли ручне очищення неможливе. Вони часто включають автоматизовані цикли очищення, функції аварійної зупинки та запобіжні блокування, забезпечуючи додаткові рівні захисту. Деякі системи, наприклад, SMX-200 від Hockmeyer, забезпечують закриту систему для контролю випаровування розчинників та поводження з небезпечними сполуками, сприяючи безпечнішому робочому середовищу.

Однією з помітних переваг є зменшення впливу розчинників та мийних засобів на працівників. Ручне очищення передбачає прямий контакт з потенційно небезпечними хімічними речовинами, наражаючи працівників на

ризиками, тоді як автоматизовані установки мінімізують цей контакт. Крім того, вони працюють з точністю, зменшуючи ймовірність розливів, які можуть призвести до небезпеки ковзання та забруднення навколишнього середовища. Установки для миття резервуарів також покращують якість повітря, мінімізуючи викид частинок та випарів, та забезпечують послідовне й ретельне видалення залишків, що зменшує ризик неадекватного очищення.

Кращі практики для забезпечення безпеки

Впровадження найкращих практик створює надійну культуру безпеки. Керівництво повинно активно демонструвати свою прихильність безпеці, задаючи тон для всієї організації. Заохочення участі співробітників у ініціативах з безпеки є однаково важливим, створюючи почуття власності та відповідальності. Регулярні аудити допомагають оцінити ефективність захисних заходів та виявити сфери для покращення. Документування висновків та систематичний процес звітування забезпечують відстеження прогресу, а залучення зовнішніх фахівців додає неупереджену перспективу [24].

Постійне вдосконалення протоколів безпеки є життєво важливим. Аналіз звітів про інциденти, майже-промахів та результатів аудиту допомагає виявити закономірності. Організації повинні порівнювати показники безпеки з галузевими орієнтирами та переймати перевірені стратегії. Застосування технологічних досягнень, таких як датчики та системи моніторингу, сприяє виявленню потенційних ризиків. Заохочення зворотного зв'язку та звітування від співробітників є чудовим способом покращення, оскільки відкриті канали зв'язку, де співробітники почуваються комфортно, повідомляючи про проблеми без страху відплати, є вирішальними. Впровадження системи, яка визнає та винагороджує співробітників за внесок у покращення, зміцнює проактивну культуру безпеки. Забезпечення інформованості співробітників про процедури звітування та вжиті заходи підвищує обізнаність про безпеку та швидкість реагування.

Висновки

1. Наявне обладнання для гомогенізації має деякі недоліки, зокрема: тривалий час процесу, до 3-5 годин; висока енерго та металоємність обладнання; недостатня якість готового продукту (внаслідок чого продукт раніше гарантованого часу зберігання втрачає споживчі та функціональні властивості.
2. Для вирішення даного питання було проаналізовано інноваційні розробки провідних виробників обладнання для виробництва мазей, а також отримано рекомендації та зауваження від фахівців фармацевтичних підприємств України, зокрема, фармацевтичної фірми «Дарниця» та компанії «ФарКоС».
3. Модернізовано гомогенізатор для мазей і кремів, запропоновано додатково встановити для покращення та зменшення процесу гомогенізації насос-диспергатор з можливістю регулювання частоти обертання робочого органу. Встановлено зовнішній циркуляційний контур, що дозволяє здійснювати переміщення мазі, що гомогенізується з нижньої частини у верхню для перемішування внутрішньої та зовнішньої мішалками.
4. Запропоноване технічне рішення дозволяє скоротити тривалість гомогенізації мазей замість 4 год 1,5 год таким чином збільшується продуктивність гомогенізатора з 175 л/год до 450 л/год. Тривалість на санітарну обробку залишається сталою разом з допоміжними операціями становить 4 год.
5. В кваліфікаційній роботі виконані конструктивні, енергетичні, теплові розрахунки, розглянуті питання монтажу та сервісного обслуговування, системи автоматизації, заходів щодо охорони праці. Особливу увагу приділено розділу технології виготовлення деталі.

Список використаних літературних джерел

1. Abster (2025). Process of Manufacturing Creams and Ointments. Process equipment for industry process. Режим доступу: <https://abfeng.in/process-of-manufacturing-creams-and-ointments/>
2. <https://www.pharmaacademias.com/ointments-definition-types-composition-properties-advantages-disadvantages/>
3. Encyclopedia of pharmaceutical technology. Volume 20. Supplement 3. Ed. James Swarbrick, James C. Boylan. New York: Marcel Dekker, Inc. 2001.
4. <https://m.made-in-china.com/product/Sun-Cream-Ointment-Blending-Emulsifier-Machinery-Vacuum-Mixing-Homogenizer-2096920915.html>.
5. CIW (2025). Types of Agitators. Chemical Engineering World. . Режим доступу: <https://chemicalengineeringworld.com/types-of-agitators/>
6. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості [Текст] : Навч. посіб. / В. Г. Мирончук, Л. О. Орлов, А. І. Українець та ін. ; Нац. ун-т харч. технол. — Вінниця : Нова книга, 2004. — 288 с.
7. Yiu H. Hui. Handbook of Food Science, Technology, and Engineering. / H. Hui Yiu. – CRC Press, 2006. – 928 p.
8. Cosmetic (2025), 500L Cosmetic Creams Homogenizer Ointment Emulsifying Mixer. Режим доступу: <https://ailusi.en.made-in-china.com/product/KxURZhdPAnWF/China-500L-Cosmetic-Creams-Homogenizer-Ointment-Emulsifying-Mixer.html>
9. <https://cosmeticmachinery.en.made-in-china.com/product/ewsTWtYLgGof/China-Mixer-Homogenizer-Emulsify-Machine-for-Cosmetic-Ointment-Toothpaste-Cream.html>
10. <https://infinityconstant.blogspot.com/2014/12/pharmaceutical-semisolid.html>
11. <https://www.mdpi.com/2227-9717/10/6/1174>
12. <https://www.bepanthen.ua/uk/our-products/ointment/>
13. Основи розрахунку і конструювання технологічного обладнання: навч. посіб. — Ч. 1 / В.В. Пономаренко, Є.М. Бабко, В.В. Олішевський. — К.: НУХТ, 2023 — 314 с.

- 14.Павлище, В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин [Текст] : Підруч. / В. Т. Павлище. — 2-ге вид., перероб. — Львів : Афіша, 2003. — 560 с.
- 15.Процеси і апарати харчових виробництв [Текст] : приклади і задачі : навч. посіб. / І. Ф. Малежик, П. М. Немирович, В. Л. Зав'ялов та ін. ; за ред. І. Ф. Малежика ; Нац. ун-т харч. технол. — К. : НУХТ, 2015. — 386 с.
- 16.Сидоров, Ю. І. Процеси і апарати хіміко-фармацевтичної промисловості [Текст] : навч. посіб. / Ю. І. Сидоров, В. І. Чуєшов, В. П. Новіков. — Вінниця : Нова книга, 2009. — 816 с.
- 17.Сухенко Ю.Г., Бойко Ю.І. Технологічні основи машинобудування. Лабораторний практикум: Навч. посібник / За ред. проф. Ю.Г. Сухенка. — К.: НУХТ, 2009 —262 с.
18. Процеси і апарати харчових виробництв: Підручник / За ред. проф. І.Ф. Малежика. — К.: 2021 — 419 с.
- 19.<https://www.iqsdirectory.com/articles/mixer/tank-mixers.html>
- 20.Монтаж і технічний сервіс обладнання [Текст] : підручник / В. Г. Мирончук, М. В. Якимчук, Д. М. Люлька, С. О. Володін ; Національний університет харчових технологій. — Київ : НУХТ, 2024. — 267 с.
- 21.Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. – Київ: НУХТ, 2014. – 530 с.
- 22.<https://hockmeyer.com/blog/articles/safety-measures-in-industrial-mixing-and-milling-protecting-personnel-and-equipment/>
- 23.Основи охорони праці [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів освітнього ступеня «бакалавр» денної та заочної форм навчання / В. С. Гуць, С. Д. Коваленко, О. В. Євтушенко та ін. – К. : НУХТ, 2016. – 97 с.
- 24.Охорона праці у фармацевтичній галузі [Текст] : навч. посіб. / О. В. Жуковіна, О. І. Зайцев, О. І. Жуковін, Г. А. Грецька. — К. : Медицина, 2009. — 432 с