

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут
імені акад. І.С. Гулого

Кафедра мехатроніки та пакувальної техніки

«До захисту в ЕК»

Директор інституту (декан факультету)

(підпис)

Сергій БЛАЖЕНКО

(ім'я та прізвище)

« » 2025 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Людмила КРИВОПЛЯС-
ВОЛОДИНА

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« 10 » 02 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР

зі спеціальності 131 Прикладна механіка

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Прикладна механіка

на тему: Проектування машини для фасування сипких лікарських засобів в
упаковки типу «саше» масою 100 грам з продуктивністю 300 пакетів на хвилину.

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗПМ-5-1

Панков Денис Романович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Грінінг Катерина Робертівна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти Юрій Бойко

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент Андрій ТУБЕНЯ

(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

Здобувач

(підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут імені акад. І. С. Гулого

Кафедра мехатроніки та пакувальної техніки

Освітній ступінь: «Бакалавр»

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма: Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри МПТ

 Людмила КРИВОПЛЯС – ВОЛОДИНА

«01» 10 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Панкова Дениса Романовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування машини для фасування сипких лікарських засобів в упаковки типу «саше» масою 100 грам з продуктивністю 300 пакетів на хвилину

керівник роботи : асистентка Грінінг Катерина Робертівна

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» 10 2024 року № 861-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 18.02.2025

3. Вихідні дані до роботи: продуктивність – 300 пакетів за хвилину; маса продукту фасування – 100 г; орієнтовний розмір пакету (Ш×В) – 110×150 (мм)

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. Розділ 1. Вивчення стану питання, літературний огляд джерел інформації. Розділ 2. Конструкція і принцип роботи автомату для пакету типу "саше". Розділ 3. Техніко-економічне обґрунтування проекту. Розділ 4. Обране устаткування. Розділ 5. Розрахунок механізмів та деталей машини. Розділ 6. Розробка технологічного процесу та розрахунок операцій виготовлення. Розділ 7. Блок керування обладнанням. Розділ 8. Охорона праці на підприємстві з пакування ЛЗ. Перелік використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу

Слайди презентації: Завдання та прототип устаткування; Лист 1 «Загальний вид»; Лист 2 «Рулонорозмотувальний пристрій»; Лист 3 «Відвідний транспортер»; Лист 4 «Шнековий дозатор»; Лист 5 «Технологічний процес виготовлення деталі типу «вал»»; Технічний результат.

Креслення: Загальний вид: Рулонорозмотувальний пристрій; Відвідний транспортер; Шнековий дозатор; Технологічний процес виготовлення деталі типу «вал»

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
5.	Байко І.І. К.П.Н., дотс.	25.12.2024	05.01.2025

7. Дата видачі завдання: 01.10.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Анотація, зміст		викон.
	Вступ	20.11.2024	викон.
	Розділ 1. Вивчення стану питання, літературний огляд джерел інформації	28.11.2024	викон.
	Розділ 2. Конструкція і принцип роботи автомату для пакету типу "саше"	05.12.2024	викон.
	Розділ 3. Техніко-економічне обґрунтування проекту	11.12.2024	викон.
	Розділ 4. Обране устаткування	18.12.2024	викон.
	Розділ 5. Розрахунок механізмів та деталей машини	25.12.2024	викон.
	Розділ 6. Розробка технологічного процесу та розрахунок операцій виготовлення деталі типу вал	02.01.2025	викон.
	Розділ 7. Блок керування обладнанням	09.01.2025	викон.
	Розділ 8. Охорона праці на підприємстві з пакування ЛЗ	16.01.2025	викон.
	Список використаної літератури	09.02.2025	викон.

Здобувач освіти:

Панков
(підпис)

Денис ПАНКОВ
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи:

[підпис]
(підпис)

Катерина ГРІНІНГ
(ім'я та прізвище)

« 01 » 10 2024 р.

Зміст

Вступ	5
1. Вивчення стану питання, літературний огляд джерел інформації	7
1.1. Сипкий лікарський засіб	7
1.2. Види фасування та типи упаковок для сипучих лікарських засобів	8
1.3. Загальні питання законодавства стосовно обладнання для сипких ЛЗ (GMP).	11
2. Конструкція і принцип роботи автомату для пакету типу "саше"	14
2.1. Опис пакету типу "саше". Його виготовлення.	14
2.2. Пристрої для фасування	16
2.3. Принцип роботи фасувального пристрою вертикального типу.	18
2.4. Дозування сипких лікарських засобів	19
3. Техніко-економічне обґрунтування проекту	21
4. Обране устаткування	23
5. Розрахунок механізмів та деталей машини	25
5.1 Розрахунок дозувального пристрою	25
5.1.1. Розрахунок шнекового дозатора	25
5.1.2. Розрахунок шнека живильника	27
5.1.3. Розрахунок вала дозуючого шнека	28
5.1.4. Підбір вальниці у вузол шнек живильника	29
5.2 Вузол формування пакету	31
5.2.1 Розрахувати тримач рулону	31
5.2.2 Розрахунок зусилля притискних конусів:	32
5.2.3 Розрахунок зусилля притискання роликів і швидкості	33
5.2.4. Тепловий розрахунок повздовжнього зварювання	35
5.2.5 Тепловий розрахунок поперечного зварювання.	36
5.2.6 Розрахунок ланцюгової передачі	37

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Панков Д.Р.	Назва, додаткова назва Зміст	22-2230ДП.02.001.ПЗ				
	Документ затверджено Крибопляс-Володіна /І.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 3/	

5.3 Пристрій відведення готових упаковок	40
5.3.1 Тяговий розрахунок відвідного транспортера	40
5.3.2 Розрахунок приводного вала	42
6. Розробка технологічного процесу та розрахунок операцій виготовлення деталі типу вал	46
6.1 Технологічний процес виготовлення деталі типу вал	47
6.2 Розрахунок припусків	49
6.3 Розрахунок операцій	51
7. Блок керування обладнанням	63
8. Охорона праці на підприємстві з пакування ЛЗ	65
8.1 Система управління ОП, промислова санітарія, заходи безпеки	67
8.2 Пожежна безпека	68
8.3 Освітлення цеху	69
8.3.1 Розрахунок загального штучного освітлення	71
9. Перелік використаної літератури	73

Вступ

Фармацевтична промисловість є однією з найбільш динамічних і технологічно розвинених галузей, яка безперервно вдосконалюється для забезпечення високої якості, ефективності та безпеки лікарських засобів. Одним із ключових етапів виробництва є фасування, що відіграє важливу роль у збереженні властивостей лікарських препаратів, їх зручному дозуванні та подальшому використанні споживачами.

Сучасні тенденції розвитку фармацевтичного виробництва орієнтовані на автоматизацію процесів, підвищення продуктивності та мінімізацію втручання людини, що дозволяє зменшити ризики контамінації та покращити умови праці персоналу. У цьому контексті фасування сипких лікарських засобів у пакети типу саше набуває дедалі більшого значення завдяки своїй економічності, зручності транспортування та використання, а також високому рівню захисту вмісту від впливу зовнішніх факторів.

Результати роботи можуть бути використані на фармацевтичних підприємствах для підвищення ефективності виробничих процесів, зниження витрат та покращення кінцевої якості продукції.

Мета проекту полягає в розробці машини для фасування сипкого лікарського засобу, а саме аскорбінової кислоти, в упаковку типу саше. Продукт фасуватиметься в пакети, які складаються з PET(поліетилентерефталат) / AL(алюмінієва фольга) / PE(поліетилен). Така упаковка забезпечуватиме:

- максимальний захист від вологи, світла та повітря;
- можливість нанесення друку;
- можливість зміни розмірів;
- швидкість формування.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Панков Д.Р.	Назва, додаткова назва Вступ	22-2230ДП.02.001.ПЗ			
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 5/

Вихідні дані:

продуктивність — 300 пакетів за хвилину;

маса продукту фасування — 100 г;

орієнтовний розмір пакету (Ш×В) — 110×150 (мм)

1. Вивчення стану питання, літературний огляд джерел інформації

1.1. Сипкий лікарський засіб

Порошок — це одна з твердих лікарських форм, що може застосовуватися як внутрішньо, так і зовнішньо. Він складається з однієї або кількох подрібнених речовин та характеризується сипучістю.

Ця форма лікарських засобів має ряд переваг порівняно з іншими. Порошки легко виготовляти, транспортувати та дозувати з високою точністю. Вони є економічно вигідними та зазвичай мають тривалий термін зберігання.

Залежно від ступеня подрібнення виділяють два основні типи: дрібний та найдрібніший. Дрібні порошки використовуються для прийому всередину, тоді як найдрібніші призначені для нанесення на слизові оболонки та рани. Завдяки своїй дрібній структурі вони не спричиняють механічного подразнення й мають велику адсорбційну здатність. Якщо порошок призначений для зовнішнього застосування, його називають присипкою.

Процес виготовлення порошків включає кілька основних етапів:

- Подрібнення.** Чим тонше подрібнена речовина, тим вищий її терапевтичний ефект, а також краща змішуваність і точність дозування.

- Просіювання.**

- Змішування.** Цей процес забезпечує рівномірний розподіл компонентів у всій масі порошку. Недостатнє перемішування може призвести до нерівномірного дозування, що особливо небезпечно у випадку лікарських засобів із сильнодіючими або токсичними компонентами. У таких ситуаціях неправильна концентрація речовини в окремих дозах може спричинити побічні ефекти або навіть отруєння.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Панков Д.Р.	Назва, додаткова назва Розділ 1	22-2230ДП.02.001.ПЗ				
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 7/	

- Дозування. Процес дозування полягає в розділенні порошкової маси на окремі дози. Основна мета дозування – досягнення точної маси кожної окремої дози.

- Упаковка;
- Оформлення.

1.2. Види фасування та типи упаковок для сипучих лікарських засобів.

Фасування є важливим етапом технологічного процесу виготовлення лікарських засобів (твердих, рідких, м'яких та інших лікарських форм), що передбачає їх розподіл у первинну упаковку (флакони, пакети, баночки, туби, ампули тощо). Головна мета цього процесу — забезпечення зручності застосування, відповідних умов зберігання, а також підвищення доступності фармацевтичної допомоги при використанні ліків.

Фасування може здійснюватися вручну або за допомогою механізованих пристроїв, таких як дозатори для порошків (ТК-1, ТК-3, ДВА-1.5, ДПР-2 та інші). В сучасному виробництві цей процес здебільшого автоматизований. Вибір дозувального обладнання залежить від фізико-хімічних характеристик лікарських засобів, виду та об'єму тари.

Види фасування:

- Індивідуальне.

Фасування в окремі дозовані упаковки для індивідуального прийому. Наприклад, пакетики із порошком для розведення, капсули або саше.

- Групове.

Фасування великої кількості препарату для подальшого використання в аптеках чи медичних установах. Наприклад: банки чи контейнери з порошком для виготовлення індивідуальних ліків.

Тара та упаковка відіграють важливу роль у фармацевтичному виробництві, оскільки забезпечують не лише зручність використання лікарських засобів, а й збереження їх властивостей протягом усього терміну

зберігання. Раціональний вибір упаковки є критичним, адже неправильне пакування може спричинити погіршення якості препаратів, а також значні втрати як самих лікарських засобів, так і пакувальних матеріалів.

У фармацевтичній галузі упаковка поділяється на кілька основних видів:

- **Первинна упаковка** – це індивідуальна або споживча тара, яка безпосередньо контактує з лікарським засобом. Її основне призначення — створення оптимальних умов для збереження властивостей препарату на тривалий період.



Рис. 1.1.1 «Первинна упаковка»

- **Вторинна упаковка** – додатковий захисний елемент, що забезпечує збереження первинної тари, містить важливу інформацію щодо застосування та дозування, а також сприяє зручному обліку й контролю продукції. До вторинної упаковки належать картонні коробки та пачки, у які поміщають препарати у контурно-коміркових упаковках (таблетки, капсули, драже), ампули та флакони з рідкими або порошкоподібними засобами, металеві та полімерні туби для мазей, пробірки з таблетками, а також пакети для порошкоподібних лікарських форм. Окрім того, вона також є основою для брендування продукту. Кольори, типографіка, логотипи та інші елементи дизайну сприяють впізнаваності бренду та привабливості продукту на ринку. Тому ретельний дизайн вторинної упаковки може значно підвищити

диференціацію продукту та лояльність до бренду на висококонкурентному ринку.



Рис.1.2.1 «Вторинна упаковка»

Класифікація первинної упаковки

Первинна упаковка лікарських засобів поділяється за кількома критеріями:

- **За рівнем захисту.** Ця упаковка безпосередньо контактує з медичними препаратами, запобігаючи їх взаємодії із зовнішнім середовищем. У деяких випадках вона також виконує функцію доставки препарату, як, наприклад, у випадку аерозолів.

- **Контроль цілісності.** Деякі упаковки мають захист від несанкціонованого розкриття, що дозволяє перевіряти, чи була порушена їх герметичність. У медичних закладах будь-яке пошкодження такої упаковки є неприпустимим.

- **Захист від зовнішніх чинників.** Якісна тара запобігає втратам препарату та перешкоджає потраплянню сторонніх речовин.

- **За типом використання.** Однодозова упаковка містить медикамент, який застосовується одразу після відкриття, тоді як багатодозова передбачає багаторазове використання в межах визначеного терміну.

- **За формою та видом.** Сюди відносяться різноманітні варіанти упаковок: ампули, балони, банки, флакони, картриджі, тюбики-крапельниці тощо.

Основні види первинної упаковки

• М'яка упаковка

Виготовляється з паперових або полімерних матеріалів. Паперові варіанти використовуються для фасування таблеток, драже, лікарських рослинних засобів. Полімерні пакети застосовуються для гранул, порошків і пластирів.

• Напівжорстка упаковка

Виготовляється з комбінованих матеріалів, полімерів та картону. Сюди входять контурні упаковки для таблеток, капсул, гранул, свічок, а також тьюбіки-крапельниці для очних крапель.

• Жорстка упаковка

Це тара зі скла, металу чи полімерів. До цього типу належать флакони, ампули, пляшки, банки та пробірки, які використовуються для зберігання таблеток, капсул, мазей, гранул, порошків, лініментів і крапель. Металеві банки та балони застосовуються для фасування спреїв, паст, мазей, лініментів. Полімерні матеріали використовуються для виготовлення стаканчиків, пробірок і банок, у яких зберігають таблетки та драже.

1.3. Загальні питання законодавства стосовно обладнання для сипких ЛЗ (GMP).

Належна виробнича практика (GMP) - це система, яка гарантує, що продукція послідовно виробляється і контролюється відповідно до стандартів якості. Вона покликана мінімізувати ризики, пов'язані з будь-яким фармацевтичним виробництвом, які неможливо усунути шляхом тестування кінцевого продукту.

Основна мета GMP - запобігти випадкам забруднення, плутанини, відхилень, збоїв та помилок. Це забезпечує гарантію того, що лікарські засоби безпечні для споживання людиною, відповідають своєму призначенню та відповідають заявленим стандартам якості.

Основні принципи GMP щодо обладнання

• Дизайн і конструкція обладнання:

- Обладнання повинно бути розроблене з урахуванням потреб фармацевтичного виробництва.
- Матеріали, з яких виготовлено обладнання, мають бути інертними, нетоксичними та стійкими до впливу лікарських засобів.
- Обладнання повинно запобігати перехресному забрудненню продуктів, втраті сипучості, порушенню якості речовини або контамінації.

• Чистота та обслуговування

- Усе обладнання має бути легко доступним для очищення, дезінфекції, калібрування та технічного обслуговування.
- Повинні бути розроблені та впроваджені стандартні операційні процедури (СОП) для очищення й санітарної обробки.

• Калібрування та валідація

- Все обладнання повинно бути валідоване (підтверджена відповідність стандартам GMP) до використання.
- Регулярно здійснюється калібрування для забезпечення точності дозування та контролю параметрів.

• Матеріали обладнання

- Нержавіюча сталь (найчастіше AISI 316L) — основний матеріал для виробничих елементів.
- Захищені покриття або полімери для запобігання корозії чи реакцій з продуктами.
- Матеріали, що відповідають фармацевтичним стандартам і не виділяють токсичних речовин.

Регуляторні вимоги до обладнання для сипких ЛЗ

Обладнання повинно відповідати нормам ICH Q7, які регламентують вимоги GMP для фармацевтичних субстанцій.

Основні принципи безпеки виробництва визначаються стандартами WHO GMP, розробленими Всесвітньою організацією охорони здоров'я.

Європейські стандарти (EU GMP) включають частини I та II, які встановлюють правила для лікарських препаратів і активних фармацевтичних інгредієнтів. Особливу увагу приділено захисту від контамінації, що регулюється Annex 1 "Sterile Manufacturing

2. Конструкція і принцип роботи автомату для пакету типу "саше"

2.1. Опис пакету типу "саше". Його виготовлення.

Саше — це маленькі герметичні гнучкі пакети. Є однією з найпоширеніших форм упаковки для лікарських засобів, що дозволяє зберігати препарати в герметичному середовищі та забезпечує зручність їх використання.



рис.2.1.1 «Пакет – саше»

Матеріали для пакету саше

- **Багатошарові плівки**

Багатошарові плівки є основним матеріалом для виготовлення пакетів саше. Їх структура зазвичай складається з:

- **Поліестеру (PET)** — забезпечує механічну міцність і можливість нанесення друку.
- **Алюмінієвої фольги** — бар'єрний шар, який захищає препарат від вологи, кисню та світла.
- **Поліетилену (PE)** — внутрішній шар, який забезпечує герметичність.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Панков Д.Р.	Назва, додаткова назва Розділ 2		22-2230ДП.02.001.ПЗ			
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна /І.О.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 14/

- **Додаткові матеріали**

- **Фарби для друку**, які є безпечними для фармацевтичної продукції.
- **Адгезиви**, які застосовуються для ламінування шарів плівки.

- **Формування пакету**

Процес формування пакету саше виконується на автоматизованих лініях:

- **Поздовжнє герметизування:** формуються вертикальні шви, які утворюють трубчасту структуру.
- **Поперечне герметизування:** зварюються верхній і нижній краї для створення кишені.

- **Фасування препарату**

Дозуючий механізм відмірює задану кількість лікарського засобу (порошку, гранул чи рідини) та заповнює сформовані кишені.

- **Закриття пакету**

Після заповнення препарат герметично закривається шляхом зварювання верхнього краю пакету.

- **Різання та перфорація**

Сформовані пакети розділяються на окремі одиниці або залишаються в стрічці для групового фасування. Перфорація додається для зручності відривання.

Контроль якості

На кожному етапі фасування виконується ретельна перевірка:

- **Цілісність герметизації:** перевіряються міцність і герметичність швів.
- **Точність дозування:** контроль ваги або об'єму фасованого продукту.
- **Якість друку:** перевіряється чіткість тексту та відповідність макету.
- **Герметичність:** тестується захист від проникнення вологи й кисню.

Після завершення основних етапів виробництва пакети саше упаковуються в картонні коробки чи транспортну упаковку. На вторинну

упаковку наноситься маркування (серійний номер, дата виготовлення, термін придатності).

2.2. Пристрої для фасування

Обладнання для фасування сипких лікарських засобів у пакет саше буває різних типів, залежно від конструкції та способу роботи. Основні види включають **вертикальні**, **горизонтальні** та **спеціалізовані** машини. Розглянемо їх детальніше:

Вертикальні фасувальні машини

Ці машини працюють у вертикальній площині, що підходить для сипких матеріалів (наприклад, порошків, гранул). Вони найчастіше використовуються у фармацевтиці завдяки високій продуктивності та компактності.



рис. 2.2.1 «Фасувальний автомат сипучих продуктів SWQ200+2FM200 Sachet pneumatic, ваговий»

Основні характеристики:

- **Принцип роботи:**
 - Сипкий продукт завантажується у вібраційний або шнековий дозатор.
 - Плівка автоматично формується у трубу, запаюється позовжнім швом.
 - Після наповнення виконується поперечне запаювання та різка.

- **Переваги:**

- Висока продуктивність: фасує сотні або тисячі пакетів за годину;
- Можливість фасування у різні розміри;
- Компактність: займає менше місця, ніж горизонтальні машини;
- Універсальність: підходить для різних типів сипких продуктів;
- Автоматизація: мінімальне втручання оператора, що зменшує ризик помилок.

Горизонтальні фасувальні машини

Ці машини працюють у горизонтальній площині. Вони зазвичай використовуються для фасування товарів, які мають низьку плинність або потребують стабільної форми.



рис.2.2.2 «Горизонтальна машина моделі S110 для фасування та упаковки в саше»

Основні характеристики:

- **Принцип роботи:**

- Плівка подається горизонтально.
- Продукт дозується в підготовлену "кишеню".
- Здійснюється герметизація з трьох або чотирьох сторін.

- **Переваги:**

- Підходять для продукції з низькою плинністю.
- Забезпечують стабільність форми пакетів.
- Підтримка складніших форм пакетів (наприклад, саше із "зубчиками" для зручного відкриття).

- **Особливості:**

- Інтеграція з друкувальними модулями для нанесення тексту (наприклад, дата виробництва, номер партії).
- Можливість роботи з багат шаровими плівками для продовження терміну придатності.

Комбіновані або спеціалізовані машини

Такі машини створені для специфічних вимог фармацевтичного виробництва, де потрібно забезпечити особливу стерильність або працювати з дуже дрібними дозами.

Основні характеристики:

- **Специфіка:**

- Обладнання оснащене вакуумними системами для запобігання потраплянню пилу.
- Стерильні зони для роботи з лікарськими засобами.
- Можливість одночасного фасування кількох компонентів в один пакет.

- **Переваги:**

- Надвисока точність дозування.
- Мінімальне контактування продукту із зовнішнім середовищем.
- Підтримка роботи з чутливими матеріалами

2.3. Принцип роботи фасувального пристрою вертикального типу.

Принцип роботи включає кілька ключових етапів:

- **Подача рулонної плівки**

Плівка встановлюється на рулонний тримач машини та розмотується за допомогою автоматизованого механізму. Плівка рухається через напрямні ролики до формувальної трубки.

- **Формування пакета**

Плівка обгортається навколо формувальної трубки, створюючи рукав, який стане основою упаковки. Нагрівальні елементи формують вертикальний шов, герметизуючи краї плівки.

- **Дозування продукту**

Сипкий лікарський засіб подається у формувальну трубку через дозуючий пристрій (шнековий, вібраційний, об'ємний).

- **Герметизація пакета**

Після заповнення продуктом пакет закривається за допомогою поперечного зварювання. Нагрівальні елементи герметизують верхній і нижній шви пакета. Формується герметична упаковка з повним захистом від зовнішніх впливів.

- **Різання та перфорація**

Герметично закритий пакет відділяється від рулонної плівки різальним механізмом. За необхідності додається перфорація для зручного відривання пакетів, якщо вони залишаються з'єднаними в стрічці.

- **Додаткові функції (опціонально)**

Друк дати виготовлення, терміну придатності, серійного номера за допомогою термотрансферного принтера.

- **Контроль якості.**

Сенсори перевіряють точність заповнення, герметичність швів і цілісність пакета.

2.4. Дозування сипких лікарських засобів

Дозування сипких лікарських засобів здійснюється за допомогою спеціалізованих дозуючих систем, які підбираються залежно від

властивостей продукту та типу упаковки. Точність і стабільність процесу забезпечують високу якість кінцевого продукту.

Основні типи дозуючих систем:

Шнекові дозатори. Шнек обертається всередині циліндра, переміщуючи продукт до вихідного отвору. Кількість продукту визначається кількістю обертів шнека.

Об'ємні дозатори. Продукт заповнює спеціальні камери фіксованого об'єму. Камери випорожнюються у формувальну трубку або упаковку.

Вібраційні дозатори. Продукт подається по вібраційному лотку до вагового дозатора або безпосередньо в упаковку. Інтенсивність вібрації регулює швидкість подачі.

Мікродозатори використовуються для фасування малих доз (до 1 мг). Дозування може здійснюватися за допомогою шнеків або об'ємних камер.

Вагові дозатори. Вбудовані ваги контролюють кількість продукту в реальному часі. Дозування завершується, коли досягнуто заданої ваги.

3. Техніко-економічне обґрунтування проекту

Машина, що розробляється, призначена для автоматизованого пакування порошкових лікарських засобів у пакети з чотирьохшовним зварюванням. Використання екструзійної технології для обробки сировини дозволяє створювати продукти з поліпшеними властивостями, які легко засвоюються організмом та потребують мінімальної кулінарної обробки, або вже готові до застосування. Серед таких засобів можуть бути лікарські порошки, що застосовуються для приготування розчинів або сумішей.

Конструкція машини залежить від ряду факторів, таких як розміщення рулону плівки (вгорі або внизу), кількість робочих доріжок, спосіб формування пакета, зварювання або склеювання швів, методи відрізання упаковки та транспортування готової продукції. Одним з ключових елементів обладнання є механізм формування пакета, який забезпечує його виготовлення з плівки і подальшу подачу дозованого порошку, а також механізм зварювання та транспортування готового продукту.

Основною перевагою цієї розробки є значне зниження собівартості пакування порівняно з імпортними аналогами, що дозволить задовольнити потреби українських підприємств, які займаються упаковкою порошкових лікарських засобів.

Машина побудована за модульним принципом і має кілька суттєвих переваг:

- можливість збільшення продуктивності шляхом додавання додаткових доріжок;
- налаштування дозування під час роботи, що дозволяє точно пакувати різні об'єми порошкових засобів;
- здатність фасувати не тільки порошкоподібні, а й гранульовані, рідкі та

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Панков Д.Р.	Назва, додаткова назва Розділ 3		22-2230ДП.02.001ПЗ			
	Документ затверджено Кридопляс-Володіна /Л.О.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 21/

- пастоподібні засоби (наприклад, для чаю, кави, цукру);
- автоматизована система, що робить управління машиною простим, навіть для малокваліфікованого персоналу (потрібна лише одна людина для обслуговування);
- використання одного рулону з термозварювальної плівки, що знижує витрати на матеріали.

З економічної, технічної та організаційної точок зору, розробка і впровадження цієї машини є вигідним і доцільним для вітчизняного виробництва порошкових лікарських засобів.

. 4. Обране устаткування

Обладнання для фасування та пакування сипких лікарських засобів в упаковки типу «саше» з чотирма швами.

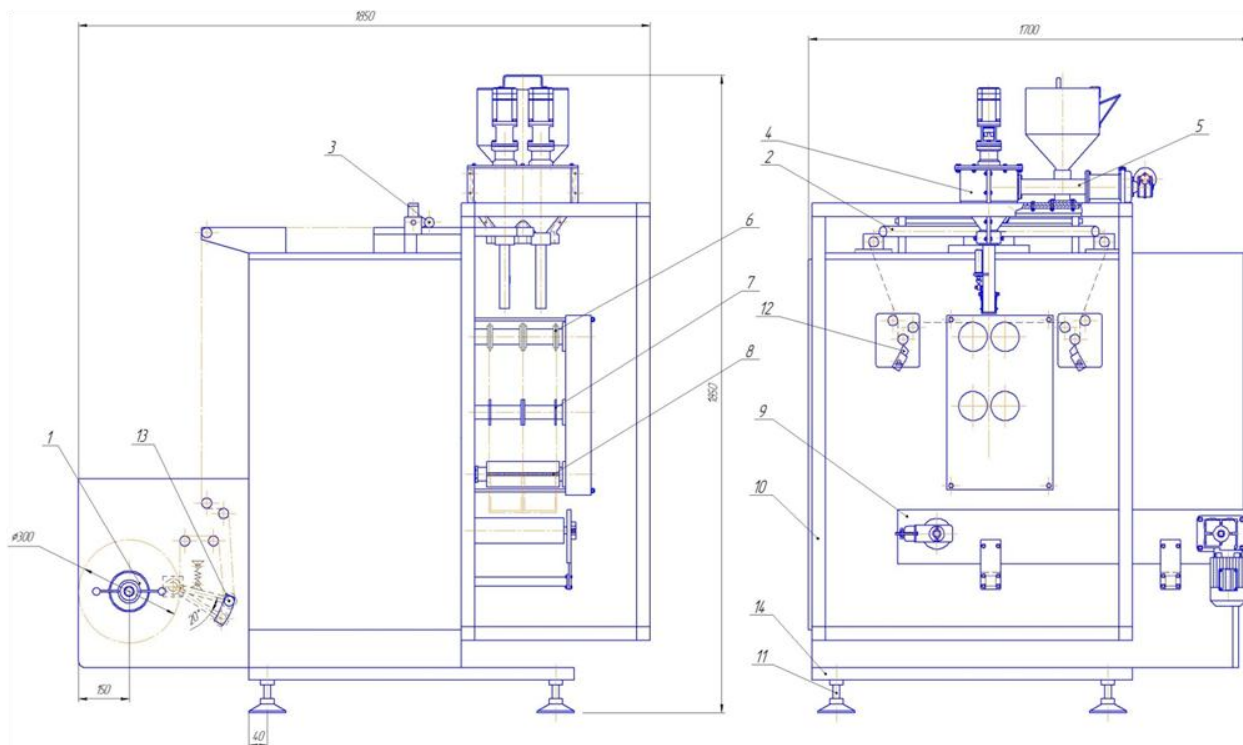


Рис. 3.1.1 Схема обладнання.

1 - рулонорозмотувальний пристрій; 2 - пристрій переорієнтації плівки; 3,12 - ніж; 4-шнековий дозатор; 5 - шнековий живильник; 6 - ролики поздовжнього зварювання шва; 7 - механізм протягування плівки; 8 - ротор поперечного зварювання і відсікання одиничних упаковок; 9 - транспортер; 10 - рама; 11 - опорна ніжка; 13 - акумулюючий пристрій; 14 - станина.

До складу машини входять такі пристрої та вузли:

- живильник;
- дозатор;
- акумулюючий пристрій;
- рулонний розмотувач;

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Панков Д.Р.	Назва, додаткова назва Розділ 4		22-2230ДП.02.001.ПЗ			
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна /І.О.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 23/

тени зварювання поздовжніх і поперечних швів;

- механізм протягування і відсікання пакетів;
- транспортер;

Принцип роботи

Рулонорозмотуючий пристрій 1 розмотує рулон плівки, яка через акумулюючий пристрій 13 завдяки механізму протягування 7 просувається до механізму переналаштування плівки 2. Тут плівка попередньо розрізається ножом 3 та формуються два паралельні ряди плівки. Далі ролики з теном поперечного зварювання виконують зварювання поздовжніх швів пакета. Оскільки робота всіх робочих органів координована для підвищення продуктивності, процес дозування лікарського порошку відбувається паралельно з рухом плівки від роликів 6 до ротора 8, де здійснюється зварювання поперечних швів та одночасне відсікання готового пакету. Завдяки гравітаційним силам готові пакети потрапляють на транспортер. Після цього цикл повторюється. Живильник 5 наповнює бункер дозатора 4 лише після того, як рівень порошку в бункері знижується до заданого рівня, що дозволяє підтримувати стабільну подачу сировини.

Технічна характеристика:

- габаритні розміри машини (L×B×H) ; 1850×1700×1850 мм;
- мережа живлення: 220В, 50Гц.
- потужність до 1 кВт.
- тип привода: механічний, електричний і пневматичний;
- тиск повітря в магістралі 5 бар.
- обслуговуючий персонал – 1 чол.
- продукт, що дозується – ЛЗ у вигляді порошку;
- розмір пакету (Ш×В) - a × b - 110 × 150 мм;
- пакувальний матеріал – PET/AL/PE;
- маса пакованого продукту 100 гр.

5. Розрахунок механізмів та деталей машини

5.1 Розрахунок дозувального пристрою

5.1.1. Розрахунок шнекового дозатора

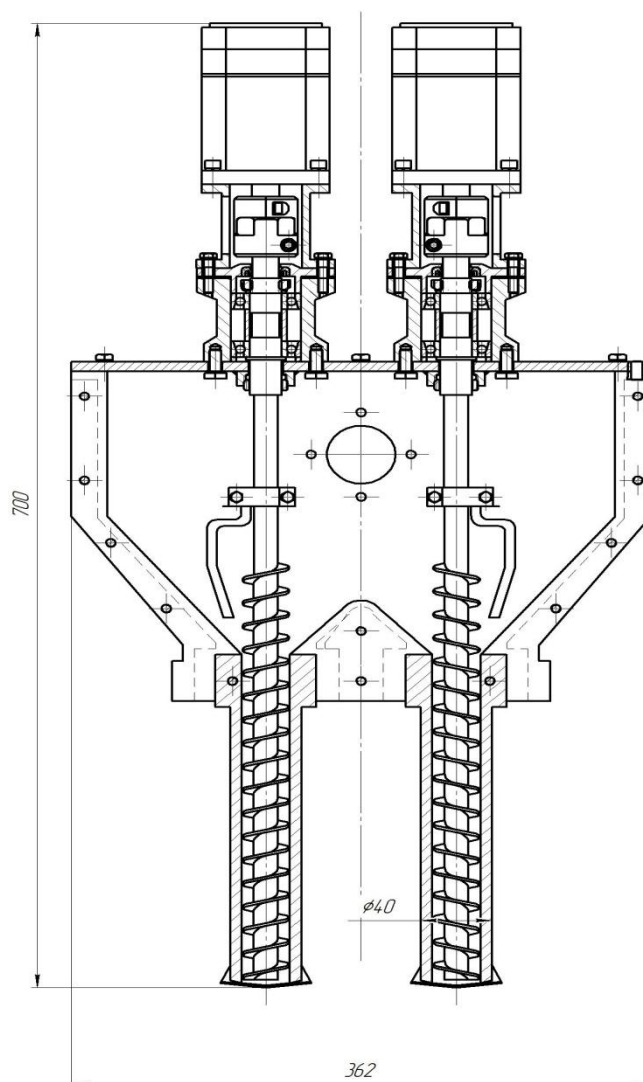


Рис.1. Схема шнекового дозатора.

Шнек має видавати 100г. продукту

Для порошку $\rho = 900 \text{ (кг/м}^3\text{)}$,

Коефіцієнт внутрішнього тертя по поверхні шнека $f = 0,5$;

Зовнішній діаметр шнека $D = 30 \text{ мм}$;

Внутрішній діаметр шнека $d = 14 \text{ мм}$;

1. Визначити значення кроку шнеку:

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Панков Д.Р.	Назва, додаткова назва Розділ 5		22-2230ДП.02.001ПЗ			
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна /І.О.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 25/

$$S = \pi \cdot D \cdot \operatorname{tg} \alpha;$$

де, α - оптимальний кут нахилу гвинтової лінії

$$\alpha = 0,5 \cdot \beta;$$

$$\operatorname{tg} \beta = f,$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg}(0,5 \cdot \beta) = \operatorname{tg} \frac{\operatorname{arctg} f}{2}.$$

Формула визначення кроку буде наступною:

$$S = \tan \frac{\operatorname{arctg} f}{2} * \pi * D = \tan \frac{\operatorname{arctg} 0,4}{2} * 3,14 * 0,03 = 0.01795 \text{ м}$$

Прийmemo S=18мм.

2. Кут підйому гвинтової лінії по зовнішній кромці

$$\alpha_D = \operatorname{arctg}(t/\pi * D) = \operatorname{arctg}(18/3,14 * 30) = 10,80$$

3. Кут підйому гвинтової лінії по внутрішньому діаметру

$$\alpha_d = \operatorname{arctg}(t/\pi * d) = \operatorname{arctg}(18/3,14 * 14) = 19,70$$

4. Визначити середнє значення кута підйому:

$$\alpha_{cp} = (10,8 + 19,7)/2 = 15,250$$

Витки шнека виготовлені із сталі 45. Для якої межа напруженості при згинанні приймається $\sigma=1300*10^5$ (Н/м²).

5. Визначити товщину витків шнека:

$$\delta=(0,06...0,1)D$$

$$\delta=0.07*30=2.1 \text{ мм}$$

6.Визначити лощу внутрішньої циліндричної поверхні корпусу по довжині крока одного витка:

$$F = \pi D(t-\delta)=3,14*0,03*(0,018-0.0021)=0,015 \text{ (м}^2\text{)}.$$

7. Визначити розгортку гвинтової лінії:

$$L = \sqrt{t^2 + (\pi \cdot D)^2}$$

$$L = \sqrt{t^2 + (\pi \cdot D)^2} = \sqrt{0,018^2 + (3,14 \cdot 0,03)^2} = 0,096(\text{м});$$

$$L = \sqrt{t^2 + (\pi \cdot d)^2} = \sqrt{0,018^2 + (3,14 \cdot 0,014)^2} = 0,053(\text{м});$$

8. Визначити кутову швидкість шнека

$$\omega = \frac{Q}{0.172 * (D^2 - d^2) * (t * \delta) * (1 - k) * \rho * f} =$$

$$\omega = \frac{190}{0.172 * (0.03^2 - 0.014^2) * (0.018 - 0.0021) * (1 - 0.375) * 900 * 0.5 * 3600} = 21.3 \text{ рад/с}$$

9. Визначити частоту обертання валу:

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 19,4}{3,14} = 185,25 (\text{об/хв})$$

$$n = \frac{30 * \omega}{\pi} = \frac{30 * 21,5}{3,14} = 205,4 \text{ об/хв}$$

10. Визначити потужність привода шнека:

$$N_d = \frac{Q_d * g * L}{3600 * \eta} * (\sin \alpha + W) * k = \frac{190 * 9.81 * 0,35}{1000 * 3600 * 0,9} * (1 + 2.8) * 3 = 2,3 \text{ кВт}$$

11. Розрахувати крутний момент:

$$T = 9550 \cdot \frac{N}{n} = 9550 \cdot \frac{1,1}{185,25} = 22,35 (\text{Нм})$$

$$T = 9550 * \frac{N}{n} = 9550 * \frac{2,3}{204,5} = 107,4$$

Обираємо кроковий електродвигун JMC 3HSS2208-220-110.

Для передачі крутного моменту з крокового двигуна на шнек дозатора використаємо муфту KSE-30-35-D11-D-12. Муфта складає із трьох вузлів і придатні для прямої безлюфтової передачі високих крутних моментів.

5.1.2. Розрахунок шнека живильника

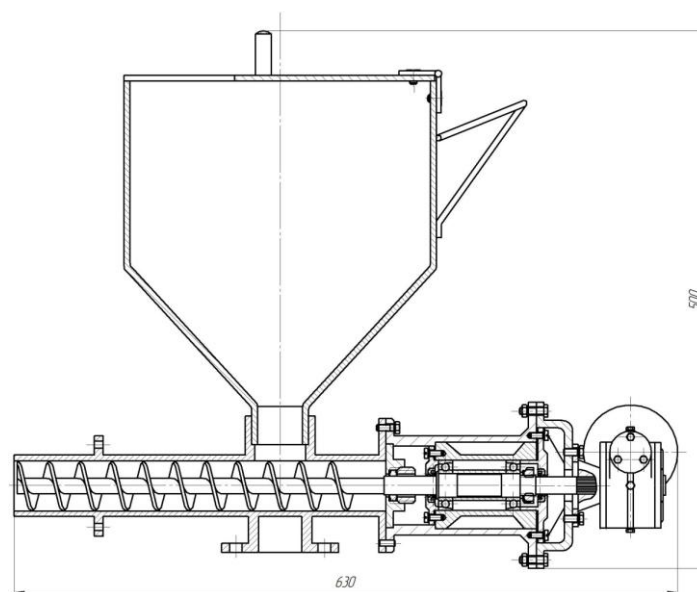


Рис.2. Схема шнеку живильника.

Зовнішній діаметр шнека – $D = 40$ мм. ;

Внутрішній діаметр шнека – $d = 16$ мм. ;

Коефіцієнт тертя по гвинтовій поверхні шнеку – $f = 0,5$;

Густина порошку – $\rho = 0,9$

Коефіцієнт заповнення поперечного перерізу – $\psi = 0,68$;

1. Визначити значення кроку:

$$S = \pi \cdot d \cdot \operatorname{tg} \alpha;$$

де, α - оптимальний кут нахилу гвинтової лінії

$$\alpha = 0,5 \cdot \beta;$$

$$\operatorname{tg} \beta = f,$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg}(0,5 \cdot \beta) = \operatorname{tg} \frac{\operatorname{arctg} f}{2}.$$

Формула визначення кроку буде наступною:

$$S = \tan \frac{\operatorname{arctg} f}{2} * \pi * D = \tan \frac{\operatorname{arctg} 0,4}{2} * 3,14 * 0,04 = 0,0232 \text{ м}$$

Прийmemo $S = 24$ мм.

2. Розрахувати коефіцієнт переміщення сипкої продукції по гвинтовій поверхні шнека:

$$\begin{aligned} K_{\text{неп}} &= \cos\left(\frac{\operatorname{arctg} f}{2}\right) \cdot \left(\cos\left(\frac{\operatorname{arctg} f}{2}\right) - f \cdot \sin\left(\frac{\operatorname{arctg} f}{2}\right)\right) = \\ &= \cos 8,35 (\cos 8,35 - 0,4 \cdot \sin 8,35) = 0,89; \end{aligned}$$

3. Визначити швидкість:

$$V = \frac{n \cdot S}{60} \cdot K_{\text{неп}} = \frac{300 \cdot 0,024}{60} \cdot 0,89 = 0,1068 \text{ (м/с)}.$$

4. Визначити продуктивність шнека:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot V \cdot \rho \cdot \psi = \\ &= \frac{3,14}{4} \cdot (0,04^2 - 0,016^2) \cdot 0,1068 \cdot 0,67 \cdot 0,68 = 5,136 \cdot 10^{-5} \text{ (м}^3/\text{с)} = 185 \text{ (кг/год)} \end{aligned}$$

5. Визначити потужність привода шнека:

$$N = Q * g * l(\omega + \sin \gamma) * \frac{1}{n * 10^{-4}}$$

$$N = 5,136 * 10^{-5} * 9,81 * 0,5 * (0,9 + \sin 0) * \frac{1}{0,7 * 10^{-4}} = 3,24 \text{ кВт}$$

де, $\omega = 0,9$ – приведений коефіцієнт тертя

Вибираємо мотор-редуктор NORD-2,2-289 ,

потужність 2,3 кВт і частотою обертів 289 об/хв

5.1.3. Розрахунок валу дозуючого шнеку

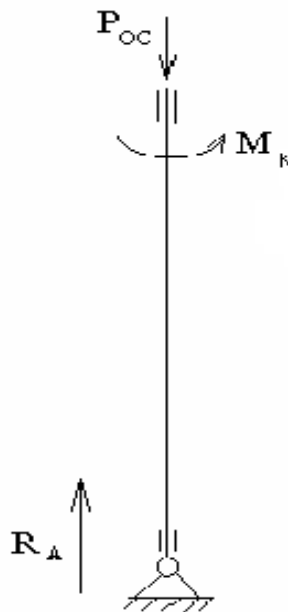


Рис 5.1.3 Схема сил, які діють на шнек дозатора

1. Визначити крутний момент:

$$M_K = 9550 * N / n = 9550 * 1,1 / 205,5 = 51,1 (\text{Нм})$$

2. Визначити осьове зусилля:

$$P_{oc} = 2 * M_{об} * tg(\varphi) / D + mg$$

$$P_{oc} = 2 * 0,2 * tg(17,7) / 0,007 + 0,5 * 9,81 = 23,14 (\text{Н})$$

При заповненні шнека продуктом на 50% маса порошку складатиме 0,0225

кг. Остаточне осьове зусилля становитиме:

$$P_{oc} = (P_{oc} + mg) * K = (23,14 + 0,0225 * 9,81) * 1,3 = 30,37 \text{ Н}$$

де, $K = 1,3$ – коефіцієнт, який враховує пускові зусилля.

3. Визначити величину навантаження на стискання:

$$\sigma = P_{oc}/F = 23,14/0,00154 = 150,4 \text{ (кПа)}$$

де, $F = \pi \cdot d^2/4 = 3,14 \cdot 0,0142^2/4 = 0,000154 \text{ (м}^2\text{)}$ – площа валу шнека.

4. Визначити дотичне напруження

$$\tau = M_{об}/W_p = 51,1/0,000038465 = 1328 \text{ (кПа)},$$

де, W_p – полярний момент опору

$$W_p = \pi d^3/16 = 3,14 \cdot 0,0143^3/16 = 0,000038465 \text{ (м}^3\text{)}.$$

5. Визначити еквівалентне напруження:

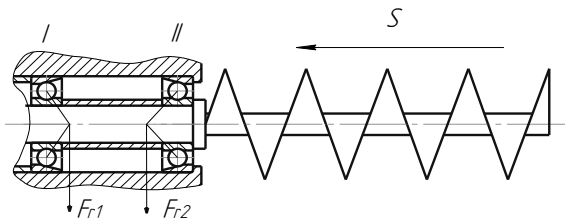
$$\sigma_{cn} = \sqrt{\sigma_1^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{150,4^2 + 4 \cdot 1328^2} = 2660 \text{ кПа}$$

Коефіцієнт запасу не повинен бути більшим за допустиме значення

$$n = \sigma_{cn}/\sigma_e = 3660/2085 = 1,76 < [n] = 1,6 \dots 2$$

Умова виконується.

5.1.4. Підбір вальниці у вузол шнека живильника



Радіальне навантаження на вальницю I $F_{r1} = 150 \text{ Н}$; радіальне навантаження на підшипник I $F_{r2} = 300 \text{ Н}$; частота обертання валу $n = 289 \text{ об/хв}$;

Попередньо приймемо вальницю легкої серії 36203 по ГОСТ 831-75, у якого динамічна під'ємність вантажу $C = 3400 \text{ Н}$; статична під'ємність вантажу $C = 1810 \text{ Н}$; кут контакту $\alpha = 12^\circ$.

2. Знайти відношення $\frac{F_r}{C_0}$ і обрати наближене значення параметра e' :

для вальниці I

$$\frac{F_{r1}}{C_0} = \frac{150}{1810} = 0,052; \quad e'_1 = 0,25;$$

для вальниці II

$$\frac{F_{rll}}{C_0} = \frac{300}{1810} = 0,082; \quad e_{ll} = 0,3$$

3. Визначити осьові складові радіальних навантажень:

для вальниці I: $F_{sl} = e_1 \cdot F_{rl} = 0,25 \times 150 = 238H$

для вальниці II: $F_{sll} = e_{11} \cdot F_{rll} = 0,3 \times 600 = 450H$.

3. Розрахункове осьове навантаження при $F_{sl} < F_{sll}$ і

для підшипника I $F_{al} = F_{sl} = 238H$;

для підшипника II $F_{all} = F_{sl} + F_{ab} = 238 + 50 = 288H$.

4. Навантаження на підшипники рівні:

на підшипник I $F_{rl} = 950H$; $F_{al} = 238H$;

на підшипник II $F_{rll} = 1500H$; $F_{all} = 288H$;

Подальший розрахунок вестимемо для більш навантаженого підшипника опору II

5. Знайти відношення:

$$\frac{F_{all}}{C_0} = \frac{288}{18100} = 0,032;$$

Уточнити значення параметра $e_{11} = 0,35$

6. Обчислити відношення:

$$\frac{F_{all}}{VF_{rll}} = \frac{288}{1,0 \cdot 1500} = 0,392 > e_{ll} = 0,35$$

Приймемо коефіцієнти радіальних і осьових навантажень: $X=0,45$, $Y=1,6$.

7. Еквівалентне динамічне навантаження на вальницю II

$$P = (XVF_{rll} + YF_{all})K_B K_T = (0,45 \times 1,0 \times 600 + 1,6 \times 288) \times 1,4 \times 1,0 = 322H.$$

8. Відношення $\frac{C}{P} = 10,6$, звідси, $C = 10,6 \times P = 10,6 \times 322 = 3413,2$ Н, що практично співпадає з каталожною динамічною під'ємністю вантажу прийнятого підшипника. Отже, залишається попередньо обрана вальниця 36203.

5.2 Вузол формування пакету

5.2.1 Розрахувати тримач рулону

Дані:

Ширина плівки – 240 мм;

Діаметр рулону – 250 мм;

Діаметр втулки рулону – 76 мм;

Припустима довжина плівки – 500 м;

Густина плівки – 1800 кг/м^3 ;

Кутова швидкість рулонна – $\omega = \text{const.}$

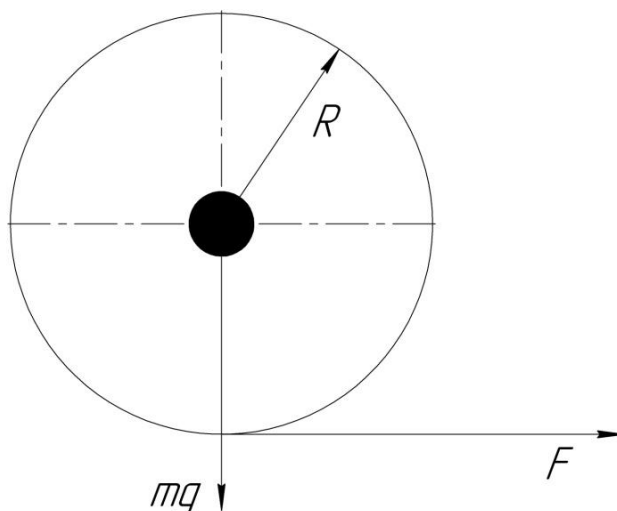


Рис. 5.1. Схема дії сил

1. Визначити зусилля для розмотування рулону:

$$F = \frac{m_p g w d}{D \cos \alpha} = \frac{40,5 * 9,81 * 0,9 * 0,025}{0,25 * 1} = 35,76 \text{ Н}$$

де, m_p – маса рулону;

w – коефіцієнт опору кочення осі тримача рулону по опорних роликах

2. Визначити масу рулону:

$$m_p = \rho * V = 1800 * 0,0225 = 40,5 \text{ кг}$$

де, ρ – густина плівки;

V – об'єм рулону.

3. Визначити об'єм матеріалу в рулоні:

$$V = S * L = 0,045 * 500 = 22,5 \text{ м}^3$$

де, S – площа поперечного перерізу рулону;

L – припустима довжина плівки.

4. Визначити площу поперечного перерізу рулону:

$$S = \pi(R^2 - R_{\text{вн}}^2) = 3,14(0,125^2 - 0,038^2) \approx 0,045 \text{ м}^2$$

де, R – радіус рулону;

$R_{\text{вн}}$ – радіус втулки рулону.

5. Диференціальне рівняння руху рулону:

$$I \cdot \ddot{\varphi} = M_F - M_W$$

де, I – момент інерції рулону;

$\ddot{\varphi}$ – кутове прискорення;

M_F – момент рушійних сил.

6. Визначити момент інерції рулону:

$$I = \frac{m_p R^2}{2} = \frac{40,5 * 0,125^2}{2} = 0,3$$

7. Визначити момент рушійних сил:

$$M_F = FR = 35,76 * 0,125 = 4,47 \text{ Н}$$

де, F – зусилля, яке докладається до полотна плівки;

8. Визначити момент сил опору обертання рулона.

$$M_W = 2W \frac{d}{2} = 2 * 157,86 \frac{0,025}{2} = 4 \text{ Н}$$

де, $W = w * N = 0,9 * 175,4 = 157,86 \text{ Н}$

$$N = \frac{mg}{2 \cos \alpha} = \frac{35,76 * 9,81}{2 * 1} = 175,4 \text{ Н}$$

де, α – кут установки опорних роликів;

Висновок: потрібне зусилля для розмотування полотна плівки становить 36Н.

5.2.2 Розрахунок зусилля притискних конусів:

Рулон необхідно зафіксувати за допомогою конусних затискачів, щоб уникнути зміщення осі рулону відносно утримувача, що може спричинити нерівномірність натягу плівки під час розмотування. Осьове зусилля має перевищувати силу ваги рулону G , а також зусилля натягу плівки P , яке прикладається до рулону під певним кутом β до вертикальної осі. У

більшості випадків для контролю руху рулону застосовують гальмівний механізм тримача рулону.



Рис. 5.2. Схема конусів

Якщо $N = 175,4 \text{ Н}$, то

$$N = N_R * \cos 30^\circ$$

$$175,4 = N_R * \cos 30^\circ$$

$$N_R = \frac{174,5}{0,866} = 201,5 \text{ Н}$$

Знайти N_0 :

$$N_0 = N_R * \cos 30^\circ = 201,5 * 0,866 = 174,4 \text{ Н}$$

Отже, зусилля притискання конусів буде становити 174 Н.

5.2.3 Розрахунок зусилля притискання роликів і швидкості протягування плівки.

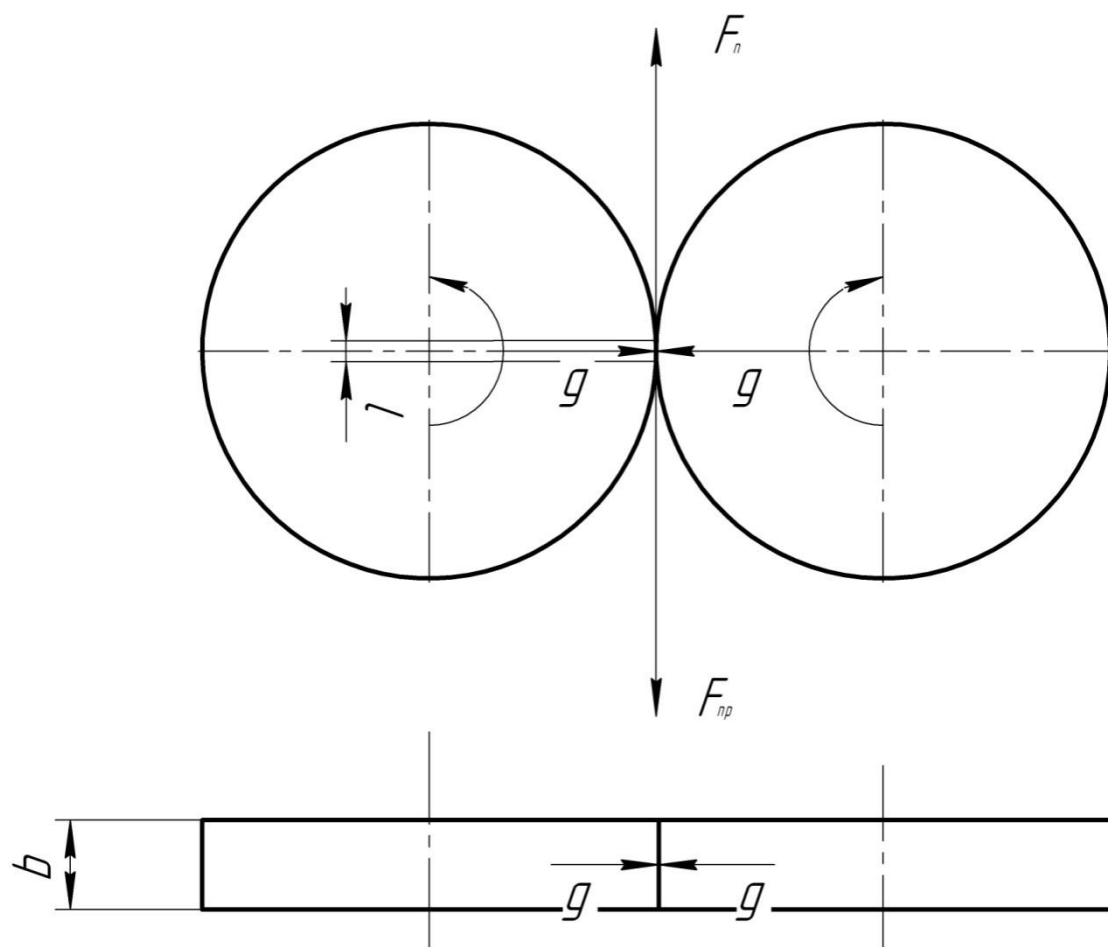
Рушійні сили долають сумарний опір натягу полотна плівки. Диференціальне рівняння руху полотна плівки:

$$m\ddot{x} = F_{\text{пр}} - F_p;$$

де, m — вага рухомої частини полотна плівки;

$F_{\text{пр}}$ — величина рушійних сил, що призводить до руху полотна плівки (сили тертя між протягувальними роликами і полотном плівки);

F_p — сила натягу плівки в точці набігання на протягувальні ролики;



5.3. Схема визначення притискного зусилля

1. Визначити величину рушійної сили:

$$F_{\text{пр}} = 2 * l * b * g * f_g = 2 * 4 * 14 * 7,6 * 0,1 = 85,12 \text{ Н}$$

2. Визначити потрібний тиск роликів на плівку:

$$g = \frac{F_{\text{пр}}}{2 * l * b * f_g} = \frac{85}{2 * 4 * 14 * 0,1} = 7,6 \text{ Н/мм}$$

де, l - довжина контактної лінії роликів;

b - ширина роликів;

f_g - коефіцієнт тертя ковзання між поверхнею роликів і плівкою;

Тиск роликів на полотно плівки повинен складати не менше 8 Н/мм, що буде забезпечувати справну роботу механізму.

3. Визначити кутову швидкість роликів протягування плівки:

$$\omega = \varphi / t,$$

5.2.4. Тепловий розрахунок повздовжнього зварювання.

Температура зварювання пакета з матеріалу **PET/AL/PE** товщиною **80 мкм** залежить від властивостей поліетиленового шару, який виконує роль термозварюваного покриття. Зазвичай вона знаходиться в межах 120 - 160°C

Зварювання здійснюється за рахунок нагрівання поліетиленової плівки до необхідної температури.

$$t = 140^{\circ}\text{C}.$$

Підбираємо електронагрівальний елемент.

Умова передачі тепла від електронагрівального елемента до плівки:

$$Q_1 * K_3 = Q_2$$

де K_3 – коефіцієнт запасу 0,7...0,8.

Q_1 – кількість тепла, яке виділяється з електронагрівального елемента.

Q_2 – кількість тепла, яке необхідне для зварювання PE плівки.

1. Визначити кількість теплоти, яка потрібна для зварювання PE плівки:

$$Q_2 = m_{\text{шва}} * c * (t_2 - t_1) = 0,09 * 10^{-9} * 0,8 * (140 - 18) = 8,9 * 10^{-3} \text{ Дж}$$

де, $m_{\text{шва}}$ – маса зварювального шва в зоні контакту плівки із колодкою, яка спаює;

c – теплоємність матеріалу зварювальної колодки сталь 40 х 100,8 кДж/кг·К;

t_1 – температура зовнішнього середовища 18°;

t_2 – температура спаювання PE плівки 140°.

2. Знайти масу шва в зоні контакту плівки зі зварювальною колодкою:

$$m_{\text{шва}} = V_{\text{шва}} * \rho = 5 * 10^{-9} * 1,8 * 10^{-3} = 0,09 * 10^{-9} \text{ кг}$$

3. Знайти об'єм шва в зоні контакту плівки з колодкою:

$$V_{\text{шва}} = 2 * \delta * h_{\text{шва}} * b_{\text{шва}} = 2 * 0,08 * 10^{-3} * 0,005 * 0,006 = 5 * 10^{-9} \text{ м}^3$$

де, δ – товщина плівки,

$h_{\text{шва}}$ – висота шва,

$b_{\text{шва}}$ – довжина контакту плівки з зварювальною колодкою.

4. Визначити кількість тепла, яка виділяється з електронагрівальним елементом:

$$Q_1 = Q_2 / K_3 = 8,9 * 10^{-3} / 0,8 = 1,1 * 10^{-3} \text{ Дж.}$$

5. Визначити опір електронагрівального елемента:

$$R = Q_1 / I^2 * t = 1,1 * 10^{-3} / 0,3^2 * 1 = 0,012 \text{ Ом.}$$

Для нагрівання роликів обрано ніхромову пластинку фірми Value-Twin Pack: H222106-RTP-E71T-11.

5.2.5 Тепловий розрахунок поперечного зварювання.

Розрахунок аналогічний попередньому.

Зварювання здійснюється за рахунок нагрівання поліетиленової плівки до температури спаювання $t = 140 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$Q_1 * K_3 = Q_2$$

1. Визначити кількість тепла, яка необхідна для зварювання РЕ плівки:

$$Q_2 = m_{\text{шва}} * c * (t_2 - t_1) = 0,03 * 10^{-9} * 0,8 * (140 - 18) = 2,93 * 10^{-3} \text{ Дж}$$

2. Знайти масу шва в зоні контакту плівки із колодкою, яка зварює:

$$m_{\text{шва}} = V_{\text{шва}} * \rho = 1,6 * 10^{-8} * 1,8 * 10^{-3} = 0,03 * 10^{-9} \text{ кг}$$

3. Знайти об'єм шва в зоні контакту плівки із колодкою, яка зварює:

$$V_{\text{шва}} = 2 * \delta * h_{\text{шва}} * b_{\text{шва}} = 2 * 0,08 * 10^{-3} * 0,005 * 0,02 = 1,6 * 10^{-8} \text{ м}^3$$

де δ – товщина плівки;

$h_{\text{шва}}$ – висота шва;

$b_{\text{шва}}$ – довжина контакту плівки з зварювальною колодкою.

4. Визначити кількість тепла, яке виділяється із елемента, який нагрівається:

$$Q_1 = Q_2 / K_3 = 2,93 * 10^{-3} / 0,8 = 3,6 * 10^{-3} \text{ Дж.}$$

5. Визначити опір електронагрівального елемента:

$$R = Q_1 / I^2 * t = 3,6 * 10^{-3} / 0,3^2 * 1 = 0,04 \text{ Ом.}$$

Для нагрівання ротора обрано ніхромову пластину фірми Value-Twin Pack: H222106-RTP-E71T-11.

5.2.6 Розрахунок ланцюгової передачі

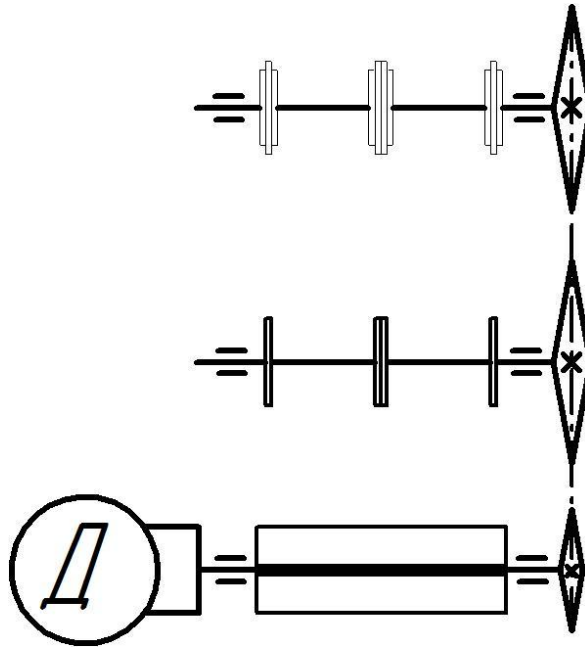


Рис.5.4. Кінематична схема ланцюгової передачі.

Дані:

Кількість обертів ротора $n_1 = 18$ об/хв.;

Кількість обертів роликів $n_2 = 9$ об/хв.;

Потужність привода $P = 0,18$ кВт.

Крок ланцюга визначається за умови:

$$t \geq 2.83 \sqrt{\frac{T_1 K_f}{z_1 [\rho] m}}$$

1. Визначити крутний момент на валу веденої зірки:

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{30P}{\pi * n} = \frac{30 * 0,18 * 10^3}{3,14 * 18} = 95 \text{ Н * мм}$$

K_y — коефіцієнт, який враховує умови монтажу та експлуатації ланцюгової передачі. він дорівнює добутку шести коефіцієнтів:

K_d — динамічний коефіцієнт: при спокійному навантаженні $K_d = 1$,

K_a — враховує вплив міжосьової відстані: при $a = (30 - 50)$, t приймають $k_a = 1$,

K_H – враховує вплив нахилу ланцюга: при нахилі до 600 $K_H = 1$; при нахилі понад 600 $K_H = 1,25$, але при автоматичному регулюванні натягу ланцюга приймають $K_H = 1$ при будь-якому нахилі;

K_p – приймають залежно від методу регулювання натягу ланцюга: при автоматичному регулюванні $K_p = 1$; при періодичному $K_p = 1,25$,

K_{CM} – приймають залежно від способу змащування ланцюга: при періодичному $K_{CM} = 1,3 - 1,5$;

K_{Π} – враховує періодичність роботи передачі: $K_{\Pi} = 1$ при роботі в одну зміну.

$$K_y = K_d * K_a * K_H * K_p * K_{CM} * K_{\Pi}$$

$$K_y = 1 * 1 * 1 * 1,25 * 1,5 = 1,875$$

2. Визначити кількість зубців ведучої зірки:

$$Z_1 = 31 - 2 * u = 31 * 2 * \frac{18}{9} = 27$$

3. Визначити кількість зубців веденої зірки:

$$Z_2 = Z_1 * u = 27 * 1,93 = 52$$

4. Знайти крок ланцюга:

$$t = 2,8 \sqrt[3]{\frac{95 * 10^3 * 1,875}{27 * 20 * 1}} = 8,5 \text{ мм}$$

За ГОСТом 13568-75 обираю ланцюг приводний роликовий однорядний типу ПР з кроком 9,525.

5. Знайти сумарну кількість зубців:

$$\sum Z = Z_1 + Z_2 = 27 + 52 = 79$$

6. Визначити діаметр ділительного кола ведучої зірки:

$$d_1 = \frac{t}{\sin \frac{180}{Z_1}} = \frac{9,525}{\sin \frac{180}{27}} = 82 \text{ мм}$$

7. Визначити діаметр ділительного кола веденої зірки:

$$d_2 = \frac{t}{\sin \frac{180}{z_2}} = \frac{9,525}{\sin \frac{180}{52}} = 157 \text{ мм}$$

8. Визначити діаметр зовнішнього кола ведучої зірки:

$$\begin{aligned} D_{B1} &= t \left(ctg \frac{180}{z_1} + 0,7 \right) - 0,31 * d_1 = \\ &= 9,525 * \left(ctg \frac{180}{27} + 0,7 \right) - 0,31 * 82 = 110 \text{ мм} \end{aligned}$$

9. Визначити діаметр зовнішнього кола веденої зірки:

$$\begin{aligned} D_{B2} &= t \left(ctg \frac{180}{z_2} + 0,7 \right) - 0,31 * d_1 = \\ &= 9,525 * \left(ctg \frac{180}{52} + 0,7 \right) - 0,31 * 157 = 190 \text{ мм} \end{aligned}$$

10. Визначити колову силу:

$$F_t = \frac{P}{t} = \frac{180}{9,525} = 18 \text{ Н}$$

11. Визначити зусилля від провисання ланцюга:

$$F_f = 9,81 * k_f * q_a = 9,81 * 1,27 * 0,45 = 5,6 \text{ Н}$$

12. Розрахункове навантаження на вали:

$$F_B = 18 + 2 * 5,6 = 29 \text{ Н}$$

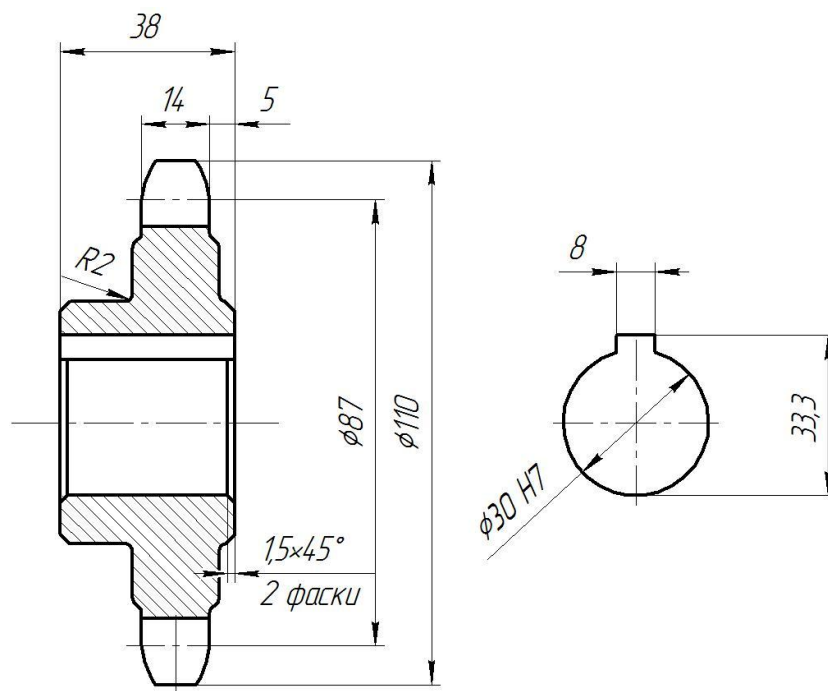


Рис.5.5. Ескіз зірки, $m = 4$, $z = 27$

5.3 Пристрій відведення готових упаковок

5.3.1 Тяговий розрахунок відвідного транспортера

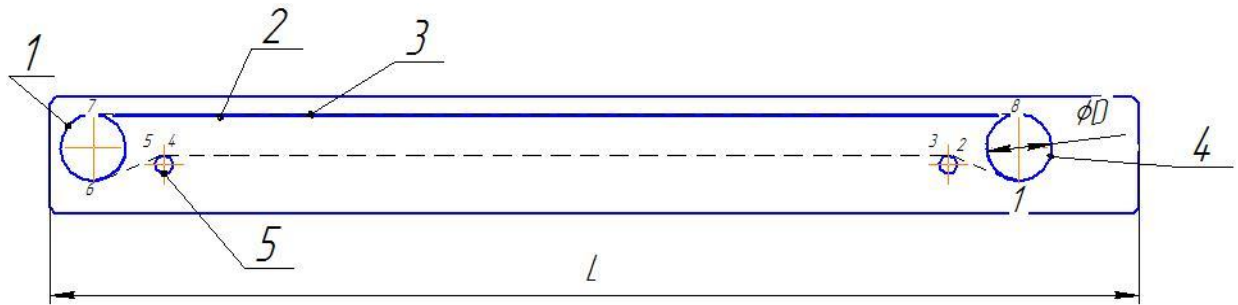


Рис.5.6. Схема стрічкового транспортера

1. Визначити ширину стрічки для штучного вантажу:

$$B = b + 2 * \Delta = 160 + 2 * 20 = 200 \text{ мм}$$

2. Визначити швидкість руху стрічки:

$$v = \frac{z * A}{3600} = \frac{300 * 0,25}{3600} = 1,25 \text{ м/с}$$

де, A – крок між упаковками. Прийmemo 0,25 м.

z – штучна продуктивність.

3. Визначити лінійну масу вантажу:

$$q_v = \frac{m}{A} = \frac{0,1}{0,25} = 0,4 \text{ кг/м}$$

де, m – маса упаковки.

4. Визначити лінійну масу стрічки:

$$q_{ст} = 1,1 * B(\delta_i * Z_{пр} + \delta_1 + \delta_2) = 1,1 * 0,2 * (1,5 * 3 + 3 + 1) = 1,87 \text{ кг/м}$$

де, δ_i , δ_1 , δ_2 – товщина прокладки, верхньої обкладки та нижньої обкладки;

$Z_{пр}$ – кількість прокладок.

5. Визначити лінійну масу роликів:

$$V = \pi * d * \delta_p * l_p = 3,14 * 0,025 * 0,016 * 0,15 = 1,9 * 10^{-4} \text{ м}^3$$

$$m_p = V * \rho_{ст} = 1,9 * 10^{-4} * 7800 = 1,48 \text{ кг}$$

де, $\rho_{ст}$ – густина сталі.

$$S_{зб} \geq K_i * (q_v + q_c) * g * l_p = 5(50 + 3,56) * 9,81 * 0,3 = 740 \text{ Н};$$

$$S_{зб} \geq K_i * (q_v * q_c) * g * l_p = 6 * (50 + 3,56) * 9,81 * 0,3 = 948$$

де, K_i — коефіцієнт кроку розташування роликів $K_i = (5.. .6)$

6. Тяговий розрахунок

$$S_1 = S_{36} = 945 \text{ Н}$$

$$S_2 = S_1 + w'(q_c + q_{p_2}) * g * l = 945 + 0,018 * (50 + 3,56) * 9,81 * 2 = 963 \text{ Н}$$

$$S_3 = \frac{e^{\mu a}}{e^{\mu a} - 1} * S_2 = 1,06 * 963 = 1021 \text{ Н}$$

$$S_4 = S_{36} = S_3 + w'(q_c + q_{p_2}) * g * l = 1021 + 0,018 * (50 + 3,56) * 9,81 * 2 = 1040 \text{ Н}$$

$$S_5 = \frac{e^{\mu a}}{e^{\mu a} - 1} * S_2 = 1,06 * 1040 = 1102 \text{ Н}$$

$$S_6 = S_{36} = S_5 + w'(q_c + q_{p_2}) * g * l = 1102 + 0,018 * (50 + 3,56) * 9,81 * 2 = 1120 \text{ Н}$$

$$S_7 = K_3 * S_2 = 1,06 * 1120 = 1187 \text{ Н}$$

$$S_8 = S_{н6} = S_7 + w(q_c + q_B + q_p) * g * l = 1187 + 0,018 * (50 + 3,56) * 9,81 * 2 = 1206 \text{ Н}$$

7. Визначаєти тягове зусилля на приводному барабані:

$$F_T = S_{н6} - S_{36} + K * (S_{н6} + S_{36}) = 1206 - 945 + 0,05 * (1206 + 945) = 369 \text{ Н}$$

8. Потужність двигуна за розрахунками:

$$N_{\text{дв.розр.}} = \frac{F_T * v}{\eta_{\text{прив.}}} = \frac{369 * 0,5}{0,99} = 189 \text{ Вт}$$

$$\omega_{\text{бараб.}} = \frac{2 * v}{D} = \frac{2 * 0,5}{0,1} = 10 \text{ с}$$

$$n_6 = \frac{60 * v}{\pi * D} = \frac{60 * 0,5}{3,14 * 0,1} = 95 \text{ об/хв}$$

В якості приводу обрано мотор-редуктор SK1SM31-63S/4 фірми NORD з пустотілим валом.

$N = 0,5 \text{ кВт}$; $n = 95 \text{ об/хв.}$; $m = 14 \text{ кг}$.

Підбір полімерої стрічки для конвеєра згідно його характеристик.

Характеристики конвеєра:

Ширина транспортної стрічки – 370мм;

Діаметр найбільшого барабана – 100 мм;

Довжина транспортної стрічки – 2800мм;

Товщина транспортуючої стрічки – 3мм;

Навантаження на 1 мм. ширини стрічки – 7,2 Н/мм

Отже, за раніше згаданими параметрами обираємо полімерну стрічку моделі F 8/2 EV12A/U0 LP 3mm White фірми e-zip.

З-поміж іншого асортименту стрічок вирізняється стійкістю до порізів і зносу, міцністю, легкістю. Діапазон робочих температур від -50 до +260 °С.

5.3.2 Розрахунок приводного вала

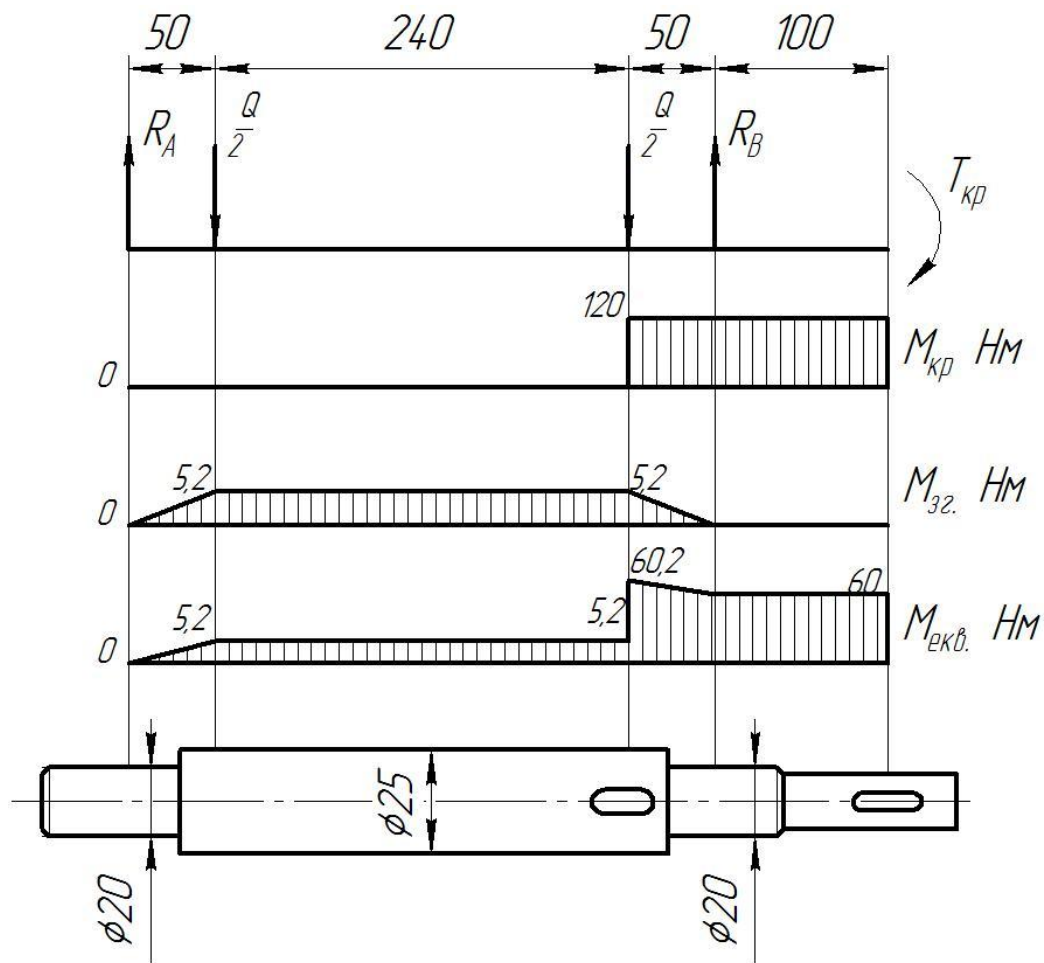


Рис.4.7. Епюри напружень, які діють на вал

1.Визначити реакції опор :

$$\sum M_A F = 0; -\frac{Q}{2} \cdot 0,05 - \frac{Q}{2} \cdot 0,29 + R_B \cdot 0,34 = 0;$$

$$R_b = \frac{\frac{Q}{2} \cdot 0,05 + \frac{Q}{2} \cdot 0,29}{0,34} = \frac{\frac{207}{2} \cdot 0,05 - \frac{207}{2} \cdot 0,29}{0,34} = 103,5 \text{ H}$$

Так як схема навантажень симетрична, то $R_B = R_A = 103,5\text{H}$

Перевіримо:

$$\Sigma Y = 0;$$

$$\Sigma Y = R_a + R_b - F = 0$$

$$103,5 + 103,5 - 207 = 0.$$

Епюра згинальних моментів горизонтальної площини:

$$1) \ 0 < x_1 < 0,1;$$

$$M(x_1) = 0;$$

$$2) \ 0,1 < x_2 < 0,15;$$

$$M(x_2) = R_B \cdot (x_2 - 0,1);$$

$$M(0,1) = 103,5 \cdot 0 = 0\text{H} \cdot \text{м};$$

$$M(0,1) = 103,5 \cdot 0,05 = 5,2\text{H} \cdot \text{м}$$

$$3) \ 0,15 < x_3 < 0,39;$$

$$M(x_3) = R_B \cdot (x_3 - 0,1) - \frac{Q}{2} \cdot (x_3 - 0,15);$$

$$M(0,15) = 103,5 \cdot (0,15 - 0,1) - \frac{207}{2} \cdot (0,15 - 0,15) = 5,2\text{H} \cdot \text{м};$$

$$M(0,39) = 103,5 \cdot (0,39 - 0,1) - \frac{207}{2} \cdot (0,39 - 0,15) = 5,2\text{H} \cdot \text{м};$$

$$4) \ 0 < x_4 < 0,05;$$

$$M(x_4) = R_A \cdot x_4;$$

$$M(0) = 0;$$

$$M(0,05) = 5,2\text{H} \cdot \text{м};$$

2. Побудувати епюри еквівалентного моменту за формулою:

$$M_{екв} = \sqrt{M_{зг}^2 + (\alpha \cdot T)^2}$$

де, α – коефіцієнт, який враховує відмінність в характеристиках циклів напруження згину та кручення. Прийнемо $\alpha = 0,5$.

$$M_{екв1} = \sqrt{0^2 + (0,5 \cdot 120)^2} = 60\text{H} \cdot \text{м};$$

$$M_{екв2} = \sqrt{0^2 + (0,5 \cdot 120)^2} = 60H \cdot м;$$

$$M_{екв3} = \sqrt{5,2^2 + (0,5 \cdot 120)^2} = 60,2H \cdot м;$$

$$M_{екв4} = \sqrt{5,2^2 + (0,5 \cdot 0)^2} = 5,2H \cdot м;$$

$$M_{екв5} = \sqrt{5,2^2 + (0,5 \cdot 0)^2} = 5,2H \cdot м;$$

$$M_{екв6} = \sqrt{0^2 + (0,5 \cdot 0)^2} = 0H \cdot м;$$

3. Розрахувати діаметри валу:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{екв}}{0,1 \cdot [\tau]}},$$

де, $[\tau] = 65 \text{ МПа}$;

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 65}} = 19,97(мм);$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{60,2 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 65}} = 21,2(мм);$$

Прийmemo:

$d_1 = 20 \text{ мм};$

$d_2 = 25 \text{ мм};$

6. Розробка технологічного процесу та розрахунок операцій виготовлення деталі типу вал

У сучасних ринкових умовах машинобудування відіграє ключову роль у прискоренні науково-технічного прогресу. Ефективність розвитку технологій механічної обробки та складання визначається низкою важливих завдань, що стоять перед машинобудівною галуззю:

1. розробка та впровадження нових методів обробки матеріалів;
2. застосування механізації та автоматизації виробничих процесів;
3. забезпечення високої продуктивності при дотриманні необхідного рівня якості;
4. зменшення собівартості виготовлення продукції.

Сучасні умови вимагають випуску конкурентоспроможної продукції, яка користується попитом як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Основні напрямки розвитку технологій орієнтовані на перехід від дискретних технологічних процесів до безперервних автоматизованих систем, що сприяє збільшенню масштабів виробництва та підвищенню якості виробів. Важливе значення має також запровадження безвідходного виробництва, що дозволяє максимально ефективно використовувати сировину, матеріали та енергоресурси. Крім того, широке застосування роботизованих систем та гнучких виробничих комплексів сприяє підвищенню продуктивності праці та автоматизації виробничих процесів.

Аналіз технологічності деталі

Деталь «вал» належить до класу обертових елементів і виконує функцію передачі крутного моменту. Заготовка для виготовлення вала отримується із прокатного матеріалу. Обробка проводиться поетапно, використовуючи прохідні різці з одного боку. Наявність центрових отворів дозволяє фіксувати

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Панков Д.Р.	Назва, додаткова назва Розділ 6	22-2230ДП.02.001ПЗ				
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 45/	

деталь у центрах під час більшості операцій, за винятком свердлильних та фрезерних, що сприяє забезпеченню необхідної точності обробки поверхонь та їхнього взаємного розташування. Це відповідає принципу сталості баз під час технологічного процесу.

Деталь має зручні базові поверхні, що дає змогу використовувати стандартні пристрої для закріплення під час обробки. Вибір технологічних баз здійснювався за наступними критеріями:

1. для забезпечення максимальної точності кутового розташування поверхонь відносно одна одної рекомендується використовувати як базові найбільш протяжні поверхні;
2. технологічні бази повинні вибиратися відповідно до необхідного положення поверхонь у процесі обробки;
3. важливо дотримуватися принципу постійності базових поверхонь протягом усього технологічного процесу;
4. прагнути до максимально можливої обробки деталей за одне встановлення;
5. у разі потреби слід створювати спеціальні технологічні бази або збільшувати їхні розміри;
6. на перших етапах обробки необхідно формувати бази, які будуть використані у подальших операціях;
7. як чорнові бази на початкових етапах можуть застосовуватися поверхні, що або залишаються необробленими, або піддаються подальшій обробці. Важливо, щоб такі поверхні були максимально рівними.

Для виготовлення вала застосовується вуглецева сталь марки 45 згідно з ГОСТ 1050-74. Початкова твердість матеріалу становить HRC 22. Після механічної обробки деталь проходить процес загартування із подальшим відпуском, що забезпечує необхідні механічні властивості та експлуатаційну надійність виробу.

Механічні властивості і хімічний склад сталі 45 наведені в таблиці 1 і 2.

Табл. 1 – Механічні властивості сталі 45

σ_t , МПа	σ_B , МПа	δ ,%	ψ ,%
360	610	16	40

Табл. 2 – Хімічний склад сталі 45, у %

C	Cu, не більше	Si	Mn	Cr	Ni, не більше	S, не більше	P, не більше
0,4-0,5	0,25	0,17-0,37	0,5-0,8	0,3	0,30	0,04	0,035

6.1 Технологічний процес виготовлення деталі типу вал

Номер операції, переходу.	Назва операції, переходу.	Технологічне обладнання, оброблювальний та контрольний інструменти
10	Заготівельна УЗЗ	Прокат $\varnothing 50$, Сталь 45 ГОСТ 1050-78. Відрізний верстат. Лещата, призми.
10.1	Відрізати заготовку з прокату, $l=430$ мм.	Дискова відрізна фреза $\varnothing 200$, Р6М5, ШЦ-1
20	Фрезерно-центрувальна УЗЗ	Токарно-гвинторізний верстат, 3-кулачковий патрон, нерухомий люнет із втулкою
20.1	Фрезерувати торець $\varnothing 50$, $z=2,5$ мм пов.1.	Торцева фреза $\varnothing 100$, Т15К6
20.2	Центрувати пов.2.	Центрувальне свердло $\varnothing 5$; Р6М5; ШЦ-1
20.3	Фрезерувати торець $\varnothing 50$, $z = 2,5$ мм пов.3	Торцева фреза $\varnothing 100$, Т15К6
20.4	Центрувати пов.4.	Центрувальне свердло $\varnothing 4$; Р6М5; ШЦ-1
30	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізний верстат, 3-кулачковий патрон, нерухомий люнет, центра, поводок.
30.1	Точити пов.2 $\varnothing 44g6$ начорно, $l=357$ мм	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=90^\circ$, $\gamma=12^\circ$, $\alpha=8^\circ$; ВхНхЛ=16х25х140
30.2	Точити пов.2 $\varnothing 44g6$ начисто, $l=357$ мм	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=90^\circ$, $\gamma=12^\circ$, $\alpha=8^\circ$; ВхНхЛ=16х25х140
30.3	Точити пов.1 $\varnothing 40k6$ начорно, $l=104$ мм	Різець прохідний упорний правий, Т15К6, $\varphi=45^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\alpha=8^\circ$; ВхНхЛ=16х25х140
30.4	Точити пов.1 $\varnothing 40k6$ начисто, $l=104$ мм	Різець прохідний упорний правий, Т15К6, $\varphi=45^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\alpha=8^\circ$; ВхНхЛ=16х25х140
30.5	Зняти фаску $2 \times 45^\circ$ пов.3.	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\alpha=8^\circ$; ВхНхЛ=16х25х140
30.6	Зняти фаску $2 \times 45^\circ$ пов.4.	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\alpha=8^\circ$; ВхНхЛ=16х25х140
40	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізний верстат, 3-кулачковий патрон, нерухомий люнет, центра, поводок.

40.1	Точити пов.1 Ø40k6 начорно, l=68 мм	Різець прохідний упорний правий, Т15К6, $\varphi=90^0$, $\gamma=12^0$, $\alpha=8^0$; ВхНхL=16x25x140
40.2	Точити пов.1 Ø40k6 начисто, l=68 мм	Різець прохідний упорний правий, Т15К6, $\varphi=90^0$, $\gamma=12^0$, $\alpha=8^0$; ВхНхL=16x25x140, калібр скоба 40k6, індикатор годинникового типу.
40.3	Зняти фаску 2x45° пов.2	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^0$, $\gamma=10^0$, $\alpha=8^0$; ВхНхL=16x25x140
40.4	Зняти фаску 2x45° пов.3	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^0$, $\gamma=10^0$, $\alpha=8^0$; ВхНхL=16x25x140
50	Фрезерна УЗЗ	Вертикально-фрезерний станок 6М12П, призми, затискачі.
50.1	Фрезерувати шпонковий паз $b=8$, $l=38$, пов.1	Шпонкова фреза Ø8h9, Р6М5, ШЦ-1
60	Свердлильна УЗЗ	Горизонтально-розточний верстат, призми
60.1	Свердлити отвір під Ø5h7, пов. 1	Свердло Ø5, Р6М5, ШЦ-1.
60.2	Нарізати різь М6, пов.1	Метчик М6-7Н, калібр пробка М6
60.3	Свердлити отвір під Ø5h7, пов. 2	Свердло Ø5, Р6М5, ШЦ-1.
60.4	Нарізати різь М6, пов.2	Мітчик М6-7Н, калібр пробка М6
70	Свердлильна УЗЗ	Горизонтально-розточний верстат, призми
70.1	Свердлити отвір під Ø5h7, пов. 1	Свердло Ø5, Р6М5, ШЦ-1.
70.2	Нарізати різь М6, пов.1	Мітчик М6-7Н, калібр пробка М6
70.3	Свердлити отвір під Ø5h7, пов. 2	Свердло Ø5, Р6М5, ШЦ-1.
70.4	Нарізати різь М6, пов.2	Мітчик М6-7Н, калібр пробка М6
80	Свердлильна УЗЗ	Горизонтально-розточний верстат, призми
80.1	Свердлити отвір під Ø5h7, пов. 1	Свердло Ø5, Р6М5, ШЦ-1.
80.2	Нарізати різь М6, пов.1	Мітчик М6-7Н, калібр пробка М6
80.3	Свердлити отвір під Ø5h7, пов. 2	Свердло Ø5, Р6М5, ШЦ-1.
80.4	Нарізати різь М6, пов.2	Мітчик М6-7Н, калібр пробка М6
90	Свердлильна УЗЗ	Горизонтально-розточний верстат
90.1	Свердлити отвір під Ø5h7, пов. 1	Свердло Ø5, Р6М5, ШЦ-1.
90.2	Нарізати різь М6, пов.1	Мітчик М6-7Н, калібр пробка М6
100	Шліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3М153, центри, поводок

100.1	Шліфувати начорно Ø40k6 пов.1	Круг 1 250×25×32 14A F40-50 C2 6K 35 A 2 2424-83
100.2	Шліфувати начисто Ø40k6 пов.1	Круг 1 250×25×32 14A F40-50 C2 6K 35 A 2 2424-83
100.3	Шліфувати начорно Ø44g6 пов.2	Круг 1 250×25×32 14A F40-50 C2 6K 35 A 2 2424-83
100.4	Шліфувати начисто Ø44g6 пов.2	Круг 1 250×25×32 14A F40-50 C2 6K 35 A 2 2424-83
110	Шліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3М153, центри, поводиок
110.1	Шліфувати начорно Ø40k6 пов.1	Круг 1 250×25×32 14A F40-50 C2 6K 35 A 2 2424-83
110.2	Шліфувати начисто Ø40k6 пов.1	Круг 1 250×25×32 14A F40-50 C2 6K 35 A 2 2424-83
120	Контрольна	Контрольний стіл

6.2 Розрахунок припусків

При діаметрі деталі 44 мм і довжині 425мм беремо прокат діаметром Ø50мм.

Припуск на підрізання торців складає $2,5 + 2,5 = 5$ мм.

Заготівля являє собою прокат діаметром 50 мм і довжиною 430 мм.

Розрахунок загального припуску ведемо за найточнішим розміром Ø40k6

1. Визначити припуск на чистове шліфування:

$$2Z_{4\min} = 2(Rz_3 + D_3 + (T_{\text{пр}3}^2 + \varepsilon_{y4}^2)^{0,5})$$

де, $Rz_3 = 10$ мкм - висота мікронерівностей;

$D_3 = 20$ мкм – глибина дефектного шару;

$T_{\text{пр}3}$ – сумарна просторова похибка при чорновому точінні.

Під час оброблення деталі в центрах $T_{\text{пр}3} = 0$ мкм. $\varepsilon_{y4} = 0$.

Тоді, $2Z_{4\min} = 2(10 + 20) = 60$ мкм

$$2Z_{4\max} = 2Z_{4\min} + T_3 - T_4,$$

де, T_3 – допуск при чорновому шліфуванні; $T_3 = IT8 = 39$ мкм;

T_4 – допуск при чистовому шліфуванні; $T_4 = IT6 = 16$ мкм;

$$2Z_{\max} = 60 + 39 - 16 = 83 \text{ мкм};$$

$$2Z_{4\text{ном}} = (2Z_{4\text{max}} + 2Z_{4\text{min}})/2 = (83+60)/2 = 72 \text{ мкм};$$

2. Визначити прпуск на чорнове шліфування:

$$2Z_{3\text{min}} = 2(Rz_2 + D_2 + (T_{\text{пр}2}^2 + \varepsilon_{y3}^2)^{0,5}),$$

$$Rz_2 = 25 \text{ мкм}, D_2 = 25 \text{ мкм};$$

При обробці деталі в центрах $T_{\text{пр}3} = 0 \text{ мкм}$. $\varepsilon_{y4} = 0$.

$$\text{Тоді, } 2Z_{3\text{min}} = 2(25+25) = 100 \text{ мкм};$$

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

де, T_2 – допуск при чорновому точінні; $T_2 = IT11 = 160 \text{ мкм}$;

$$2Z_{3\text{max}} = 100 + 160 - 39 = 221 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3\text{ном}} = (2Z_{3\text{max}} + 2Z_{3\text{min}})/2 = (100+160)/2 = 130 \text{ мкм};$$

3. Визначити припуск на чистове точіння:

$$2Z_{2\text{min}} = 2(Rz_1 + D_1 + (T_{\text{пр}1}^2 + \varepsilon_{y2}^2)^{0,5})$$

де, $Rz_1 = 50 \text{ мкм}$ – висота мікронерівностей;

$D_1 = 50 \text{ мкм}$ – глибина дефектного шару;

$T_{\text{пр}1}$ – сумарна просторова похибка при чорновому точінні.

При установленні деталі в патрон з центром $T_{\text{пр}1} = 100 \text{ мкм}$.

При установленні деталі в центрах $\varepsilon_{y2} = 0$.

$$\text{Тоді, } 2Z_{2\text{min}} = 2(50 + 50 + (100^2 + 0^2)^{0,5}) = 400 \text{ мкм}$$

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

де, T_1 – допуск розміру при чорновому точінні; $T_1 = IT13 = 390 \text{ мкм}$;

$$2Z_{2\text{max}} = 400 + 390 - 160 = 630 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2\text{ном}} = (2Z_{2\text{max}} + 2Z_{2\text{min}})/2 = (630 + 400)/2 = 515 \text{ мкм};$$

4. Визначити припуск на чорнове точіння:

$$2Z_{1\text{min}} = 2(Rz_0 + D_0 + (T_{\text{пр}0}^2 + \varepsilon_{y1}^2)^{0,5}),$$

де, Rz – висота мікронерівностей;

D_0 – глибина дефектного шару;

$T_{\text{пр}0}$ – сумарна просторова похибка поковки.

Для заготовок масою від 4 до 25кг $Rz_0 = 240 \text{ мкм}$; $D_0 = 250 \text{ мкм}$; $T_{\text{пр}0} = 1,7$

ε_{y1} – похибка установлення при чорновому точінні.

Під час установки деталі в патрон з центром $\varepsilon_{y1} = 100$ мкм

$$2Z_{1\min} = 2(240 + 250 + (1700^2 + 100^2)^{0,5}) = 4380 \text{ мкм},$$

5. Визначити загальний припуск:

$$2Z_{\text{сум}} = \sum 2Z_{i \text{ ном}} = 72 + 130 + 515 + 4380 = 4997 \text{ мкм}$$

прийmemo $2Z_{\text{сум}} = 5 \text{ мм}$

6. Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_m = M_{\text{дет}} / M_{\text{заг}} = 4,73 / 5,64 = 0,84$$

де, $M_{\text{дет}}$ – маса деталі;

$M_{\text{заг}}$ – маса заготовки.

6.3 Розрахунок операцій

Операція **30 Токарна**

Перехід 30.1. Точити пов. 2 начорно $\varnothing 44g6$; $l = 353 \text{ мм}$.

1. Припуск на обробку точити за два проходи. Загальна глибина різання при обробці поверхні. $t = \frac{50-44}{2} = 3 \text{ мм}$. Для чорнової обробки поверхні прийmemo глибину різання $t = 1,25 \text{ мм}$. На чистову обробку $t = 0,5 \text{ мм}$.

2. Подачу прийmemo $S_B = 0,5 \text{ мм/об}$.

3. Визначити швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} * t^{0,15} * S^{0,35}} = \frac{175}{120^{0,2} * 1,25^{0,15} * 0,5^{0,35}} = 82,7 \text{ м/хв}$$

4. Визначити частоту обертання шпинделя верстата:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D_{\text{заг}}} = \frac{1000 * 82,7}{3,14 * 50} = 527 \text{ об/хв.}$$

де, $D_{\text{заг}}$ – діаметр заготовки, м;

Корегуємо за паспортом верстата, $n = 500 \text{ об/хв}$.

5. Визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V = \frac{\pi * D_{\text{заг}} * n}{1000} = \frac{3,14 * 50 * 500}{1000} = 78,54 \text{ м/хв}$$

6. Визначити довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3 = 353 + 2 + 1,5 + 1,5 = 358 \text{ мм}$$

$L_d = 253 \text{ мм}$ – довжина поверхні, яка обробляється;

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

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 1,25 \operatorname{ctg} 45^\circ = 1,25\text{мм}$ – величина врізання прохідного відігнутого правого різця у заготівлю;

$L_3 = t \operatorname{ctg} \varphi_1 = 1,25 \operatorname{ctg} 45^\circ = 1,25\text{мм}$ – величина перебігу різця для завершення обробки поверхні;

7. Визначити основний час на виконання переходу

$$t_{03} = \frac{L_p}{n_s S_s} = \frac{358}{500 \cdot 0,5} = 1,42 \text{ хв.}$$

Перехід 30.2.

Точити пов. 2. начисто $\varnothing 44\text{г6}$; $l = 353\text{мм}$.

1. Глибина різання при чистовій обробці становить $t = 0,5\text{мм}$.

2. Подача при чистовому точінні із шорсткістю $Ra = 1,6$ що відповідає 6 квалітету точності та радіусу при вершині різця $r = 0,8 \text{ мм}$. Швидкість повинна бути в межах подач $S = 0,12 \div 0,14\text{мм/об}$. За паспортними даними верстата приймаю $S_B = 0,125 \text{ мм/об}$.

3. Визначити швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_V}{T^{0,3} * t^{0,1} * S^{0,25}} = \frac{175}{120^{0,3} * 0,5^{0,1} * 0,125^{0,25}} = 194 \text{ м/хв}$$

4. Визначає розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D_{\text{заг}}} = \frac{1000 * 194}{3,14 * 45} = 1372 \text{ об/хв.}$$

де, $D_{\text{заг}}$ – діаметр заготовки, мм;

Обираємо за паспортом верстата найближче менше значення $n = 1250 \text{ об/хв}$.

5. Визначити фактичну швидкість різання:

$$V = \frac{\pi * D_{\text{заг}} * n}{1000} = \frac{3,14 * 45 * 1250}{1000} = 176,7 \text{ м/хв}$$

6. Визначити розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3 = 353 + 2 + 0,5 + 0,5 = 356 \text{ мм}$$

де, $L_d = 104\text{мм}$ – довжина оброблюваної поверхні;

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

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 0,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 0,5\text{мм}$ – відстань врізання у заготовку прохідного відігнутого правого різця;

$L_3 = t \operatorname{ctg} \varphi_1 = 0,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 0,5\text{мм}$ – відстань перебігу різця для повної обробки поверхні.

7. Визначити сновний час на виконання переходу

$$t_{04} = \frac{L_p}{n_g S_g} = \frac{356}{1250 \cdot 0,125} = 2,27 \text{ хв.}$$

Перехід 30.3. Точити пов. 1 начорно $\varnothing 40\text{к}6$; $l = 104\text{мм}$.

1. Припуск на обробку точимо за один прохід. Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = \frac{44 - 40}{2} = 2\text{мм}$. Для чорнової обробки поверхні приймемо глибину різання $t = 1,5\text{мм}$. На чистову обробку залишається $t = 0,5\text{мм}$.

2. Приймаємо подачу $S_g = 0,5\text{мм/об}$.

3. Визначити швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}} = \frac{175}{120^{0,2} 1,5^{0,15} 0,5^{0,35}} = 80\text{м/хв.}$$

4. Визначити розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 80}{\pi \cdot 30} = 512\text{об/хв.}$$

Корегуємо за паспортом верстата, $n_b = 500\text{об/хв}$

5. Визначити фактичну швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_g}{1000} = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 500}{1000} = 78,54\text{м/хв.}$$

6. Визначити розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_o + L_1 + L_2 + L_3;$$

де, $L_o = 104\text{мм}$ – довжина оброблюваної поверхні;

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

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 1,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 1,5 \text{ мм}$ – величина врізання прохідного відігнутого правого різця у заготовку;

$L_3 = t \operatorname{ctg} \varphi_1 = 1,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 1,5 \text{ мм}$ – величина перебігу різця для завершення обробки поверхні;

$$L_p = 104 + 2 + 1,5 + 1,5 = 109 \text{ мм}$$

7. Визначити основний час на виконання переходу:

$$t_{01} = \frac{L_p}{n_g S_g} = \frac{109}{500 \cdot 0,5} = 0,432 \text{ хв.}$$

Перехід 30.4. Точити пов. 1 начисто $\varnothing 40 \text{ k6}$; $l = 104 \text{ мм}$.

1. Глибина різання при чистовій обробці становить $t = 0,5 \text{ мм}$.

2. Вибираємо подачу при чистовому точінні із шорсткістю $R_a = 0,8$, що відповідає 6 квалітету точності та радіусу при вершині різця $r = 0,8 \text{ мм}$. Вона повинна бути в інтервалі подач $S = 0,09 \div 0,125 \text{ мм/об}$. За паспортними даними верстата приймемо $S_g = 0,125 \text{ мм/об}$.

3. Визначити швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,3} t^{0,1} S^{0,25}} = \frac{220}{120^{0,3} 0,5^{0,1} 0,125^{0,25}} = 194 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 194}{\pi \cdot 41} = 1506 \text{ об/хв.}$$

Корегуємо за паспортом верстата, $n_b = 1250 \text{ об/хв.}$

7. Визначити фактичну швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_g}{1000} = \frac{\pi \cdot 41 \cdot 1250}{1000} = 161 \text{ м/хв.}$$

8. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_o + L_1 + L_2 + L_3;$$

де, $L_o = 104 \text{ мм}$ – довжина оброблюваної поверхні;

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

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 0,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 0,5 \text{ мм}$ – відстань врізання у заготовку прохідного відігнутого правого різця;

$L_3 = t \operatorname{ctg} \varphi_1 = 0,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 0,5 \text{ мм}$ – відстань перебігу різця для повної обробки поверхні.

$$L_p = 104 + 2 + 0,5 + 0,5 = 107 \text{ мм}$$

7. Визначити основний час на виконання переходу:

$$t_{02} = \frac{L_p}{n_s S_g} = \frac{107}{1250 \cdot 0,125} = 0,685 \text{ хв.}$$

Перехід 30.5. Точити фаску пов.3 $2 \times 45^\circ$.

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і підчас зовнішнього обточування з тією метою, щоб не витрачати час на змінення швидкості. Витрачений час на точіння делалей, зняття фасок визначається за табл. 6, додаток 1 і приймаємо як основний час $t_{05} = 0,18 \text{ хв.}$

Перехід 30.6. Точити фаску пов.4 $2 \times 45^\circ$.

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і підчас зовнішнього обточування з тією метою, щоб не витрачати час на змінення швидкості. Витрачений час на точіння деталей, зняття фасок визначається за табл. 6, додаток 1 і приймаємо як основний час $t_{06} = 0,18 \text{ хв.}$

Основний час на виконання всієї токарної операції становить:

$$T_o = \sum_1^i t_{oi} = 1,42 \cdot 2 + 2,27 + 0,432 + 0,685 + 0,18 + 0,18 = 6,58 \text{ хв.}$$

40 Токарна

Перехід 40.1. Точити пов. 1 начорно $\varnothing 40 \text{ к6}$; $l = 68 \text{ мм.}$

1. Припуск на обробку точити за чотири проходи. Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = \frac{50 - 40}{2} = 5 \text{ мм.}$ Для чорнової обробки поверхні приймаємо глибину різання $t = 1,5 \text{ мм.}$ На чистову обробку залишається $t = 0,5 \text{ мм.}$

2. Прийmemo подачу $S_g = 0,5 \text{ мм/об.}$

3. Визначити швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}} = \frac{175}{120^{0,2} 1,5^{0,15} 0,5^{0,35}} = 80 \text{ м/хв.}$$

4. Визначити розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 80}{\pi \cdot 30} = 512 \text{ об/хв.}$$

Обираємо найближче менше значення за паспортом верстата: $n_g = 500$ об/хв.

5. Визначити фактичну швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_g}{1000} = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 500}{1000} = 78,54 \text{ м/хв.}$$

6. Визначити розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_\phi + L_1 + L_2 + L_3;$$

де, $L_\phi = 104$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

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

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 1,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 1,5$ мм – величина врізання прохідного відігнутого правого різця у заготовку;

$L_3 = t \operatorname{ctg} \varphi_1 = 1,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 1,5$ мм – величина перебігу різця для завершення обробки поверхні;

$$L_p = 68 + 2 + 1,5 + 1,5 = 73 \text{ мм}$$

7. Визначити основний час на виконання переходу:

$$t_{01} = \frac{L_p}{n_g S_g} = \frac{73}{500 \cdot 0,5} = 0,292 \text{ хв.}$$

Перехід 40.2. Точити пов. 1 начисто $\varnothing 40k6$; $l = 68$ мм.

1. Глибина різання при чистовій обробці становить $t = 0,5$ мм.

2. Обираємо подачу при чистовому точінні із шорсткістю $R_a = 0,8$ що відповідає 6 квалітету точності та радіусу при вершині різця $r = 0,8$ мм. Вона повинна бути в межах подач $S = 0,09 \div 0,125$ мм/об. За паспортними даними верстата приймемо $S_g = 0,125$ мм/об.

3. Визначити швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,3} t^{0,1} S^{0,25}} = \frac{220}{120^{0,3} 0,5^{0,1} 0,125^{0,25}} = 194 \text{ м/хв.}$$

4. Визначити частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 194}{\pi \cdot 41} = 1506 \text{ об/хв.}$$

Обираємо найближче менше значення $n_g = 1250$ об/хв.

5. Визначити фактичну швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_g}{1000} = \frac{\pi \cdot 41 \cdot 1250}{1000} = 161 \text{ м/хв.}$$

6. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_o + L_1 + L_2 + L_3;$$

де, $L_o = 68 \text{ мм}$ – довжина оброблюваної поверхні;

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

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 0,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 0,5 \text{ мм}$ – відстань врізання у заготовку прохідного відігнутого правого різця;

$L_3 = t \operatorname{ctg} \varphi_1 = 0,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 0,5 \text{ мм}$ – відстань перебігу різця для повної обробки поверхні.

$$L_p = 68 + 2 + 0,5 + 0,5 = 71 \text{ мм}$$

7. Визначити сновний час на виконання переходу:

$$t_{02} = \frac{L_p}{n_g S_g} = \frac{71}{1250 \cdot 0,125} = 0,454 \text{ хв.}$$

Перехід 40.3. Точити фаску пов.2 $2 \times 45^\circ$.

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і підчас зовнішнього обточування з тим, щоб не витратити час на перемикання швидкості. Затрачений час на точіння галтелей, зняття фасок визначається за табл. 6, додаток 1 і приймається як основний час $t_{05} = 0,18 \text{ хв.}$

Перехід 40.4. Точити фаску пов.3 $2 \times 45^\circ$.

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і підчас зовнішнього обточування з тим, щоб не витратити час на перемикання швидкості. Затрачений час на точіння галтелей, зняття фасок визначається за табл. 6, додаток 1 і приймається як основний час $t_{06} = 0,18 \text{ хв.}$

Основний час на виконання всієї токарної операції становить:

$$T_o = \sum_1^i t_{oi} = 0,292 \cdot 3 + 0,454 + 0,18 + 0,18 = 1,69 \text{ хв.}$$

50. Фрезерна

Перехід 50.1 Фрезерувати шпонковий паз $b=8$, $l=38$ на поверхні з $\varnothing 40$, витримавши розміри згідно креслення.

1. Визначаємо параметри шпонкового паза за кресленням: глибина фрезерування $t=4\text{мм}$, ширина $b=8\text{мм}$, довжина $l=38\text{мм}$

2. Визначимо подачу на зуб фрези при фрезеруванні паза глибиною $t=4\text{мм}$ і шириною $b=8\text{мм}$ шпонковою фрезою із швидкоріжучої сталі. При фрезеруванні пазів глибиною 4мм фрезерування відбувається поетапно. Паз будемо фрезерувати з глибиною по 0,25мм, в 16 проходів. Рекомендована подача на зуб фрези (2, табл. 4, додаток 2) - $S_z=0,05$ мм/зуб. Приймаємо $S_z=0,05\text{мм/зуб}$.

3. Розрахувати кількість проходів фрези:

$$n = \frac{t}{t_0} = \frac{4}{0,25} = 16$$

4. Визначити швидкість різання, яка розраховується за допомогою емпіричної формули. При обробці конструкційної сталі шпонковими фрезами швидкорізальної сталі:

$$V_p = \frac{13,6 D_\phi^{0,3}}{T^{0,26} t^{0,3} S_z^{0,25}} = \frac{13,6 \cdot 8^{0,3}}{60^{0,26} \cdot 0,25^{0,3} \cdot 0,05^{0,25}} = 28,05 \text{ м/хв.}$$

де, $T=60\text{хв}$ – стійкість фрези (2, табл. 10, додаток 2).

5. Розрахункова частота обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 V_p}{\pi D_\phi} = \frac{1000 \cdot 28,05}{\pi \cdot 8} = 1116 \text{ об/хв.}$$

6. Розрахункову кількість обертів n_p корегуємо за паспортом вертикального-фрезерного верстата 6М12П (2, табл. 1, додаток 2), і приймаємо найближче менше значення $n_g=1000$ об/хв, яке використовується у подальших розрахунках.

7. За прийнятим значенням n_g визначається фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi D_{\phi} n_s}{1000} = \frac{\pi \cdot 8 \cdot 1000}{1000} = 25,13 \text{ м/хв.}$$

8. Визначити подачу на 1 оберт фрези:

$$S_{\text{об.фр}} = S_{z_s} \cdot z;$$

9. Визначити хвилинну подачу:

$$S_{\text{хв}} = S_{\text{об.фр}} \cdot n_b = 0,05 \cdot 3 \cdot 1000 = 150 \text{ мм/хв.}$$

Корегуємо за паспортом верстата 6М12П, $S_{\text{хв}} = 160 \text{ мм/хв.}$

10. Визначити озрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_{\phi} + L_1 + L_2 + L_3 = 38 + 2 + \frac{d_{\phi}}{2} + \frac{d_{\phi}}{2} = 38 + 2 + 4 + 4 = 48 \text{ мм,}$$

де, $L_{\phi} = 38 \text{ мм.}$ - 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.

11. Знайти основний час на перехід 50.1 за формулою:

$$t_{01} = \frac{L_p}{S_{\text{хв}}} \cdot n = \frac{48}{160} \cdot 16 = 1,8 \text{ хв.}$$

12. Основний час на виконання всієї фрезерної операції становить:

$$T_o = \sum_1^i t_{oi} = 1,8 \text{ хв}$$

13. Допоміжний час на встановлення і зняття деталі:

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

де, $t_{y1} = 0,49 \text{ хв}$ — допоміжний час безпосередньо на встановлення і зняття деталі; Маса деталі $m = 4,4 \text{ кг}$ з кріпленням затискачами та призмами з допомогою ключа

$t_{y2} = 0,08 \text{ хв}$ — додаток на очищення місця від стружки.

$$t_y = 0,49 + 0,08 = 0,57 \text{ хв.}$$

14. Допоміжний час пов'язаний з переходом для верстатів з довжиною стола 1250мм, автоматичне переміщення, при фрезеруванні пазів фрезою, установленою на розмір $t_d = 0,09$ хв.

Тоді допоміжний час становитиме:

$$T_d = t_y + t_d = 0,57 + 0,09 = 0,66 \text{ хв.}$$

15. Оперативний час;

$$T_{оп} = T_o + T_d = 1,36 + 0,66 = 2,02 \text{ хв.}$$

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

$$\text{де } T_{об} = 0,04T_{оп} \text{ і } T_{пер} = 0,07T_{оп}$$

$$T_{шт} = 2,02 + 0,045 \cdot 2,02 + 0,06 \cdot 2,02 = 2,32 \text{ хв.}$$

16. Калькуляційний час на фрезерування однієї деталі

$$T_k = T_{шт} + T_{п.з}/n$$

де, $T_{п.з}$ – підготовчо-завершальний час (сума часу налагодження верстату – 14,7 хв. та на одержання наряду – 7х)

$$T_{п.з} = 14,7 + 7 = 21,7 \text{ хв., тоді}$$

$$T_k = 2,32 + 21,7/200 = 2,43 \text{ хв}$$

17. Норма виробітку за 1 годину становить:

$$N = 60/T_k = 60/2,43 = 24,7 \text{ деталей}$$

60. Свердлильна

Перехід 60.1. Свердлити отвір під $\varnothing 5h7$, пов. 1

1. Глибина різання при свердленні дорівнює половині діаметра оброблюваного отвору: $t = \frac{d_{св}}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ мм.}$

2. За нормативними даними вибираємо подачу в залежності від діаметра отвору та міцністних характеристик заготовки матеріалу. За паспортними даними вертикально-свердлильного верстата 2А125 (2, табл. 3, додаток 3) приймаємо подачу $S_B = 0,14 \text{ мм/об.}$

3. Визначити розрахункову швидкість різання, яка залежить від діаметра свердла та його матеріалу, інтервалу подач та характеристик оброблюваного

матеріалу (1, табл. 8, додатка В), за емпіричною формулою:

$$V_c = \frac{5 \cdot d_{\text{св}}^{0.4}}{T^{0.2} \cdot S^{0.4}} = \frac{5 \cdot 5^{0.4}}{60^{0.2} \cdot 0,14^{0.7}} = 9,215 \text{ м/хв};$$

де, $T = 60 \text{ хв}$ – середнє значення періоду стійкості свердла

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_e}{\pi \cdot d_{\text{св}}} = \frac{1000 \cdot 9,215}{\pi \cdot 5} = 586 \text{ об/хв.}$$

Корегуємо за паспортом верстата, $n_B = 500 \text{ об/хв.}$

6. За прийнятим значенням n_e визначається фактична швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d_{\text{св}} \cdot n_B}{1000} = \frac{\pi \cdot 5 \cdot 500}{1000} = 7,854 \text{ м/хв.}$$

7. Визначити довжину обробки:

$$L_p = L_o + L_1 + L_2 + L_3 = 14 + 2 + 2,5 = 18,5 \text{ мм};$$

де, $L_o = 14 \text{ мм}$ – глибина свердлення;

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

L_2, L_3 – величина врізання і перебігу свердла: $L_2 + L_3 = 2,5 \text{ мм};$

8. Визначити основний час на свердління отвору:

$$t_{01} = \frac{L_3}{S_e \cdot n_e} = \frac{18,5}{0,14 \cdot 500} = 0,26 \text{ хв.}$$

9. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\Delta 1} = 0,08 \text{ хв (3, табл. 51)}$$

Перехід 60.2 Нарізати різь М6, пов.1

Приймаємо подачу $S = 0,1 \text{ мм/об}$

1. Визначити швидкість різання:

$$V_c = \frac{5 \cdot d_{\text{св}}^{0.4}}{T^{0.2} \cdot S^{0.4}} = \frac{5 \cdot 6^{0.4}}{30^{0.2} \cdot 0,14^{0.7}} = 11,4 \text{ м/хв}$$

2. Визначити подачу:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_M} = \frac{1000 \cdot 11,4}{3,14 \cdot 6} = 604 \text{ об/хв.}$$

Прийmemo $n = 500$ об/хв.

3. Визначити дійсну швидкість на нарізання різьби:

$$V = \frac{\pi d_m n_B}{1000} = \frac{3,14 * 6 * 500}{1000} = 9,425 \text{ м/хв.}$$

4. Основний час на виконання переходу :

$$t_{02} = \frac{L}{n_B S} = \frac{15,12}{500 * 0,14} = 0,216 \text{ хв}$$

де, L — розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3 = 12 + 2 + 1,12 = 15,12 \text{ мм}$$

де, $l = 12$ мм — глибина різання;

$l_1 = 2$ мм — величина на підведення мітчика з механічною подачею,

$$l_2 + l_3 = 1,12 \text{ мм}$$

5. Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{\Delta 2} = 0,08 \text{ хв}$$

Перехід 60.3. Свердлити отвір під $\varnothing 5h7$

Див. перехід 60.1.

$$t_{01} = t_{03} = \frac{L_3}{S_g \cdot n_g} = \frac{18,5}{0,14 \cdot 500} = 0,26 \text{ хв.}$$

1. Визначити допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\Delta 3} = 0,08 \text{ хв (3, табл. 51)}$$

Перехід 60.4. Нарізати різьбу М6

див. перехід 60.2.

$$t_{02} = t_{04} = t_{08} = \frac{L}{n_B S} = \frac{15,12}{500 * 0,14} = 0,216 \text{ хв}$$

1. Визначити допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\Delta 4} = 0,08 \text{ хв}$$

2. Визначити основний час на виконання всієї свердлильної операції:

$$T_o = \sum_1^i t_{oi} = 2 \times 0,26 + 0,216 \times 2 = 0,952 \text{ хв.}$$

7. Блок керування обладнанням

Розроблений пакувальний автомат є вертикальним пристроєм безперервної дії, що формує чотирьохшовні пакети типу «саше» та працює з рулонним термозварним матеріалом.

Конструкція машини включає кілька основних функціональних модулів: формування упаковки, дозування та фасування, а також відведення готової продукції. Всі модулі працюють у синхронному режимі, забезпечуючи автоматичне виконання операцій без необхідності постійного втручання оператора. Завдання оператора полягає у встановленні параметрів, подачі продукту та пакувального матеріалу, а також у прийманні готових упаковок. Продуктивність обладнання, зумовлена можливостями зварювального вузла та дозатора, досягає 60 упаковок за хвилину на одній доріжці.

Фасований продукт потрапляє до бункера через шнековий живильник, який може працювати у безперервному або періодичному режимі. Далі продукт переміщується всередину живильного кожуха завдяки обертанню шнека, що має окремий електропривод. При отриманні сигналу про початок дозування електропривод активує шнек, який переміщує продукт через випускний патрубок у клиноподібний бункер дозатора. Шнековий дозатор оснащений двома випускними каналами, через які продукт подається у пакети. Заповнення триває до моменту зупинки шнека. Робота дозаторів контролюється блоком підрахунку імпульсів (БПІ), який визначає необхідну кількість обертів шнека. Після досягнення заданого параметра БПІ припиняє подачу продукту та подає команду мікроконтролеру на повернення заслінок у вихідне положення за допомогою пневмоприводів.

Зварювальний вузол цього автомату функціонує на основі принципу постійного нагріву та діє у безперервному циклі. Формування поздовжніх

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Панков Д.Р.	Назва, додаткова назва Розділ 7		22-2230ДП.02.001ПЗ			
	Документ затверджено Крибопляс-Володіна Л.О.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 63/

швів відбувається шляхом обтискання плівки роликами, одночасно з її просуванням донизу. У зв'язку з цим рулонорозмотуючий пристрій, який також працює безперервно. При досягненні нижнього положення ротора здійснюється зварювання поперечних швів та одночасне механічне відсікання готових пакетів. У цей момент мікроконтролер активує блок дозатора, забезпечуючи наповнення наступної упаковки. Завершені пакети, під дією гравітації, надходять на відповідний конвеєр.

8. Охорона праці на підприємстві з пакування ЛЗ

Охорона праці являє собою комплекс технічних, правових, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних і профілактичних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці, збереження здоров'я, життя та працездатності працівників під час виконання ними професійних обов'язків

Охорона праці на фармацевтичному підприємстві є одним із ключових аспектів забезпечення безпеки працівників, збереження якості продукції та відповідності міжнародним стандартам. Дотримання правил охорони праці дозволяє знизити ризик виробничого травматизму, уникнути впливу шкідливих факторів та створити комфортні умови праці.

8.1 Система управління ОП, промислова санітарія, заходи безпеки

Система управління охороною праці

Система управління охороною праці (СУОП) включає комплекс організаційних структур підприємства, які, спираючись на нормативно-правову документацію, здійснюють систематичну діяльність із забезпечення безпечних і комфортних умов праці, запобігання професійним захворюванням і травматизму, а також захисту прав працівників відповідно до законодавчих норм.

Формування СУОП відбувається через визначення її основної мети, об'єкта управління, ключових завдань і заходів щодо охорони праці, вибір методів та функцій управління, створення організаційної структури та розробку нормативно-методичних матеріалів.

Головні функції управління охороною праці:

- планування та фінансування заходів з охорони праці;
- організація та координація робочих процесів;
- ведення обліку стану умов праці;

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Панков Д.Р.	Назва, додаткова назва Розділ 8		22-2230ДП.02.001ПЗ			
	Документ затверджено Крибопляс-Володіна /І.О.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 65/

- аналіз та оцінка безпеки виробничого середовища;
- контроль ефективності роботи СУОП;
- стимулювання заходів із забезпечення безпечних умов праці.

Промислова санітарія

Основна мета промислової санітарії – покращення загального стану здоров'я працівників, а також запобігання професійним захворюванням і отруєнням. Гігієнічні норми та санітарні вимоги формуються на основі досліджень профільних науково-дослідних інститутів.

Ключові аспекти промислової санітарії:

- раціональне планування виробничих приміщень, урахування їх площі та об'єму;
- організація оптимальних умов на робочих місцях;
- забезпечення відповідного рівня природного та штучного освітлення;
- належна вентиляція та система опалення;
- наявність якісного водопостачання та каналізаційної системи;
- ефективне очищення виробничих викидів та стічних вод;
- облаштування побутових приміщень для працівників.

При утворенні в робочому середовищі шкідливих речовин (пилу, парів, газів) промислова санітарія передбачає:

- ізоляцію обладнання або приміщень із небезпечними викидами;
- герметизацію апаратури;
- ефективну вентиляцію для видалення шкідливих речовин безпосередньо в місці їхнього утворення;
- усунення прямого контакту працівників із небезпечними речовинами;
- заміну токсичних речовин безпечними аналогами (за можливості);
- механізацію та автоматизацію складних і небезпечних робіт;
- скорочення робочого часу та збільшення тривалості відпусток;

- надання засобів індивідуального захисту (спецодягу, спецвзуття, респіраторів, протигазів, захисних окулярів тощо).

Такий підхід сприяє створенню безпечного та комфортного робочого середовища, що відповідає сучасним нормам охорони праці.

Заходи безпеки під час експлуатації фасувальної машини

Підготовка персоналу. До роботи допускаються лише особи, які пройшли відповідне навчання та ознайомлені з інструкцією з експлуатації обладнання.

Організація робочого місця. Робоча зона повинна бути чистою, без сторонніх предметів, з достатнім освітленням та вентиляцією.

Електробезпека. Перед початком роботи перевірте справність електропроводки та надійність заземлення обладнання. Не допускайте пошкодження кабелів та уникайте їх контакту з гострими предметами чи нагрівальними поверхнями.

Перевірка обладнання. Перед запуском машини переконайтеся у відсутності видимих пошкоджень та справності всіх захисних механізмів. Не використовуйте обладнання з несправними або відсутніми захисними кожухами.

Під час роботи не торкайтеся рухомих частин машини та не намагайтеся виправляти положення пакетів вручну під час її роботи. У разі виявлення несправностей негайно зупиніть обладнання та повідомте відповідального фахівця.

Обслуговування та ремонт. Перед проведенням технічного обслуговування або ремонту вимкніть машину від електромережі та переконайтеся у відсутності напруги. Використовуйте лише оригінальні запчастини та доручайте ремонт кваліфікованим спеціалістам.

Засоби індивідуального захисту. Під час роботи використовуйте відповідні засоби індивідуального захисту, такі як рукавички, захисні окуляри та спеціальний одяг.

Пожежна безпека: Не використовуйте обладнання в умовах підвищеної вологості або в присутності легкозаймистих речовин. Тримайте поблизу засоби пожежогасіння та знайте місця їх розташування.

8.2 Пожежна безпека

Пожежна безпека на підприємстві спрямована на запобігання виникненню пожеж та мінімізацію їхніх наслідків.

Організаційні заходи

- 1) **Дотримання нормативних вимог.** Підприємство повинно відповідати чинним вимогам законодавства України у сфері пожежної безпеки.
- 2) **Навчання персоналу.** Проведення регулярних інструктажів щодо дій у разі пожежі, правил користування засобами пожежогасіння та евакуації.
- 3) **Призначення відповідальних осіб.** Контроль за дотриманням пожежної безпеки здійснюється спеціально призначеними співробітниками.

Протипожежне обладнання та засоби захисту

- 1) **Автоматичні системи пожежної сигналізації та гасіння.** Обладнання має своєчасно виявляти та ліквідовувати осередки займання.
- 2) **Первинні засоби пожежогасіння.** У робочих зонах встановлюються порошкові, вуглекислотні або водяні вогнегасники.
- 3) **Пожежні крани та гідранти.**

Запобігання пожежам

- 1) Контроль за станом електромережі та електрообладнання.
- 2) Дотримання правил зберігання легкозаймистих речовин та матеріалів.
- 3) Використання негорючих матеріалів у конструкціях приміщень та обладнанні.
- 4) Заборона використання відкритого вогню та куріння у виробничих приміщеннях.

Дії у разі пожежі

- 1) Повідомити пожежну службу (101) та керівництво підприємства.
- 2) Використати засоби пожежогасіння для локалізації займання (за умови безпеки).
- 3) Організувати евакуацію персоналу згідно з планом.
- 4) При можливості – знеструмити приміщення.
- 5) Очікувати прибуття пожежної служби та надати необхідну інформацію.

8.3 Освітлення цеху

Освітлення виробничих приміщень є важливим фактором, що впливає на продуктивність праці, безпеку працівників та їхнє здоров'я. Належне освітлення допомагає знизити втому очей, зменшує ризик виробничого травматизму та сприяє ефективному виконанню робочих операцій. Дефіцит світла, одноманітність і бляклість кольорів у навколишньому середовищі негативно впливають на людський організм. Це може призводити до пригніченого настрою, підвищеної дратівливості, порушень у роботі центральної нервової системи, головного мозку та травної системи. Крім того, такі умови сприяють загостренню наявних хвороб і можуть стати передумовою для розвитку нових.

На підприємстві використовуються такі види освітлення:

Природне освітлення – забезпечується через вікна, світлові ліхтарі та інші конструктивні елементи будівлі, що дозволяють проникати денному світлу.

Штучне освітлення – застосовується для доповнення або повної заміни природного світла та поділяється на:

- **Загальне освітлення** – рівномірно освітлює всю робочу зону.
- **Локальне (місцеве) освітлення** – використовується для підсвічування робочих місць із підвищеною точністю виконання операцій.
- **Аварійне освітлення** – забезпечує мінімальний рівень освітленості в разі виходу з ладу основного джерела світла.

- **Евакуаційне освітлення** – встановлюється на шляхах евакуації для безпечного виходу працівників у разі надзвичайної ситуації.

Вимоги до освітлення:

- Світильники повинні бути встановлені на висоті, що виключає засліплення працівників.
- Використання енергоефективних джерел світла, таких як світлодіодні лампи, з метою економії електроенергії та зменшення теплового випромінювання.
- Світловий потік має бути рівномірним без утворення глибоких тіней та різких контрастів.
- Регулярне очищення світильників та перевірка їхньої справності для підтримання необхідного рівня освітленості.

8.3.1 Розрахунок загального штучного освітлення

Мінімальний рівень освітлення виробничого приміщення повинен становити не менше ніж 200 лк (груба обробка на верстаті об'єктів малої точності, робота з світлими об'єктами, будь-які види спостереження за виробничими процесами).

Для забезпечення необхідного рівня освітлення обираємо світильники типу ЛПО01, які оснащені двома люмінесцентними лампами ЛБ – 30 (Світловий потік однієї лампи $\Phi_{\text{л}} = 2180$). Монтаж світильників здійснюється на стелі приміщення, висота якої від підлоги складає $h_c = 3,5$ м, що відповідає будівельним нормам (СНиП II-4-79), згідно з якими мінімальна висота повинна бути в межах 2,6–4 м.

1. Розрахуємо висоту розташування світильників над робочою поверхнею:

$$h = h_c - h_p = 3,5 - 0,9 = 2,6 \text{ м}$$

де, $h_p = 0,9$ – висота робочої поверхні.

2. Розрахуємо показник приміщення за формулою:

$$i = \frac{a * b}{h * (a + b)} = \frac{6 * 7}{2,6 * (6 + 7)} = 1,2 \text{ м.}$$

де, a, b – довжина і ширина робочої зони автомату (6 м та 7 м відповідно).

Відповідно до стандартних значень, приймаємо показник приміщення $i = 1,25$, що визначає коефіцієнти відбиття для $\rho_{\text{стелі}} = 70\%$ та $\rho_{\text{стін}} = 50\%$. Для обраних світильників ЛПО01 коефіцієнт використання світлового потоку складає $\eta = 0,51$.

3. Визначаємо необхідну кількість світильників для забезпечення нормативної освітленості:

$$N = \frac{E * S * K_3 * Z}{n * \Phi_{\text{л}} * \eta} = \frac{200 * 42 * 1,4 * 1,1}{2 * 2180 * 0,51} = 5,8$$

де, E – мінімальна нормована освітленість $E = 200$ лк;

S – площа приміщення, $S = 6 * 7 = 42 \text{ м}^2$;

K_3 – коефіцієнт запасу, який враховує зниження освітленості в результаті старіння ламп та забрудненості, $K_3 = 1,4$;

n – кількість ламп в світильнику, $n = 2$;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, для люмінісцентних ламп.

Прийmemo **6** світильників, для забезпечення рівномірного освітлення.

Сумарна електрична потужність всіх світильників:

$$P_{\text{св.}} = P_{\text{л}} * N * n = 30 * 6 * 2 = 360 \text{ Вт}$$

Таким чином, виконані розрахунки дозволяють забезпечити оптимальні умови освітлення робочої зони, що сприяє зменшенню зорового навантаження та підвищенню безпеки праці.

Перелік використаної літератури

1. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підруч. / В. Т. Павлице. – 2-е вид., перероб. – Львів : Афіша, 2003. — 560 с.
2. Марчевський В.М. Конструкторська документація курсових і дипломних проєктів: навч. посіб. / Марчевський В.М. – К.: Норіта-плюс, 2006. – 280 с.
3. Гандзюк М.П. Основи охорони праці: підручник. 5-е вид. / Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О.; за ред. М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2011. – 384 с.
4. Розрахунок припусків і міжопераційних розмірів в машинобудуванні : Учб.посіб. для машинобудування спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островський; під ред. В.А. Тимирязева. – М.: Виш. Шк.,2004. – 272 с.
5. Прикладна механіка та основи конструювання : навч. посібник / В. С. Костюк, Г. Р. Валіулін, С. В. Костюк : Нац, ун-т харч. технол. - Київ : Кондор, 2018. - 226 с.
6. Технологічне обладнання фармацевтичної та біотехнологічної промисловості : підручник / С. Т. Стасевич, А. О. Милисич, Л. С. Стрельников та ін. ; Нац. ун-т "Львів. політехніка", Нап. фармац. ун-т. – Львів: Новий світ-2000, 2017. - 500 с.
5. Тверді лікарські форми.
https://pidru4niki.com/68406/meditsina/tverdi_likarski_formi_formae_medicamentorum_durae#410
6. Розрахунок штучного освітлення.
<https://studfile.net/preview/1852686/page:3/>
7. Первинна упаковка. Види, матеріали і маркування первинної упаковки. <https://symptom.com.ua/pervinna-upakovka-likarskih-za/>

8. Зразки основних інструкцій про заходи пожежної безпеки.

<https://oppb.com.ua/news/zrazky-osnovnyh-instrukciy-pro-zahody-pozhezhnoyi-bezpeky>

7. Закон України “Про охорону праці” із змінами та доповненнями, 2002.