

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва)

Освітня програма «Прикладна механіка»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МПТ

проф. Люмила КРИВОПЛЯС-ВОЛОДИНА

(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

« 10 » 04 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Якимчук Тетяна Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація автомата для пакування батонів продуктивністю 55 упак./хв.

керівник роботи Васильківський Костянтин Вікторович, доц, к.т.н.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «10» квітня 2025 р. № 218-кв

2. Строк подання здобувачем роботи «01» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

1. Технічний паспорт обладнання.

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

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): анотація, зміст; вступ; техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження; опис пропозицій; вивчення стану питання, літературний огляд джерел та інформації; опис запропонованого технічного рішення, будова та принцип роботи; основні конструктивно-технічні розрахунки; технологічний маршрут виготовлення деталі; монтаж, експлуатації та ремонту; заходи щодо охорони праці, екології; висновки; список використаних літературних джерел, специфікація.

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

Загальний вигляд обладнання – 2 аркуші; Складальні одиниці обладнання – 2 аркуші; Технологія машинобудування – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультантів | Підпис, дата | |
|----------------------------|--|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Технологія машинобудування | <i>доц. Гайда 202</i> | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання: «10» 04 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № п/п | Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1 | <i>Анотація, зміст</i> | 03.04.2025р. | |
| 2 | <i>Аналіз технічних рішень поставленої задачі</i> | 13.04.2025р. | |
| 3 | <i>Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.</i> | 25.04.2025р. | |
| 4 | <i><u>Вивчення стану питання, літературний огляд джерел та інформації</u></i> | 27.04.2025р. | |
| 5 | <i>Опис запропонованого технічного рішення.</i> | 07.05.2025р. | |
| 6 | <i>Будова та принцип роботи.</i> | 09.05.2025р. | |
| 7 | <i>Розрахункова частина</i> | 13.05.2025р. | |
| 8 | <i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i> | 14.05.2025р. | |
| 9 | <i>Монтаж</i> | 18.05.2025р. | |
| 10 | <i>Опис системи управління</i> | 21.05.2025р. | |
| 11 | <i>Охорона праці, екології</i> | 23.05.2025р. | |
| 12 | <i>Висновки,</i> | 27.05.2025р. | |
| 13 | <i>Графічна частина: 5 аркушів формату А3</i> | 27.05.2025р. | |
| 14 | <i>Список використаних літературних джерел</i> | 27.05.2025р. | |
| | <i>Подача ДП на кафедру</i> | 29.05.2025р. | |

Здобувач

(підпис)

Тетяна ЯКИМЧУК
(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Костянтин ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ
(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

10. 04. 2025 р.

Анотація

Метою дипломного проєкту є модернізація привода горизонтального пакувального автомата, зокрема механізму поперечного зварювання плівки, що використовується для формування полімерної упаковки харчових штучних продуктів. Проєкт спрямований на підвищення ефективності виробничого процесу шляхом удосконалення технічних рішень, що забезпечують стабільність роботи, зменшення енергоспоживання та покращення якості пакування.

У процесі проєктування було виконано комплекс інженерних розрахунків ключових функціональних вузлів пакувальної машини. Зокрема, проведено кінематичний і силовий розрахунок привода зварювального модуля, що забезпечує синхронне зварювання та розрізання плівки відповідно до заданої продуктивності. Оптимізація конструкції привода дозволяє значно спростити обслуговування та забезпечити довготривалу експлуатацію без перебоїв.

На підставі техніко-економічного обґрунтування доведено доцільність впровадження даної модернізованої горизонтальної пакувальної установки на вітчизняних підприємствах. Очікуваним результатом є зменшення експлуатаційних витрат, що дозволить виробникам перенаправити заощаджені кошти на розвиток основного виробництва.

Дипломний проєкт складається з пояснювальної записки та графічної частини. Графічна частина включає чотири складальні креслення основних функціональних модулів машини формату А1, а також один аркуш із технологічним маршрутом виготовлення деталі - "корпус підшипника.

Ключові слова: полімерна упаковка, зварювальний модуль, привідний механізм, пакування.

| | | | | | | |
|---|---|--|-------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Васильківський | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | |
| <i>Власник документа</i> Кафедра МПП ПМ-4-1 | <i>Розробник документа</i> Якимчук Т.С. | <i>Назва, додаткова назва</i> Анотація | 627.ДП. ПЗ | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Документ затверджено</i> | <i>Аркуш</i> 3 |

SUMMARY

The purpose of the diploma project is to modernize the drive of the horizontal packaging machine, in particular the mechanism of cross -welding of the film, which is used to form a three -sided polymer packaging of food artificial products. The project is aimed at improving the efficiency of the production process by improving technical solutions that ensure stability of work, reduction of energy consumption and improvement of quality of packaging.

During the process, a complex of engineering calculations of key functional units of the packaging machine was performed. In particular, the kinematic and power calculation of the drive of the welding module, which provides synchronous welding and cutting of the film according to the given productivity. Optimization of the drive design can greatly simplify service and provide long -term operation without interruption.

On the basis of the feasibility study, the feasibility of introducing this modernized horizontal packaging plant at domestic enterprises is proved. The expected result is the reduction of operating costs, which will allow manufacturers to redirect savings for the development of basic production.

The diploma project consists of an explanatory note and a graphic part. The graphic part includes four assembly drawings of the main functional modules of the A1 machine, as well as one sheet with a technological route manufacturing of the workpiece -"Bearing housing.

Keywords: polymer packaging, welding module, drive mechanism, packaging.

| | | | | | | |
|--|---|--|-------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Васильківський | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | |
| <i>Власник документа</i> Кафедра МІПТ ПМ-4-1 | <i>Розробник документа</i> Якимчук Т.С. | <i>Назва, додаткова назва</i> Анотація | 627.ДП. ПЗ | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Документ затверджено</i> | <i>Аркуш</i> 4 |

Зміст

| | |
|---|----|
| 1. Анотація | 3 |
| 2. Вступ... .. | 6 |
| 3. Техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження автомат типу Servo 500 linux Zani | 8 |
| 4. Опис пропозиції..... | 11 |
| 5. Вивчення стану питання, літературний огляд джерел та інформації..... | 14 |
| 5.1 Аналіз існуючих конструкцій машин для пакування штучних виробів . | 15 |
| 5.2 Аналіз методів зварювання плівки..... | 23 |
| 6. Основні конструктивно- технічні розрахунки | 31 |
| 6.1 Визначення продуктивності, часу на виконання основних технічних операцій..... | 32 |
| 6.2 Розрахунок стрічкового транспортера | 28 |
| 6.3 Кінематичний і силовий розрахунок параметрів привода. стрічкового транспортера | 33 |
| 6.4. Кінематичний і силовий розрахунок приводу зварювання..... | 40 |
| 7. Система управління..... | 46 |
| 8. Розробка технологічного процесу та розрахунок технологічних операцій виготовлення деталі типу корпус підшипника..... | 48 |
| 9. Монтаж, експлуатація, обслуговування, діагностика та ремонт машини . | 59 |
| 10. Охорона праці..... | 62 |
| 11. Висновки..... | 67 |
| 12. Використана література..... | 68 |
| 13. Специфікації..... | 70 |

| | | | |
|---|---|---|-------------------------|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Васильківський | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | <i>Статус документа</i> |
| <i>Власник документа</i> Кафедра | <i>Розробник документа</i> Якимчук Т.С. | <i>Назва, додаткова назва</i> | 627.ДП. ПЗ |

Вступ

Упаковка харчової продукції, зокрема хлібобулочних виробів, є важливою складовою виробничого процесу, що забезпечує не лише збереження якості продукції, але й її зручність під час транспортування, реалізації та споживання. Правильно обраний спосіб пакування та ефективна робота обладнання напряду впливають на термін зберігання, товарний вигляд, безпеку для споживача та рентабельність виробництва. Особливої уваги потребують штучні хлібобулочні вироби, які мають обмежений термін придатності, чутливість до вологості, механічних впливів і забруднення.

Одним з поширених типів сучасної упаковки є полімерний пакет, сформований у результаті поздовжнього та поперечного зварювання рулонної плівки. Застосування горизонтальних пакувальних автоматів дозволяє механізувати цей процес, забезпечити точність, герметичність, повторюваність та високу продуктивність.

Метою даної кваліфікаційної роботи є модернізація привода вузла поперечного зварювання плівки горизонтального пакувального автомата типу "Servo 500 Linox Zani" з продуктивністю 30 упаковок за хвилину. Основне завдання полягало в удосконаленні конструкції привідного механізму, що виконує поперечне зварювання плівки та її відрізання на рівні інтервали. Застосування вдосконаленого привода дозволяє покращити точність зварювання, зменшити рівень шуму, підвищити ергономічність робочого процесу та стабільність роботи обладнання.

У процесі виконання проєкту було проведено кінематичний та силовий розрахунок привода зварювального модуля, а також проаналізовано роботу вузлів подачі, формування та зварювання плівки. Розроблена система забезпечує

| | | | | | | | |
|---|--|--|------------|------------------|------------------|-------------------|--|
| Відповідальна організація <i>НУХТ</i> | Технічне узгодження <i>Васильківський</i> | Вид документа <i>Пояснювальна записка</i> | | Статус документа | | | |
| Власник документа <i>Кафедра МІПТ ПМ-4-1</i> | Розробник документа <i>Якимчук Т.С.</i> | Назва, додаткова назва <i>Вступ</i> | 627.ДП. ПЗ | | | | |
| | Документ затверджено | | Інд. змін. | Дата видання | Мова <i>U</i> | Аркуш <i>6</i> | |

проходження рулонної плівки через формувальний елемент, укладання продукту та створення трьохшовного пакета з герметичними з'єднаннями.

Машина, в якій реалізовано модернізований вузол, має низку переваг:

- можливість пакування як одиничної, так і групової продукції;
- конструктивна простота та надійність у тривалій експлуатації;
- низький рівень шуму в зоні поперечного зварювання;
- відповідність сучасним вимогам до якості упаковки харчових виробів;
- зручність експлуатації для оператора.

На основі проведеного техніко-економічного аналізу підтверджено доцільність впровадження цієї розробки у виробничий процес.

Зменшення втрат, покращення якості упаковки та оптимізація витрат на обслуговування обладнання дають змогу спрямувати заощаджені ресурси на розвиток підприємства.

3. Техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження автомат типу Servo 500 linux Zani.

Пакування харчової продукції, зокрема хлібобулочних виробів, потребує дотримання високих вимог до герметичності, механічної стійкості, товарного вигляду та збереження якості продукту протягом усього терміну реалізації. Горизонтальні пакувальні автомати, які формують полімерний пакет, є ефективним технічним рішенням для пакування штучної великогабаритної продукції.

Автомат типу Servo 500 Linux Zani виконує процес пакування шляхом подачі рулонної плівки через формувальний елемент, укладання продукції та послідовного виконання поздовжнього та поперечного зварювання. Важливою складовою машини є вузол поперечного зварювання плівки, який впливає на герметичність, точність формування пакета, стабільність подачі та якість розрізу.

На сьогоднішній день конструкція цього вузла виконує свої функції, проте має ряд обмежень, які негативно впливають на продуктивність та експлуатаційні витрати, зокрема:

- зниження точності при роботі на тривалих циклах;
- потреба в частішому обслуговуванні та регулюванні;
- залежність від стабільності пневматичної системи.

У зв'язку з цим було розглянуто доцільність модернізації привода вузла поперечного зварювання, яка передбачає заміну або вдосконалення існуючого механізму на більш точний, енергоефективний і стабільний у роботі — з використанням механічного привода синхронізованої дії. У разі реалізації запропонованої модернізації можна очікувати:

- Підвищення якості зварювання завдяки синхронізованій роботі привода з основною подачею плівки.

| | | | | | | | |
|---|---|---|-------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Васильківський | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | | |
| <i>Власник документа</i> Кафедра МПП ПМ-4-1 | <i>Розробник документа</i> Якимчук Т.С. | <i>Назва, додаткова назва</i> Техніко- економічне обґрунтування доцільності | 627.ДП. ПЗ | | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Мова</i> U | <i>Аркуш</i> 8 | |

- Зменшення кількості браку внаслідок стабільного формування шва та скорочення відхилень при розрізі плівки.
- Скорочення витрат на обслуговування **вузла** завдяки простішій конструкції механічного привода.
- Підвищення стабільності роботи при інтенсивному виробництві.

Крім того, модернізована машина, зберігаючи свою конструктивну простоту (див. складові за рис. 4.1), зможе краще відповідати сучасним вимогам до енергоефективності, надійності та гігієнічності процесу пакування.

Аналіз поточних витрат на електроенергію: станом на 2025 рік, вартість електроенергії для підприємств в Україні складається з кількох компонентів:

- Базова вартість електроенергії: біля 6,9 грн/кВт·год.
- Тариф на передачу електроенергії: 0,686 грн/кВт·год.
- Тариф на розподіл електроенергії: залежить від регіону та класу напруги; для другого класу напруги може становити до 1,8 грн/кВт·год.
- ПДВ: 20% від загальної суми.

Таким чином, загальна вартість 1 кВт·год електроенергії для підприємства може досягати приблизно 9,56 грн з ПДВ.

Впровадження модернізованого привода поперечного зварювання може призвести до наступних економічних вигод:

Розрахунок економічного ефекту: припустимо, що підприємство використовує пакувальний автомат, який споживає 2 кВт·год електроенергії. За вартістю 9,56 грн/кВт·год, щоденні витрати на електроенергію становлять:

$$2 \text{ кВт} \cdot \text{год} \times 9,56 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год} = 19,12 \text{ грн/год}$$

За 8-годинну зміну:

$$19,12 \text{ грн/год} \times 8 \text{ год} = 152,96 \text{ грн/зміну}$$

За 22 робочі дні на місяць:

$$152,96 \text{ грн/зміну} \times 22 \text{ дні} = 3\,364,96 \text{ грн/місяць}$$

З урахуванням очікуваного зниження енергоспоживання на 15%:

$$3\,364,96 \text{ грн} \times 0,85 = 2\,860,22 \text{ грн/місяць}$$

Економія на електроенергії:

3 364,96 грн – 2 860,22 грн = 504,74 грн/місяць

У разі впровадження модернізації передбачається:

- Зниження експлуатаційних витрат на обслуговування привода на 20–25%.
- Зменшення витрат пакувального матеріалу на 10–15% через покращення точності зварювання.
- Підвищення стабільності продуктивності на рівні 30 уп./хв. без додаткових коригувань.
- Скорочення витрат на енергоспоживання, зокрема в режимах часткової завантаженості.
- Зменшення впливу людського чинника та зниження потреби в постійному ручному регулюванні.

Порівняльний аналіз з немодернізованим автоматом

| Параметр | Без модернізації | Після модернізації (очікувано) |
|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Рівень шуму в зоні зварювання | Високий | Низький |
| Точність формування шва | Середня, залежить від циклу | Висока, стабільна |
| Витрати на обслуговування | Підвищені | Знижені |
| Витрати плівки (брак) | 12–14% | 5–7% |
| Складність управління | Вища | Спрощена |
| Продуктивність | До 30 уп./хв (з перебоями) | 30 уп./хв стабільно |

Таким чином, запропонована модернізація вузла поперечного зварювання горизонтального пакувального автомата Servo 500 Linux Zani є доцільною, оскільки дозволить значно покращити технічні, експлуатаційні та економічні характеристики обладнання. Очікувані результати — це зниження витрат, підвищення надійності та якості пакування, що в перспективі забезпечить конкурентну перевагу підприємству, зростання рентабельності та стабільність виробництва.

4. Опис пропозиції.

Горизонтальний пакувальний автомат Servo 500 Linux Zani призначений для безперервного пакування штучної харчової продукції, зокрема великогабаритних виробів, у полімерні пакети. Конструктивно машина виконана в модульному виконанні та складається з кількох основних функціональних вузлів, які забезпечують надійний технологічний процес фасування та герметизації (рис.4.1).

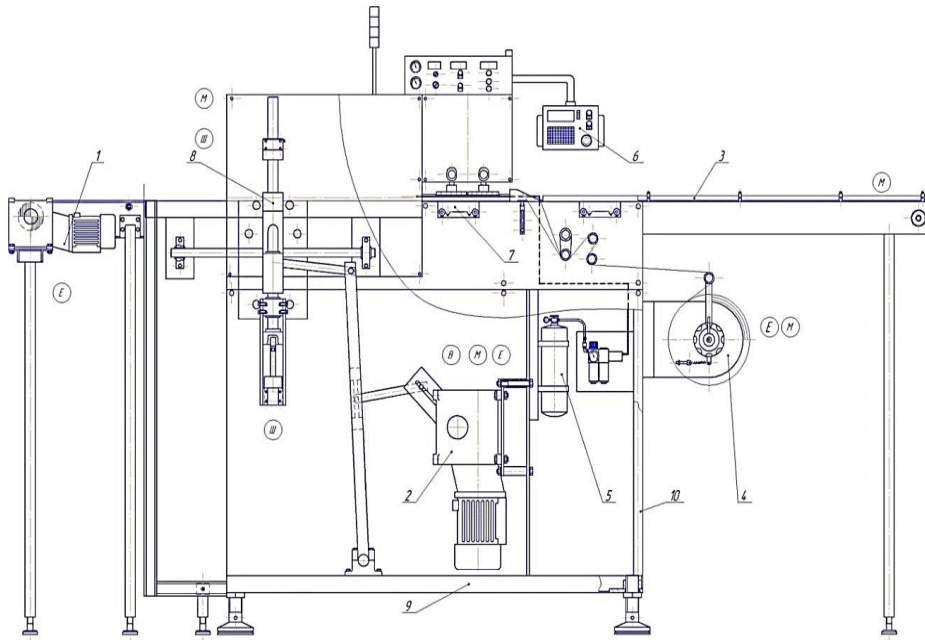


Рис. 4.1 Конструкція горизонтального пакувального автомату Servo 500 Linux Zani : 1- привід стрічкового конвеєра; 2- привід механізму поперечного зварювання; 3 - стрічковий конвеєр; 4 - тримач рулону; 5 - пневматичний блок; 6 - панель керування; 7 - модуль поздовжнього зварювання; 8 - модуль поперечного зварювання; 9 - каркас (рама); 10 - опорна конструкція.

Технічна характеристика:

- розмір пакета та матеріал - $a \times b \times h$ 350×220×60мм;
- пакувальний матеріал – ОПП/ПЕ-плівка;
- тип привода: механічний, електричний і пневматичний;

| | | | | | | |
|---|---------------------------------------|--|------------------|--------------|------------|-------------|
| Відповідальна організація НУХТ | Технічне узгодження Васильківський | Вид документа Пояснювальна записка | Статус документа | | | |
| Власник документа Кафедра МІПТ ПМ-4-1 | Розробник документа Якимчук Т.С. | Назва, додаткова назва Опис пропозицій | 627.ДП. ПЗ | | | |
| | Документ затверджено | | Інд. змін. | Дата видання | Мова UA | Аркуш 11 |

- споживча потужність до 2 кВт/год.
- параметри мережі живлення: 220В, 50Гц.
- тиск повітря в магістралі 5 бар.
- система автоматичного управління – контролер із функцією зворотного зв'язку.
- габаритні розміри машини ($L \times B \times H$) ; 3630×1200×1600 мм;
- обслуговуючий персонал – 1 людина

Основні конструктивні елементи автомату:

1. Каркас (рама) – зварна або болтова конструкція, яка об'єднує всі елементи машини в єдиний цілісний блок. Виготовлена з антикорозійного металу або харчової нержавіючої сталі.

2. Стрічковий конвеєр – забезпечує рух продукту вздовж машини від зони завантаження до зони зварювання та вивантаження. Складається з електропривода, редуктора та натяжного механізму.

3. Тримач рулону плівки – утримує рулонну упаковувальну плівку та забезпечує її безперервну подачу до зони формування пакета. Має гальмівний пристрій і механізм центрування рулону.

4. Механізм поздовжнього зварювання – утворює герметичний шов по довжині пакета. Складається з пари нагрівальних роликів, які діють на стику плівки.

5. Механізм поперечного зварювання – включає нагрівальні планки або ролики, які створюють поперечні зварні шви та одночасно відокремлюють пакети один від одного.

6. Панель керування – складається з цифрового контролера, індикаторів стану, кнопок пуску/зупинки та програмного перемикача режимів. Керує всіма етапами роботи машини через електронний контролер зворотного зв'язку.

Розглянемо покроково процес пакування одного батона масою близько 400 грамів, довжиною 300 мм і діаметром до 70 мм у тришовний полімерний пакет розміром 350×220×60 мм.

1. Завантаження пакувального матеріалу: рулон полімерної плівки встановлюється вручну на тримач рулону. Після фіксації плівка протягується через напрямні ролики та надходить у зону формування.

2. Формування рукава з плівки: плівка проходить через формувальний елемент, який згинає її у трубчасту форму. У місці з'єднання країв утворюється поздовжній стик, що зварюється модулем поздовжнього зварювання. Таким чином утворюється відкритий з одного боку полімерний рукав.

3. Подавання батона: батон подається вручну або автоматично на стрічковий транспортер. Його розміщують так, щоб він був орієнтований паралельно напрямку руху транспортера. Заглиблення на стрічці утримують батон у заданому положенні під час переміщення.

4. Заповнення рукава: після того як батон потрапляє у зону подачі плівки, система синхронізовано накриває його сформованим рукавом. Весь цей процес відбувається безперервно.

5. Поперечне зварювання та відрізання: коли батон повністю потрапляє у рукав і досягає заданої позиції, спрацьовує модуль поперечного зварювання. Нагрівальні елементи формують задній поперечний шов попереднього пакета та передній шов наступного. Водночас спеціальний різальний елемент відокремлює готову упаковку з батоном.

6. Вивід пакованої харчової продукції: запакований батон потрапляє на вихідний транспортер, звідки його можна відправити на етап маркування, перевірки якості або укладки в транспортну тару.

Уся система працює в автоматичному режимі та керується контролером. За необхідності оператор може змінити довжину пакета, параметри зварювання, швидкість транспортування та інші налаштування через панель керування.

-

5. Вивчення стану питання, літературний огляд джерел та інформації.

5.1 Аналіз існуючих конструкцій автоматів для пакування штучних виробів

Принцип пакування штучних виробів у потоковому режимі, завдяки високій продуктивності процесу та відносній простоті конструкції використовуваного обладнання, отримав широке поширення як у харчовій, так і в інших галузях промисловості. На сучасному етапі цей метод за частотою застосування займає провідну позицію серед альтернативних способів пакування.

Залежно від типу пакувальної плівки (поліетилен, полімер, термоусадні плівки), механізми протяжки, запаювання подовжнього шва та відрізу, що використовуються в горизонтальних машинах, відрізняються за конструкцією та запаювання при формуванні бічних швів. Також залежно від виду упаковуваного виробу, машини відрізняються способом обгортання. Найбільш розповсюдженим методом є подача плівки зверху, яка обгортає продукт і запаюється спочатку вздовж знизу, а потім поперек із одночасним відрізом.

Якщо продукт не тримає форму, «розпадається» або має особливі властивості - плівка подається знизу, переміщається під продукт та обертає його, виконуючи роль підкладки, потім запаюється впоперек і вздовж. Область використання включає овочі, фрукти, спагеті, соломку, набори одноразових столових приборів та інші подібні товари.

Попри широкий асортимент виробів для пакування, машини розрізняються за типом координації роботи елементів запаювання. Найпоширенішим способом є конвейер з штовхачами (або обмежувачами), швидкістю руху завантажувального конвейера і відстанню між штовхачами. Недоліком є те, що при зміні довжини упакованого виробу необхідно коригувати координату кінцевої позиції штовхача.

| | | | | | | |
|--|---|---|-------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Васильківський | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | |
| <i>Власник документа</i> Кафедра МІПТ ПМ-4-1 | <i>Розробник документа</i> Якимчук Т.С. | <i>Назва, додаткова назва</i> Зміст | 627.ДП. ПЗ | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Мова</i> UA | <i>Аркуш</i> 14 |

Машинах з комп'ютерним управлінням це здійснюється шляхом вибору відповідної програми натисканням кнопки, тоді як у механічних моделях потрібно вручну регулювати відстань між штовхачами, автоматична зміна довжини упаковки в залежності довжини виробу – використовують стрічковий транспортер без штовхачів, «розтягування» продуктів виконується за рахунок різниці швидкостей між транспортером та приймальним конвейером, стадія поперечного запаювання запускається фотоелементом, що фіксує завершення проходження продукту. Серед недоліків — можливість «застрягання» нестандартних виробів із великою різницею у розмірах (ширині та висоті) під час їх проходження через рукав, що приведе до скупчування наступних за ним продуктів.

Пакувальний матеріал - рулонні термозварювальні плівки з одно- або двосторонніми властивостями термозварювання, що можуть включати алюмінієву фольгу або папір (рис.5.1).



Рис 5.1. Горизонтально- пакувальна машина PFM Pearl

Надійна несуча рамка, високопродуктивний процесор, компактні розміри та інтуїтивно зрозуміле, стабільне програмне забезпечення. PFM Pearl - це вираження зрілого досвіду в виробництві та проектуванні машин і ліній високого технічного рівня , застосованого в інноваційній пакувальній машині бездоганної якості.

Переваги PFM Pearl : функціонування здійснюється за допомогою трьох безщіткових серводвигунів прямого з'єднання, які незалежно керують рухом транспортера подачі, а також механізмів поздовжнього і поперечного зварювання.

Відсутність механічних передач (електронні та механічні компоненти, призначені для функціонального руху ,та розташовані за межами відповідних груп . На задній частині машини знаходиться електронний модуль, який має захист від пилу і зовнішніх впливів.

Модульна конструкція (виконана за допомогою модульних груп , тим самим дозволяє вкрай просто виконати монтаж , демонтаж та заміну. У передній частині пакувальної машини відсутні механічні компоненти, що забезпечує елегантний, надійний і простий дизайн із легким доступом до необхідних вузлів.

Легкість обслуговування та компактність забезпечуються модульною конструкцією та захисними кожухами зі штампованого полімерного матеріалу з променевим розташуванням кутів, виключено скупчення бруду і пилу. Захисні кожухи можливо легко зняті без використання будь-яких інструментів).

Функціональна ергономіка (клавіші пуску панель оператора / стоп розташовані , цим самим максимально спрощує управління машиною) .

Машина характеризується гнучкістю та високою швидкістю роботи — до 120 механічних циклів на хвилину в стандартному виконанні, що забезпечує її застосування для пакування різноманітної продукції харчової та нехарчової сфери.

Технічні характеристики машини PEARL :

Довжина продукту , мм хв . 40 , макс.450 *

Ширина продукту , мм хв . 5 , макс. 220 *

Висота продукту , мм хв . 1 , макс. 100 *

Діаметр бобіни , мм макс. 350

Ширина бобіни , мм макс. 500

Механічна швидкість уп / хв: 120-160

Довжина зварювальних губок , мм: 250

Живлення, В : 380 , трифазне

Пакувальний матеріал: PP , PE

Споживання електроенергії , кВт: 5

Горизонтальна пакувальна машина PFM PEARL автоматично регулює довжину упаковки , синхронізація роботи зварювальних губок, точне позиціонування друку за фотоміткою, а також контроль швидкості пакування і уповільнення механізму зварювання та обрізки.

Також через сенсорний екран управління програмується температура зварювальної групи.



Рис. 5.2. Горизонтальна пакувальна машина SHAMAL.

SHAMAL - це горизонтальна пакувальна машина, яка виробляє абсолютно герметичні упаковки по типу "флоу-пак" зі стрічки термосваріваного плівкового матеріалу в рулоні. SHAMAL так само був розроблений для упаковки з використанням Модифікованої Атмосфери (МА).

Переваги PFM SHAMAL:

- Естетично ідеальні упаковки;
- Висока гнучкість;
- Гігієнічність і легкість очищення;
- Висока швидкість

Конструкція моделі SHAMAL була модернізована, і тепер вона доступна у новій версії з підвищеною продуктивністю до 120 упаковок на хвилину (раніше — до 60 упаковок на хвилину).

Завдяки цілому ряду нових технічних характеристик була також значно поліпшена ергономіка моделі .

Опції: Автоматична заміна рулону з плівкою. Друкувальний пристрій дати / шрих коду. Пристрій видалення надлишку матеріалу зі зварювальних роликів. Четвертий комплект зварювальних роликів. Пневматичний механізм для видалення надлишкового повітря з пакету. Механічна система видалення повітря. Система LVA .

Технічні дані машини SHAMAL :

Довжина упаковки , мм хв . 150 макс.LVA

Висота упаковки хв . 1 , макс. 20 *

Ширина упаковки , мм хв . 10 , макс. 330

* Ширина рулону , мм 700

Діаметр рулону , мм 350

Ширина губок , мм 350

Механічна швидкість уп / хв: до 120

Зварювальний вузол: ERS

Електрика: 400В , 50Гц , 3 фази , нейтраль

Тип подання: лінійна

Споживання електроенергії , кВт: 7

Зразкова вага , кг: 1100

* Використання трьох максимальних розмірів одночасно неможливе.

Основні стандартні опції :

Повна серво-версія оснащена трьома серводвигунами та функцією LVA. Вхідний транспортер довжиною 2 метри, із швидким налаштуванням, легким очищенням і оснащений ременем з металевим з'єднанням.

Поздовжня зварювальна система з регульованою висотою .

Система зварювання складається з трьох незалежних пар роликів, розташованих під поздовжнім нахилом і захищених: перша пара відповідає за подачу матеріалу, друга — за його запаювання, а третя — за загинання краю.

Автоматично центровані вали утримувачів бобін, забезпечені електронним розмотувачів ременя.

Індивідуальний контроль температури для зварювальних губок і роликів.



Рис 5. 3 Горизонтально- пакувальна машина СНІК

Технічні характеристики:

- механізм регулювання натягу;
- завантажувальний конвейер з штовхачами завдовжки 1,5 м;
- два утримувачі рулону з функцією центрування
- цифровий температурний контроль;
- центральна система змащення;
- система реверсу;
- електронне регулювання швидкості, що особливо корисне при упаковці нестабільних, сипких або рідких продуктів, а також при ризику втрати продукції через переповнення підкладки.
- поетапна (покрокова) діагностика машини;
- роликовий вихідний конвейер 400 мм;

Головні компоненти виготовлені з нержавіючої сталі, а пластмасові деталі застосовуються виключно в декоративних елементах, таких як пластикові

кожухи. Основні параметри пакувальної машини наведені в таблиці 5.1

Таблиця 5.1

Основні параметри модельного ряду пакувальних машин СНІК

| Параметри: | СНІК-С (30) | СНІК-С (45) |
|--|-------------------------|-------------------------|
| Продуктивність, упак./хв. : | 30 | 45 |
| Розміри пакувальних продуктів: | 130-280 | 130-280 |
| Довжина, мм; Ширина, мм; | 90-190 | 90-190 |
| Висота, мм | 10-150 | 10-150 |
| Зовнішній діаметр рулону, до мм: | 225 76 або | 225 76 або |
| діаметр втулки, мм ширина | 112 300-450 | 112 |
| плівки, мкм | 12-20 | 300-450 12-20 |
| Електрика 380/50, потребляемая потужність,кВт | 1,3 | 1,3 |
| Вага (без контейнера), кг | 230 (без контейнера) | 230 (без контейнера) |

Переваги: можуть працювати цілодобово і при низьких температурах, дуже надійні механічні машини, не вимагають висококласних фахівців по обслуговуванню, дуже низьке споживання енергії. Пристрої не чутливі до коливань напруги; у випадку попадання вологи вони висихають, після мастила готові до експлуатації. Переналаштування між режимами роботи здійснюється як у звичайних механічних машинах.

Модель SUPER СНІК

Пакувальний матеріал: плівка-стретч ПВХ (без друку, та з нескінченним малюнком або з фіксованим друком) таблиця 5.2.

-

Основні параметри пакувальної машини SUPER CHIK

| | |
|------------------------------|--------------------|
| Продуктивність, упак./хв. до | 45 |
| Розмір продукту, мм: | Мінімум - максимум |
| Довжина | 150-360 |
| Ширина | 100-250 |
| Висота | 10-150 |
| Ширина плівки, мм: | 400-550 |
| Товщина плівки, мкм: | 12-20 |

Технічні характеристики:

- Два моторизовані утримувачі рулону з функцією центрування та інтегрованою системою контролю залишку плівки;
- Автоматичне самоналаштування довжини плівки відповідно до змін висоти продукту;
- Вбудована система автоматичного вимірювання габаритів продукту;
- Відкритий подаючий конвеєр із механізмом центрованого розташування підкладок.
- автоматична заміна рулонів різної ширини залежно від розміру продукту;
- електронний регулятор швидкості упаковки;
- система центрального змащення;
- система реверсу;
- контроль натягнення плівки з чотирьох сторін;
- виробнича самодіагностика;
- контроль натягнення плівки з чотирьох сторін;
- механізм запобігання неправильному завантаженню.
- силовий обмежувач при перепадах напруги;
- температурний контроль;

- вихідний конвейер роликів завдовжки 800 мм;
- конструкції виконані з нержавіючої сталі, пластмасові деталі використовуються тільки як елементи дизайну;
- витрата стислого повітря 50 л/хв при тиску 6 атм;
- електрика 380 В, три фази, споживання електроенергії 2,5 кВт;
- Розміри: довжина x ширина x висота (мм): 2600 x 815 x 1530, вага 550 кг



Рис 5.4. Горизонтально- пакувальна машина FLORIDA-ATLANTA

Моделі серії FLORIDA-ATLANTA - горизонтальна пакувальна машина з верхньою подачею плівки

Комплектація машини залежить від її призначення та визначається вибором додаткових опцій.

Моделі серії ATLANTA відповідають високим стандартам пакування продукції та оптимально підходять для інтенсивного виробництва. Вони мають широкі можливості для подальшого технічного вдосконалення, вирізняються високою надійністю та тривалим терміном експлуатації.

Моделі серії FLORIDA мають обмежені можливості модернізації, призначені для середніх обсягів виробництва та слугують базовими рішеннями для горизонтальної упаковки типу flow-pack.

5.2 Аналіз методів зварювання плівки

Зварювання — це технологічний процес отримання нероз’ємного з’єднання деталей шляхом локального нагрівання зони контакту до розплавленого або пластичного стану матеріалу з подальшим його деформуванням, що забезпечує міцність і цілісність конструкції на мікроструктурному рівні таблиця 5.3.

Таблиця 5.3

Характеристика полімерних плівок до зварювання різними способами

| Полімерна плівка | Методи зварювання | | | |
|------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| | Термоконтактний | Ультразвуковий | Термоімпульсний | Струм високої частоти |
| ПЕВТ, ПЕНТ | Зварюється | Обмежено зварюється | Зварюється | Не зварюється |
| ПП | Зварюється | Зварюється | Зварюється | Не зварюється |
| ПЕТФ | Не зварюється | Обмежено зварюється | Обмежено зварюється | Не зварюється |
| ПВХ | Зварюється | Обмежено зварюється | Обмежено зварюється | Зварюється |

Поліпропіленова пакувальна плівка (ПП) — це полімерний обгортковий матеріал, який застосовується для пакування та транспортування вантажів. Одним з найефективніших методів з’єднання ПП плівки це зварювання.

На сьогодні є тільки три способи зварювання ПП. Хорошим прикладом зварювання є поліфузійне. Кінцеві ділянки зварюваних деталей будь-якої товщини з’єднуються за допомогою спеціалізованих напівавтоматичних або автоматичних зварювальних установок, нагрівають певний час до потрібної температури й притискають один до одного з необхідним зусиллям.

Виконаний таким способом шов є достатньо міцним (80...90 % міцності базового матеріалу).

Поліестерову пакувальну плівку (ПЕТ) використовують для обв'язування середньої ваги й важких вантажів під час їхнього складування й транспортування. Зварювання ПЕТ має гарантувати достатню міцність утвореного шва. При ручному зварюванні здійснюється взаємне тертя між шарами стрічки, що відповідає процесу вібраційного зварювання. Віброзварювання не виконують за низьких температур (нижче, плюс 5 °С) через невисоку міцність шва. Для пакування в автоматичних машинах може використовуватися термозварювання, що виключає обмеження, які виникають саме через низьку температуру середовища, і дає можливість упакувати продукцію в неопалюваних цехах.

Плівки з поліетилену високого та низького тиску (ПЕВТ, ПЕНТ) характеризуються високою пластичністю, герметичністю до води й газів, а також хімічною стійкістю. Вони добре піддаються термозварюванню, забезпечуючи формування надійних і міцних з'єднувальних швів.

Поліетилентерефталатні плівки (ПЕТФ) є досить міцними й жорсткими, тому для покращення зварного шва ПЕТФ-плівку використовується у поєднанні з нанесеним на неї ПЕВТ. Крім зварювання, поєднання з поліетиленом високого тиску (ПЕВТ) надає матеріалу покращених бар'єрних властивостей щодо водяної пари та вологи. Плівки з поліетилентерефталату (ПЕТФ) демонструють вищу зносостійкість і міцність на розрив у порівнянні з поліолефіновими плівками.

Термоконтактне зварювання полімерних матеріалів виконується нагрітим інструментом (рис. 5.5). Зварювані поверхні, зокрема товстостінні полімерні деталі, переводяться у в'язкотекучий стан шляхом контактного нагрівання за допомогою металевого нагрівального елемента (пластини, наприклад ножі, переносні преси, електропраски, кліщі), від якого може передаватися тиск, необхідний для з'єднання.

Термоконтактне зварювання у стик (рис. 5.5, а) здійснюють саме із застосуванням нагрівальних плит 2 із вбудованими в них електричними спіралями. До зварювальних поверхонь 1 щільно притискається нагрівальна

плита 2, яка розм'якшує матеріал за рахунок теплового впливу. Після цього зварювані елементи стискаються між собою, а нагрівальний елемент відводиться. Під час зварювання внапусток (рис. 5.5, б) температура в зоні з'єднання повинна досягати рівня, за якого полімер переходить у в'язкотекучий стан. Але при цьому між поверхнями матеріалу може утворюватися надлишковий тиск, який може витиснути із зони розплав зварювання й відрізати зварюваний виріб уздовж шва. В табл. 5.4. наведено технологічні параметри термоконтактного зварювання з напуском за одностороннього нагрівання.

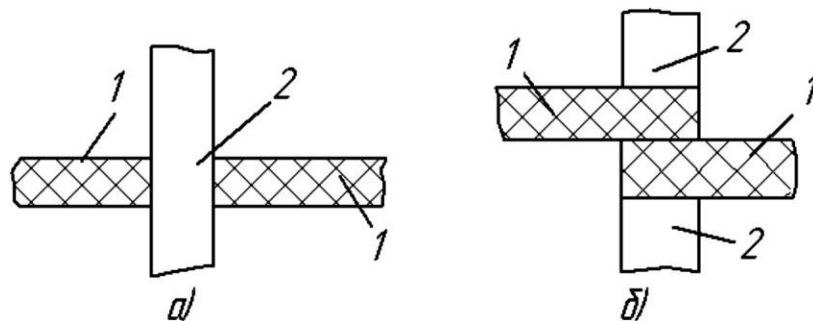


Рис. 5.5 Термоконтактне зварювання

Переваги методу полягають у високій надійності, низькій вартості, простоті контролю та налаштування, а також у широкій сумісності з більшістю типів полімерних плівок.

Термоімпульсне зварювання здійснюють непрямым нагріванням з обох чи одного боків, подаючи імпульсами теплоту від малоінерційного резистивного нагрівального інструменту через який пропускають електричний струм (рис. 5.6, табл. 5. 4). Охолодження з'єднання відбувається під навантаженням після завершення нагрівального циклу.

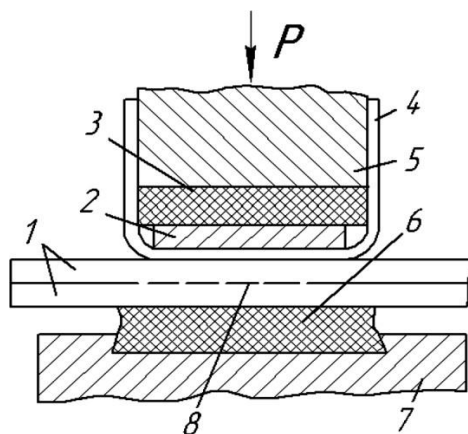


Рис. 5.6 Термоімпульсне зварювання: 1 – зварювані плівки; 2 –

нагрівальний інструмент; 3 – теплоелектроізоляційна прокладка; 4 – антиадгезійна прокладка; 5 – рухома частина зварювального пристрою; 6 – антиадгезійна підкладка; 7 – нерухома частина зварювального пристрою; 8 – зварний шов.

Таблиця 5.4

Режими термоконтактного зварювання внапусток нагріванням з одного боку

| Матеріал плівки | Товщина, мкм | Температура плити, °С | Тиск контакту, МПа | Тривалість контакту, с |
|-----------------|--------------|-----------------------|--------------------|------------------------|
| ПЕНТ | 25 | 240 | 0,2 | 0,55 |
| | 50 | | | 0,60 |
| | 100 | | | 0,67 |
| ПЕВТ | 25 | 210 | 0,2 | 0,53 |
| | 50 | | | 0,56 |
| | 100 | | | 0,60 |
| ПП | 25 | 240 | 3,2 | 0,60 |
| | 50 | | | 0,65 |
| | 100 | | | 0,75 |

Плівки завтовшки до 0,5 мм підлягають з'єднанню методом

Зварювання ультразвуком (УЗ) засноване на перетворенні в теплоту введеної в матеріал енергії коливань УЗ-частоти. Для зварювання пластмас, зокрема поліетилену, а також для термічної обробки термопластичних матеріалів застосовують ультразвукову технологію, для формування їх мікроструктури, регулювання залишкових внутрішніх напружень (мікро, макро- й субмікроскопічних), а також підвищення експлуатаційних та деформаційно-міцнісних характеристик.

Термопластичних виробів ультразвукове термооброблення сприяє повноті релаксаційних процесів, забезпечує релаксацію залишкових внутрішніх напруг під час розтягу на 70 %; також покращує механічні характеристики на 40 %; збільшує ресурс (довговічність) виробів у 5...8 разів; збільшується продуктивність термооброблення порівняно з традиційними технологіями в 10...20 разів .

Ультразвукову активацію можна трактувати як топохімічну реакцію — хімічну взаємодію, що відбувається на поверхні твердого полімерного матеріалу. Процес включає три основні стадії: формування фізичного контакту між поверхнями, термічну активацію контактної зони, а також розвиток глибинної (об'ємної) взаємодії. Зазначені стадії можуть частково накладатися одна на одну або відбуватися паралельно, супроводжуючись додатковими фізико-хімічними процесами.

Наприклад, на стадії утворення фізичного контакту відбувається як статичне, так і вібраційне ущільнення полімерного матеріалу. Під час термічної активації та безпосередньо перед нею відбувається накопичення і трансформація енергії механічних коливань у теплову, що супроводжується структурними змінами на надмолекулярному та молекулярному рівнях. Це включає повне або часткове руйнування кристалічної сферолітної структури полімеру з утворенням аморфної фази, а також різноманітні хімічні реакції. Тривала дія на розігрітий матеріал динамічних і статичних навантажень під час контактного УЗ-оброблення веде до деформаційних процесів, які виявляються у заглибленні робочого торця УЗ-хвилеводу в дотичний з ним виріб, також у витисненні чи розплавленого чи пластифікованого матеріалу полімеру із зони УЗ-активації. Одночасно, стадія розвитку об'ємної взаємодії включає процеси текучості та перемішування матеріалу в зоні активації, а на фінальному етапі відбувається взаємна дифузія і кристалізація розплавленого матеріалу.

Під час дослідження об'ємної взаємодії зварювання термопластів свідчать про експоненціальний характер залежної міцності з'єднань, одержаних

зварюванням, від тривалості й температури УЗ-зварювання. В інтервалі температур під час зварювання, що відповідаються Під час дослідження об'ємної взаємодії зварювання термопластів свідчать про експоненціальний характер залежної міцності з'єднань, одержаних зварюванням, від тривалості й температури УЗ-зварювання. В інтервалі температур під час зварювання, що відповідаються в'язкотекучому стані, підвищення температури й збільшення тривалості зварювання зменшує міцність шва через механічного впливу зварювальних інструментів на розплав.

Параметри ультразвукового зварювання, такі як тривалість, частота, амплітуда, інтенсивність та сила притиску або контактне навантаження ультразвукового концентратора до поверхні полімеру, взаємопов'язані між собою. Наприклад, амплітуда коливань залежить від тривалості зварювання, зусилля притискання, а також властивостей зварюваного матеріалу та форми поверхні, його товщини та інших чинників. Ефективні параметри УЗ-зварювання визначають експериментально.

Коли зварюють полімерні плівки ультразвуком, їх накладають одну на одну, щільно притискають та підводять з необхідним зусиллям зварювальний інструмент (наконечник), з'єднаний з УЗ-перетворювачем.

Тверді термопласти здатні проводити значну частину поданої енергії, зберігаючи при цьому свої пружні властивості, що дозволяє виконувати їх зварювання на відстані від точки впливу коливань. На малій відстані можна з'єднувати лише м'які полімери від зварювальної головки.

Перевагами УЗ-зварювання є можливість зварювати матеріали з вузьким інтервалом температури кристалізації, багатшарових плівок виробів із забрудненими поверхнями, одержання з'єднань у важкодоступних місцях, відсутність перегріву матеріалу Основні недоліки — низька продуктивність обладнання та значні витрати на його експлуатацію. Перетворення електричної енергії в теплову в самому матеріалу базується на зварювання струмом високої частоти (рис. 5.7).

Зварювальні плівки поміщають у змінне високочастотне електричне поле, що

створюється між двома пластинами конденсатора, підключеного до резонансного контуру генератора електричних коливань.

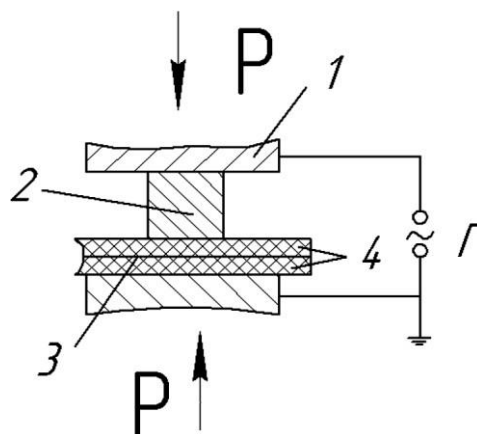


Рис. 5.7 Зварювання струмом високої частоти: 1 – високо потенціальна обкладка конденсатора; 2 – електрод; 3 – зварний шов; 4 – зварювана плівка; Г – генератор.

Оскільки полімери є неповними ізоляторами, при впливі високочастотного поля відбувається переміщення елементарних зарядів, а невелика кількість вільних зарядів створює провідний струм, який викликає нагрівання в зоні зварювання. Добре зварюються неполярні полімери: поліаміди, полівінілхлорид, вініпласт. Полярні полімери (полістирол, поліізобутен, ПЕ) струмом високої частоти не зварюють. Переваги цієї технології полягають у вузькому діапазоні температур для зварювання та мінімальному тепловому впливі на матеріал. Серед недоліків — висока ціна та складність обладнання для роботи з поліпропіленом. Термоімпульсне зварювання має перевагу над іншими методами тим, що дозволяє ефективно з'єднувати надтонкі плівки (товщиною менше 100 мкм), причому швидкість зварювання збільшується зі зменшенням товщини матеріалу. Для зварювання тонких плівок застосовують одностороннє нагрівання. З'єднання плівок товщиною 200 мкм вимагає двостороннього нагрівання.

Термоімпульсне зварювання плівок підвищують застосуванням спеціального пристосування для одночасного розкרוю двох і складених разом

листів та утворення зварних швів . Для цього на роздільну рокладку з фторопласту укладають складені листи, під якими розташована пластична підкладка, зафіксована на нижній підпружиненій губці. Потім натягаються плівки підпружиненим стаканом, всередину якого вставлена рухома губка.

На рухомій губці закріплений нагрівач, ізольований від неї розділовою керамічним шаром та плівкою. Плівки нагріваються при замиканні притискного механізму, а під впливом розтягуючих сил роз'єднуються у зоні розм'якшення, утворюючи одночасно два зварні шви шляхом оплавлення матеріалу в точці контакту. Термоімпульсне зварювання проводять головним чином внапуск. Підготовчі операції зводяться до очищення поверхонь, що з'єднуються, від подачі складених деталей під притискні губки і можливих забруднень.

У тих випадках, коли на зварювання плівка надходить відразу після її виготовлення, очищення не потрібно.

Коли губки зварювального пристрою замикаються, вони створюють тиск на виріб, що зварюється, який залишається стабільним протягом всього процесу нагрівання та охолодження. Між нагрівальною стрічкою і зовнішньою поверхнею матеріалу, що зварюється, тиск повинний забезпечити рівномірний контакт. Час зварювання можна знизити підвищенням тиску при збереженні температури нагрівання чи зменшити температуру в такий же час.

Підвищення тиску звужує тривалості зварювання і діапазон температур, при яких можна досягти необхідної якості з'єднання. Водночас надмірний тиск призводить до значного витончення звареної плівки, що знижує міцність шва. При цьому випадку з цим вибирають значення зусилля стискання мінімально можливої величини, яка забезпечує щільний контакт поверхонь, що зварюються, а для рівномірного розподілу шва по всій площі застосовують пластичні підкладки. При термоімпульсному зварюванні пластифікованого ПВХ оптимальна величина питомого тиску складає 0,1 МПа, при зварюванні плівок із поліпропілену поліетилену, твердого полівінілхлорида та поліамідів 0,2 – 0,3 МПа.

6. Основні конструктивні технічні розрахунки.

6.1. Визначення продуктивності, часу на виконання основних технічних операцій. Побудова циклограми.

Визначаємо розрахункову продуктивність машини.

$$Q_p = Q_z \cdot \frac{k_H}{k_\Gamma} = 40 \cdot \frac{1,25}{0,9} = 55 \text{уп/хв}$$

Q_z – задана продуктивність;

k_H - коефіцієнт нерівномірності завантаження, приймаємо $k_H=1,25$;

k_Γ - коефіцієнт використання конвеєра в часі, приймаємо $k_\Gamma=0,9$.

1. Знаходимо час циклу.

Складаємо пропорцію: 55уп. – 60сек

$$1 \text{уп.} - T_{\text{ц}}$$

З пропорції маємо: $T_{\text{ц}} = \frac{60}{55} = 1,09 \text{сек}$

| Робочий орган | Положення робочого органу | Час, сек | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------------------------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|---|
| | | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 107 | |
| Стрічковий транспортер | робочий хід | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ |
| | холостий хід | | | | | | | | | | | | |
| Механізм подачі плівки | робочий хід | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ |
| | холостий хід | | | | | | | | | | | | |
| Механізм зварювання | робочий хід | ▣ | ▣ | | | | | | | | | | |
| | холостий хід | | | | | | ▨ | ▨ | | | | | |
| | вистій | | | ▧ | ▧ | ▧ | ▧ | | | ▧ | ▧ | ▧ | ▧ |
| Механізм протягування | робочий хід | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ | ▣ |
| | холостий хід | | | | | | | | | | | | |

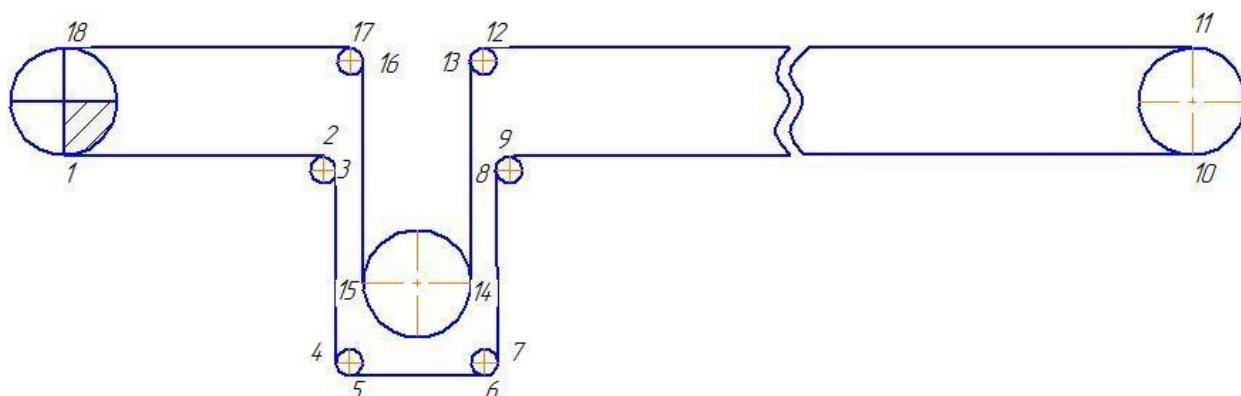
▣ – робочий хід

▧ – холостий хід

▨ – вистій

| | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|---|------------|------------------|------|-------|--|
| Відповідальна організація НУХТ | Технічне узгодження Васильківський | Вид документа Пояснювальна записка | | Статус документа | | | |
| Власник документа Кафедра МІТ ПМ-4-1 | Розробник документа Якимчук Т.С. | Назва, додаткова назва Монтаж, експлуатація, обслуговування та ремонт машини | 627.ДП. ПЗ | | | | |
| | Документ затверджено | | Інд. змін. | Дата видання | Мова | Аркуш | |
| | | | | | U | 31 | |

6.2. Розрахунок стрічкового транспортера



Дано: розміри упаковки – 350x220x60, продуктивність – $q = 30$ уп/хв.,
вага вантажу – $G_B = 5$ кг

Тяговий розрахунок

1. Визначаємо ширину стрічки:

$$B = b_1 + 2b_2$$

$$B = 220 + 2 \times 15 = 250 \text{ (мм)}$$

За Гост 20-62 ширину стрічки приймаємо: $b = 250$ мм

2. Швидкість стрічки за гост 1084 – 63 приймаємо: $v = 0,8$ м/сек

3. Розрахункова продуктивність конвейєра з урахуванням нерівномірності завантаження продукції $K_H = 1,25$:

$$Z_p = z \times k_H = 30 \times 1,25 = 38 \text{ уп/хв} = 2280 \text{ уп/год}$$

Розрахункова продуктивність у вагових одиницях:

$$Q_p = Z_p \times G_b = 30 \times 5 = 150 \text{ уп/хв} = 9000 \text{ кг/год}$$

4. Знаходимо відстань між вантажами:

$$a = \frac{3600gbv}{qb} = \frac{3600 \times 5 \times 0,8}{12000} = 1,2 \text{ м}$$

Силу тяжіння вантажу на 1 пог. м стрічки визначаємо за формулою:

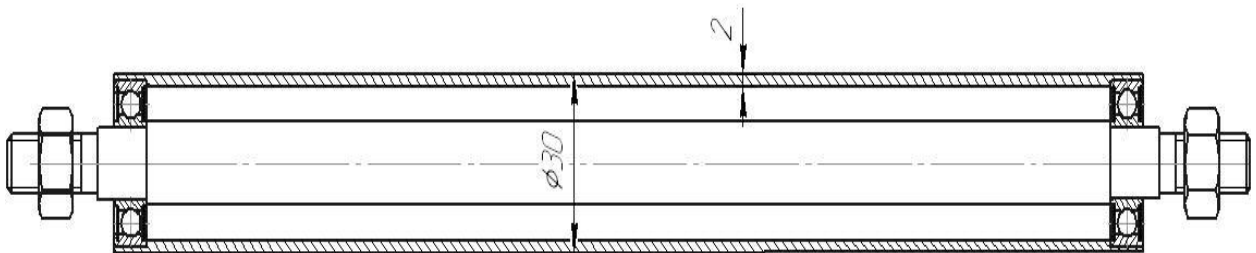
$$q_b = \frac{G_b}{a} = \frac{5}{1,2} = 4,2 \text{ кг/м}$$

Вибираємо стрічку типу 3 (кн. О.А.Кукібний, табл.16) з бельтинговими прокладками б – 820 з границею міцності однієї прокладки $k_p = 550 \text{ h/см}$ (табл.18) і приймаємо попередньо кількість прокладок $i = 2$. З табл.20 для $t_{об} = \frac{2L}{v} = \frac{2,4}{0,3} = 267 \text{ сек}$ і поштучних вантажів беремо товщину верхньої обкладки $\delta_1 = 2 \text{ мм}$ і нижньої $\delta_2 = 1,5 \text{ мм}$. З табл.18 товщина однієї прокладки без гумового шару $\delta = 1,25 \text{ мм}$. Тоді погонна сила тяжіння стрічки визначається як:

$$q_c = 1,1B(\delta_i + \delta_1 + \delta_2) = 1,1 \times 0,25 \times (1,25 \times 3 + 2 + 1,5) = 2 \text{ кг/м}$$

Обертові деталі верхньої і нижньої опор однакові – прямі, силу тяжіння їх визначаємо з рівняння:

$$G_p = G_{p2} = 10B + 3 = 10 \times 0,25 + 3 = 5,5 \text{ кг}$$



Беремо відстань між роликівими опорами на завантаженій ділянці $t_p = 1,1 \text{ м}$, на зворотній ділянці стрічки $t_{p2} \approx 2 \times 1,1 = 2,2 \text{ м}$.

Погонні навантаження обертових деталей роликівих опор визначаємо для ділянок:

$$\text{вантажної: } q_p = \frac{G_B}{t_p} = \frac{5,5}{1} = 5,5 \text{ кг/м}$$

$$\text{зворотної: } q_{p2} = \frac{G_B}{t_{p2}} = \frac{5,5}{2} = 2,75 \text{ кг/м}$$

Погонні навантаження обертових деталей роликівих опор визначаємо для ділянок:

$$\text{вантажної: } q_p = \frac{G_B}{t_p} = \frac{5,5}{1} = 5,5 \text{ кг/м}$$

$$\text{зворотної: } q_{p2} = \frac{G_B}{t_{p2}} = \frac{5,5}{2} = 2,75 \text{ кг/м}$$

6. Визначення опору руху і натягу стрічки. Поділимо трасу конвейєра на окремі ділянки, починаючи з точки збігання стрічки з приводного барабана від точки 1 до точки 18. Обчислимо опір по ділянках. З табл.30 для середніх умов роботи конвейєра беремо коефіцієнт опору на прямолінійних ділянках з прямими роликівими опорами $\omega = 0,022$. Коефіцієнт, який враховує зусилля на поверхні барабана приймаємо, $K_6 = 1,05$.

Натяг стрічки в точці 1 збігання стрічки з приводного барабана беремо $S_1 = S_{36}$.

$$S_2 = S_1 + (q_{\text{стр}} + q_{p2}) \cdot g \cdot L \cdot \omega = S_{36} + (2 + 2,75) \cdot 9,8 \cdot 0,855 \cdot 0,022 = S_{36} + 0,9 \text{ (Н)}$$

$$S_3 = S_2 \cdot k_6 = 1,05(S_{36} + 0,9) = 1,05S_{36} + 0,95 \text{ (Н)}$$

$$S_4 = S_3 - q_{\text{стр}} \cdot L \cdot g = 1,05S_{36} + 0,95 - 2 \cdot 0,178 \cdot 9,8 = 1,05S_{36} + 2,5 \text{ (Н)}$$

$$S_5 = S_4 \cdot k_6 = 1,05 \cdot (1,05S_{36} + 2,5) = 1,1025S_{36} + 2,6 \text{ (Н)}$$

$$S_6 = S_5 + (q_{\text{стр}} + q_{p2}) \cdot g \cdot L \cdot \omega = 1,1025S_{36} + 2,6 + (2 + 2,75) \cdot 9,8 \cdot 0,16 \cdot 0,022 = 1,1025S_{36} + 2,76 \text{ (Н)}$$

$$S_7 = S_6 \cdot k_6 = 1,05(1,1025S_{36} + 2,76) = 1,1576S_{36} + 2,9 \text{ (Н)}$$

$$S_8 = S_7 + q_{\text{стр}} \cdot L \cdot g = 1,1576S_{36} + 2,9 + 2 \cdot 9,8 \cdot 0,178 = 1,1576S_{36} + 6,4 \text{ (Н)}$$

$$S_9 = S_8 \cdot k_6 = 1,05 \cdot (1,1576S_{36} + 6,4) = 1,22S_{36} + 6,72 \text{ (Н)}$$

$$S_{10} = S_9 + (q_{\text{стр}} + q_{p2}) \cdot g \cdot L \cdot \omega = (1,22S_{36} + 6,72) + (2 + 2,75) \cdot 2,435 \cdot 9,8 \cdot 0,022 = 1,22S_{36} + 9,2 \text{ (Н)}$$

$$S_{11} = S_{10} \cdot k_6 = 1,05 \cdot (1,22S_{36} + 9,2) = 1,281S_{36} + 9,66 \text{ (Н)}$$

$$S_{12} = S_{11} + (q_B + q_{\text{стр}} + q_p) \cdot g \cdot L \cdot \omega = 1,281S_{36} + 9,66 + (4,2 + 2 + 5,5) \cdot 9,8 \cdot 2,465 \cdot 0,022 = 1,281S_{36} + 15,9 \text{ (Н)}$$

$$S_{13} = S_{12} \cdot k_6 = 1,05 \cdot (1,281S_{36} + 15,9) = 1,34S_{36} + 16,7 \text{ (Н)}$$

$$S_{14} = S_{13} - q_{\text{стр}} \cdot L \cdot g = 1,34S_{36} + 16,7 - 2 \cdot 0,215 \cdot 9,8 = 1,34S_{36} + 12,5 \text{ (Н)}$$

$$S_{15} = S_{14} \cdot k_6 = 1,05 \cdot (1,34S_{36} + 12,5) = 1,407S_{36} + 13 \text{ (Н)}$$

$$S_{16} = S_{15} + q_{\text{стр}} \cdot L \cdot g = 1,407S_{36} + 13 + 2 \cdot 0,215 \cdot 9,8 = 1,407S_{36} + 17,2 \text{ (Н)}$$

$$S_{17} = S_{16} \cdot k_6 = 1,05 \cdot (1,407S_{36} + 17,2) = 1,48S_{36} + 18 \text{ (Н)}$$

$$S_{18} = S_{н6} = S_{17} + (q_B + q_{стр} + q_p) \cdot g \cdot L \cdot \omega = 1,48S_{36} + 18 + (4,2 + 2 + 5,5) \cdot 9,8 \cdot 0,885 \cdot 0,022 = 1,48S_{36} + 20 \text{ (Н)}$$

Беремо однобарабанний привод з чавунним барабаном і кутом $\alpha = 3,66$ рад (210°) обхвату барабана стрічкою; для даного середовища беремо з табл.11 значення коефіцієнта тертя $\mu=0,2$ і $e^{\mu\alpha}=2,08$:

$$S_{н6} = e^{\mu\alpha} \cdot S_{36} = 2,08 \cdot S_{36}$$

$$2,08 \cdot S_{36} = 1,48S_{36} + 20 \rightarrow S_{36} = 33 \text{ Н}$$

$$S_{н6} = 2,08 \cdot 33 = 69 \text{ Н}$$

У момент розгону конвейєра натяг стрічки:

$$S_1 = S_{36} = 33 \text{ Н}$$

$$S_2 = S_{36} + 0,9 = 33,9 \text{ Н}$$

$$S_3 = 1,05S_{36} + 0,95 = 35,6 \text{ Н}$$

$$S_4 = 1,05S_{36} + 2,5 = 37,15 \text{ Н}$$

$$S_5 = 1,1025S_{36} + 2,6 = 39 \text{ Н}$$

$$S_6 = 1,1025S_{36} + 2,76 = 39,14 \text{ Н}$$

$$S_7 = 1,1576S_{36} + 2,9 = 41 \text{ Н}$$

$$S_8 = 1,1576S_{36} + 6,4 = 44,6 \text{ Н}$$

$$S_9 = 1,22S_{36} + 6,72 = 46,9 \text{ Н}$$

$$S_{10} = 1,22S_{36} + 9,2 = 49,5 \text{ Н}$$

$$S_{11} = 1,281S_{36} + 9,66 = 52 \text{ Н}$$

$$S_{12} = 1,281S_{36} + 15,9 = 58 \text{ Н}$$

$$S_{13} = 1,34S_{36} + 16,7 = 60,9 \text{ Н}$$

$$S_{14} = 1,34S_{36} + 12,5 = 56,7 \text{ Н}$$

$$S_{15} = 1,407S_{36} + 13 = 59,4 \text{ Н}$$

$$S_{16} = 1,407S_{36} + 17,2 = 63,6 \text{ Н}$$

$$S_{17} = 1,48S_{36} + 18 = 66,8 \text{ Н}$$

$$S_{18} = S_{\text{нб}} = 1,48S_{36} + 20 = 69 \text{ Н}$$

7. Визначення колового і тягового зусиль. На поверхні приводного барабана колове зусилля визначається за формулою:

➤ при розгоні конвейєра: $W_0 = S_{\text{нб}} - S_{36} = 69 - 33 = 36 \text{ Н}$

➤ при усталеному русі: $W_{0y} = \frac{W_0}{k_i} = \frac{36}{1,3} = 27,7 \text{ Н}$

Тягове зусилля визначаємо за формулою:

➤ при розгоні конвейєра: $W_T = S_{\text{нб}} - S_{36} + K^*(S_{\text{нб}} + S_{36}) = 69 - 33 + 0,04 \cdot (69 + 33) = 40 \text{ Н}$

➤ при усталеному русі: $W_{Ty} = \frac{W_T}{k_i} = \frac{40}{1,3} = 30 \text{ Н}$

Потужність на приводному валу конвейєра при усталеному русі:

$$N_0 = \frac{W_{Ty} \cdot V}{1000} = \frac{30 \cdot 0,8}{1000} = 0,18 \text{ кВт}$$

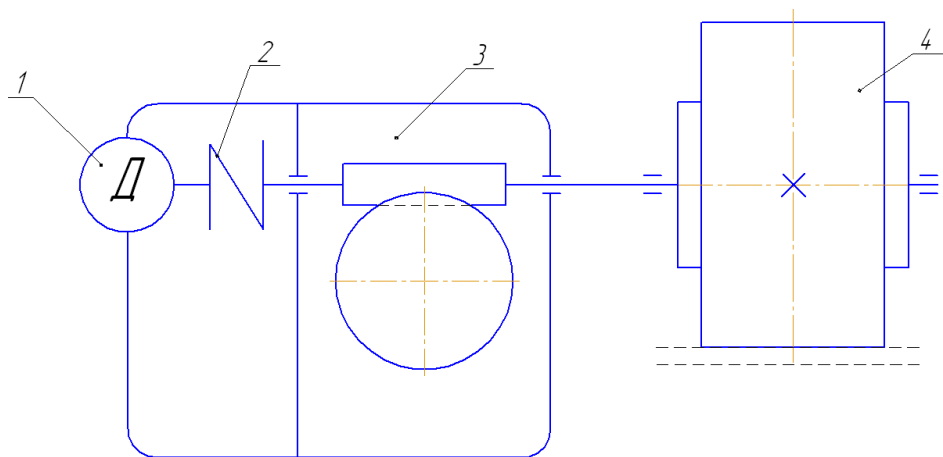
К.к.д двоступінчастого зубчастого редуктора приймаємо $\eta = 0,93$ (табл.3). Враховуючи к.к.д муфти $\eta_m = 0,98$, дістанемо загальний к.к.д. привода $\eta = \eta_p \cdot \eta_m = 0,93 \cdot 0,98 = 0,91$.

Установчу потужність електродвигуна привода конвейєра визначаємо за формулою:

$$N = \frac{N_0}{\eta} = \frac{0,18}{0,91} = 0,2 \text{ кВт.}$$

Вибираємо за каталогом електродвигун типу 4А 80В8У3 потужністю $N=0,5$ кВт при $n = 1000$ об/хв.

6.3. Кінематичний і силовий розрахунок параметрів привода стрічкового транспортера



- 1 – двигун
- 2 – муфта
- 3 – редуктор
- 4 – приводний барабан

I-вал

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

де T_1 - крутний момент першого вала

N_1 – потужність на виході першого вала $N_1 = 0,5$ кВт

n_1 – кількість обертів на першому валу $n_1 = 1000$ об/хв

$$T_1 = 9550 \frac{0,5}{1000} = 5 \text{ Нм}$$

Визначаємо кутову швидкість 1 вала

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

n_1 – кількість обертів I вала

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 105 \text{ с}^{-1}$$

II-вал

Визначаємо потужність на 2-му валу

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_m, \text{ де}$$

N_1 – потужність на першому валу $N_1 = 0,55$ кВт

η_m - ККД муфти, $\eta_m = 0,99$

$$N_2 = 0,5 \cdot 0,99 = 0,49$$

Визначаємо крутний момент на другому валу

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

N_2 – потужність на другому валу $N_2 = 0,49$ кВт

n_2 – кількість обертів другого валу $n_2 = 1000$ об/хв

Визначаємо кутову швидкість 2-го вала

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

Де n_2 – кількість обертів II вала $n_2 = 750$ об/хв

III - вал

Визначаємо потужність на 3-му валу

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_{\text{під.}} \cdot \eta_{\text{з.ч.п.}},$$

Де N_2 – потужність на другому валу $N_2 = 0,49$ кВт

$\eta_{\text{з.ч.п.}}$ – ККД закритої передачі $\eta_{\text{з.ч.п.}} = 0,85$

$\eta_{\text{під.}}$ – ККД пари підшипників $\eta_{\text{під.}} = 0,99$

$$N_3 = 0,49 \cdot 0,85 \cdot 0,99 = 0,41 \text{ кВт}$$

Знаходимо кількість обертів III вала

$$n_3 = \frac{n_2}{U_{\text{з.ч.п.}}}, \text{ де}$$

n_2 – кількість обертів на другому валу $n_2 = 1000$ об/хв

$U_{\text{з.ч.п.}}$ – передаточне число закритої передачі $U_{\text{з.ч.п.}} = 8$

$$n_3 = \frac{1000}{8} = 125 \text{ об/хв}$$

Визначаємо крутний момент на третьому валу

$$T_3 = 9550 \frac{N_3}{n_3},$$

Де N_3 – потужність на третьому валу $N_3 = 0,41$ кВт

n_3 – кількість обертів на третьому валу $n_3 = 125$ об/хв

$$T_3 = 9550 \frac{0,41}{125} = 31,3 \text{ Нм}$$

Визначаємо кутову швидкість 3-го вала

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

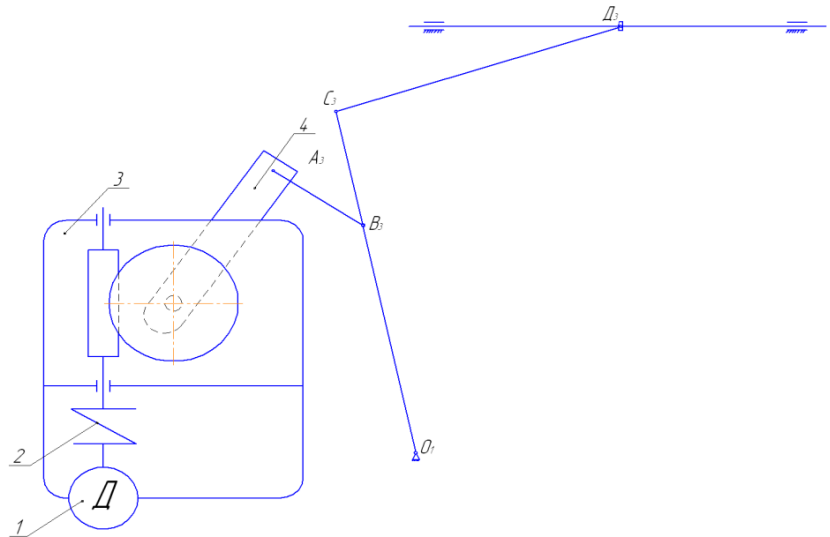
n_3 – кількість обертів 3-го вала $n_3 = 125$ об/хв

$$\omega_3 = \frac{3,14 \cdot 125}{30} = 13,1 \text{ с}^{-1}$$

Складаємо таблицю значень розрахункових параметрів усіх валів приводу.

| № вала | N,кВт | T,Нм | n, об/хв | ω , с ⁻¹ |
|--------|-------|------|----------|----------------------------|
| I | 0,5 | 5 | 1000 | 105 |
| II | 0,49 | 4,6 | 1000 | 105 |
| III | 0,41 | 31,3 | 125 | 13,1 |

6.4. Кінематичний і силовий розрахунок приводу зварювання



Кінематична схема механізму

- 1 – двигун
- 2 – муфта
- 3 – редуктор
- 4 – вихідний вал

5 Знаходимо кутову швидкість точки А.

1 об. – 1,09сек

n об. – 60сек

З пропорції знаходимо кількість обертів першої ланки:

$$n = \frac{60}{1,09} = 55 \text{ об/хв}$$

$$\omega_1 = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 55}{30} = 5,75 \text{ с}^{-1}$$

6 Будуємо план швидкостей.

Визначаємо швидкість точки А.

$$V_A = \omega_1 \cdot l_{OA} = 5,75 \cdot 0,13 = 0,8 \text{ м/с}$$

Цю швидкість відображаємо на плані швидкостей в масштабі μ_V відрізком ра.

Довжину цього відрізка зручно вибирати в межах 40-70 мм. Приймаємо ра = 60мм. Тоді масштаб плану швидкостей становить:

$$\mu_V = \frac{V_A}{ra} = \frac{0,8}{60} = 0,013 \text{ м/с} \cdot \text{мм}$$

Розглядаючи рух точки В по відношенню до точки А, а потім по відношенню до точки O_1 , запишемо відповідно два векторні рівняння:

$$V_B = V_A + V_{BA}$$

$$V_B = V_{O_1} + V_{BO_1}$$

Розглядаючи рух точки Д по відношенню до точки С, а потім по відношенню до напрямної х-х, запишемо відповідно два векторні рівняння:

$$V_D = V_C + V_{CD}$$

$$V_D = V_{D_0} + V_{DD_0}$$

1. Знаходимо кутову швидкість на вихідному валу.

$$\omega_3 = \frac{V_d}{dc} = \frac{1,4}{0,23} = 6,1 \text{ c}^{-1}$$

2. Знаходимо кількість обертів на вихідному валу.

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

$$n_3 = \frac{30 \cdot \omega_3}{\pi} = \frac{30 \cdot 6,1}{3,14} = 58 \text{ об/хв}$$

3. Знаходимо силу корисного опору.

$$F_{KO} = S_{min} - S_{max} = 27,93 - 14,12 = 13,81 \text{ H}$$

4. Знаходимо рушійну силу.

$$F_{KO} + G - F_p = 0$$

$$F_p = F_{KO} + G = 13,81 + 150 \cdot 9,8 = 1483,81 \text{ H}$$

5. Знаходимо крутний момент на вихідному валу.

$$T_3 = F_p \cdot l_{OA} = 1483,81 \cdot 0,13 = 193 \text{ Нм}$$

Визначивши кількість обертів та крутний момент на вихідному валу підбираємо відповідний черв'ячний мотор-редуктор з такими параметрами:

$$N = 1,5 \text{ кВт}, T = 195 \text{ Нм}, i = 25, \eta = 0,83, n = 60 \text{ об/хв.}$$

6. Розрахунок параметрів валів привода.

I-вал

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

Де T_1 - крутний момент першого вала

N_1 – потужність на виході першого вала $N_1 = 1,5 \text{ кВт}$

n_1 – кількість обертів на першому валу $n_1 = 1500$ об/хв

$$T_1 = 9550 \frac{1,5}{1500} = 9,55 \text{ Нм}$$

Визначаємо кутову швидкість 1 вала

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

n_1 – кількість обертів I вала

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ с}^{-1}$$

II-вал

Визначаємо потужність на 2-му валу

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_m, \text{ де}$$

N_1 – потужність на першому валу $N_1 = 1,5$ кВт

η_m - ККД муфти, $\eta_m = 0,99$

$$N_2 = 1,5 \cdot 0,99 = 1,485 \text{ кВт}$$

Визначаємо крутний момент на другому валу

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

$$n_2 = n_1$$

N_2 – потужність на другому валу $N_2 = 1,485$ кВт

n_2 – кількість обертів другого валу $n_2 = 1500$ об/хв

$$T_2 = 9550 \frac{1,485}{1500} = 9,45$$

Визначаємо кутову швидкість 2-го вала

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

n_2 – кількість обертів II вала $n_2 = 1500$ об/хв

$$\omega_2 = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ с}^{-1}$$

III - вал

Визначаємо потужність на 3-му валу

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_{\text{під.}} \cdot \eta_{\text{з.ч.п.}}, \text{де}$$

N_2 – потужність на другому валу $N_2 = 1,485$ кВт

$\eta_{\text{з.ч.п.}}$ – ККД закритої передачі $\eta_{\text{з.ч.п.}} = 0,83$

$\eta_{\text{під.}}$ – ККД пари підшипників $\eta_{\text{під.}} = 0,99$

$$N_3 = 1,485 \cdot 0,83 \cdot 0,99 = 1,22 \text{ кВт}$$

Знаходимо кількість обертів III вала

$$n_3 = \frac{n_2}{U_{\text{з.ч.п.}}},$$

Де n_2 – кількість обертів на другому валу $n_2 = 1500$ об/хв

$U_{\text{з.ч.п.}}$ – передаточне число закритої передачі $U_{\text{з.ч.п.}} = 25$

$$n_3 = \frac{1500}{25} = 60 \text{ об/хв}$$

крутний момент на третьому валу

$$T_3 = 9550 \frac{N_3}{n_3}, \text{де}$$

N_3 – потужність на третьому валу $N_3 = 1,22$ кВт

n_3 – кількість обертів на третьому валу $n_3 = 60$ об/хв

$$\omega_3 = \frac{3,14 \cdot 60}{30} = 6,28 \text{ Нм}$$

Визначаємо кутову швидкість 3-го вала

$$\omega_3 = \frac{\pi \cdot n_3}{30}, \text{де}$$

n_3 – кількість обертів 3-го вала $n_3 = 60$ об/хв

$$\omega_3 = \frac{3,14 \cdot 60}{30} = 6,28 \text{ с}^{-1}$$

Складаємо таблицю значень розрахункових параметрів усіх валів приводу.

| № вала | N, кВт | T, Нм | n, об/хв | ω, с⁻¹ |
|---------------|---------------|--------------|-----------------|--|
| I | 1,5 | 9,55 | 1500 | 157 |
| II | 1,485 | 9,45 | 1500 | 157 |
| III | 1,22 | 194 | 60 | 6,28 |

6.5. Тепловий розрахунок поперечного зварювання.

Зварювання здійснюється за рахунок нагрівання поліетиленової плівки до температури зварювання $t = 200 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$Q_1 \cdot K_3 = Q_2,$$

Q_1 – кількість теплоти, яка виділяється з електронагрівача.

Q_2 – кількість теплоти, яка потрібна для зварювання ПЕ плівки.

Визначимо кількість теплоти, яка потрібна для зварювання ПЕ плівки:

$$Q_2 = m_{\text{шва}} \cdot c \cdot (t_2 - t_1),$$

Знайдемо масу шва в зоні контакту плівки зі зварювальною губкою:

$$m_{\text{шва}} = V_{\text{шва}} \cdot \rho,$$

де $V_{\text{шва}}$ – об'єм шва в зоні контакту плівки з зварювальною губкою:

$$V_{\text{шва}} = 2\delta \cdot h_{\text{шва}} \cdot b_{\text{шва}} = 2 \cdot 0,085 \cdot 10^{-3} \cdot 0,005 \cdot 0,2 = 17 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3,$$

де δ – товщина плівки,

$h_{\text{шва}}$ – висота шва,

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

$$m_{\text{шва}} = 17 \cdot 10^{-9} \cdot 0,92 \cdot 10^{-3} = 0,02 \cdot 10^{-9} \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 0,02 \cdot 10^{-9} \cdot 0,8 \cdot (200 - 20) = 2,88 \cdot 10^{-3} \text{ Дж.}$$

Визначимо кількість теплоти, яка виділяється з електронагрівача:

$$Q_1 = Q_2 / K_3 = 2,88 \cdot 10^{-3} / 0,8 = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ Дж.}$$

Визначимо опір електронагрівача за допомогою формули Джоуля-Ленца:

$$Q_1 = I^2 \cdot R \cdot t \rightarrow R = Q_1 / I^2 \cdot t = 3,6 \cdot 10^{-3} / 0,5^2 \cdot 1 = 0,0144 \text{ Ом}$$

Для нагрівання ротора візьмемо ніхромову пластинку: Марки 15,6/8,5(0,8)Т24(2,0) ТКФ «Електронагрівач»

7. Система управління

Блок керування горизонтального пакувального автомата **Servo 500 Linux Zani** є центральною частиною системи автоматизації, що забезпечує точну координацію усіх функціональних вузлів машини, контроль за параметрами технологічного процесу та безпечну експлуатацію. Його конструкція дозволяє налаштувати параметри роботи відповідно до розмірів продукції, типу пакувального матеріалу та режиму зварювання.

Структура блоку керування

Блок керування розміщений у герметизованому електричному шафовому корпусі (позиція 6 на рис. 4.1), який, як правило, встановлений на зручній для оператора висоті з лівого або правого боку машини. Конструктивно до складу блоку входять:

1. **Основний контролер (ПЛК – програмований логічний контролер)** – виконує управління всіма вузлами машини на основі заданих алгоритмів. Обробляє сигнали від датчиків, керує електродвигунами, пневмоприводами, зварювальними елементами.

2. **Панель оператора (НМІ)** – кольоровий сенсорний дисплей, що дозволяє:

- задавати параметри пакування (довжина пакета, температура зварювання, час нагріву);
- обирати режим роботи (ручний/автоматичний);
- відображати поточний стан вузлів та повідомлення про помилки;
- виводити статистику роботи машини (кількість упакованих одиниць, тривалість циклів, коди помилок).

3. **Сенсорна система та фотоелементи** – забезпечують точне позиціонування продукту в пакеті, визначення моменту зварювання та контролюють подачу плівки. Фотоелементи також відповідають за спрацьовування вузла поперечного зварювання.

4. **Перетворювач частоти (інвертор)** – підключений до електродвигуна приводу конвеєра та модуля поперечного зварювання, забезпечує регулювання

5. швидкості обертання для синхронізації руху плівки та продукції.
6. **Блок живлення та захисту** – забезпечує живлення всіх елементів керування, має запобіжники, аварійні вимикачі та блоки перенапруги.
7. **Пуско-захисна апаратура** – пускачі, реле, контактори та клемні блоки для комутації електроприводів, нагрівальних елементів та пневматичних клапанів.

Принцип роботи блоку керування: після підключення живлення оператор через НМІ задає параметри упаковки: розміри пакета, температуру та час зварювання, інтервал між батонами, швидкість транспортування. За ці дані відповідає програма, закладена в контролер.

Контролер опитує датчики положення, визначає наявність продукту, фіксує положення плівки. На основі сигналів запускається двигун стрічкового транспортера, синхронізується подача плівки та робота зварювальних модулів. Інформація в режимі реального часу надходить на панель оператора, що дозволяє своєчасно виявити та усунути несправності.

Контролер із функцією зворотного зв'язку виконує динамічне коригування параметрів у процесі роботи. Наприклад:

- адаптує швидкість зварювального механізму відповідно до зміни довжини батона;
- регулює температуру нагріву з урахуванням коливань напруги;
- визначає зміну товщини плівки та підлаштовує зусилля зварювання;
- дає змогу без зупинки автомата внести коригування в налаштування (режим «на льоту»).

У підсумку, блок керування горизонтального пакувального автомата Servo 500 Linox Zani — це інтелектуальна система, що об'єднує електроніку, автоматику та програмовану логіку з метою забезпечення стабільної та якісної упаковки хлібобулочних виробів у полімерні пакети із високою точністю, зручністю для оператора та можливістю швидкого переналагодження без тривалого простою виробничої лінії.

8. Розробка технологічного процесу та розрахунок технологічних операцій виготовлення деталі типу корпус підшипника

За сучасних умов ринкової економіки провідну роль у прискоренні науково-технічного прогресу зіграє машинобудування.

Розвиток технології механічної обробки, збірки та її спрямованість обумовлюється існуючим перед машинобудівним комплексом переліком завдань:

- створення нових методів обробки;
- впровадження автоматизації та механізації;
- забезпечення високої продуктивності та відповідної якості;
- зниження собівартості виготовленої продукції.

Вимога сучасності - випуск конкурентоспроможних товарів, які будуть користуватись попитом на внутрішньому та зовнішньому ринках. У зв'язку з цим, ключовими напрямками розвитку сучасних технологій є: перехід від переривчастих, дискретних процесів до автоматизованих безперервних систем, що дозволяє розширити масштаби виробництва та покращити якість продукції; впровадження безвідходних технологій для максимально ефективного використання сировини, енергії, матеріалів і палива, а також підвищення продуктивності праці; створення гнучких виробничих систем та широке застосування робототехніки у технологічних комплексах машинобудування та приладобудування.

Аналіз технологічності деталі

Деталь корпус підшипника призначений для установки підшипника. У технологічній частині провожу аналіз деталі на технологічність. Вона вважається технологічною з огляду на показники жорсткості, точності та якості обробки, або навпаки — не технологічною за показниками ефективності використання

| | | | | | | |
|---|---|---|-------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Васильківський | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | |
| <i>Власник документа</i> Кафедра МІТ ПМ-4-1 | <i>Розробник документа</i> Якимчук Т.С. | <i>Назва, додаткова назва</i> Розробка технологічного процесу та розрахунок технічних операцій виготовлення деталі типу | 527.ДП. ПЗ | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Мова</i> U | <i>Аркуш</i> 48 |

матеріалу та точності. Наступним кроком є визначення типу виробництва. Для правильного вибору технологічних баз використовував наступне положення:

1) Для забезпечення максимально точної орієнтації кутових положень поверхонь деталей відносно одна одної та стабільності заготовок, слід застосовувати технологічні бази з найбільшими за площею поверхнями.

2) в якості технологічних баз треба вибирати ті поверхні або осі деталі, відносно яких необхідно забезпечити задане положення поверхні на даній операції або переході;

3) За можливості слід дотримуватися принципу сталості баз і на всіх основних етапах обробки застосовувати одні й ті ж поверхні як установчі бази.

4) варто добиватися обробки можливо більшої кількості поверхонь від одного встановлення заготовки;

5) слід штучно збільшити розміри технологічних баз, або створити спеціальні технологічні бази у разі необхідності;

6) на перших операціях повинні створюватися постійні бази задля наступної обробки;

7) Для виконання початкових операцій можуть застосовуватися необроблені поверхні або ті, що будуть оброблятися далі. Поверхні, які використовуються як чорнові бази, за можливості повинні бути гладкими.

Вал виготовляється з вуглецевої сталі 45 ГОСТ 1050-74. Вихідна твердість сталі HRC 22. Деталь піддається загартуванню з подальшим відпуском.

Хімічний склад та механічні властивості сталі 45 наведені в таблиці 1 і 2.

Таблиця 8.1

Механічні властивості сталі 45

| <u>Термическая обработка</u> | <u>Размер сечения</u> | <u>σ_B, кг/мм²</u> | <u>σ_S, Н/мм²</u> | <u>δ, %</u> | <u>ψ, %</u> | <u>a_p, кгм/см²</u> | <u>σ_B, Н/мм²</u> | <u>твердость</u> |
|---|-----------------------|---|--|-------------------------------|-----------------------------|---|--|------------------|
| <u>Закалка в воде</u> | До 100 | ≥65 | ≥35 | ≥17 | ≥38 | ≥4,5 | — | HB |
| <u>820-8400 отпуск</u> <u>560-6000</u> | | | | | | | | 192-240 |

| <i>Номер операції, переходу</i> | <i>Назва операції, переходу</i> | <i>Технологічне обладнання, пристрої, інструмент оброблювальний, контрольний</i> | | |
|---------------------------------|---------------------------------|--|------|-------|
| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | | |
| 10 | Заготівельна | Установити, закріпити, зняти | | |
| 10.1 | Відлити заготовку | За тех. документацією | | |
| 20 | Фрезерна УЗЗ | Фрезерний верстат 6М81Г Пристрій. Установити, закріпити, зняти | | |
| 20 | Фрезерувати | Фреза дискова, ШЦІ | | |
| | Фрезерна УЗЗ | Фрезерний верстат 6М81Г Пристрій. Установити, закріпити, зняти | | |
| 20,2 | Фрезерувати пов 2 | Фреза дискова, ШЦІ | | |
| 20.2 | Фрезувати по 1 | Фреза дискова, ШЦІ на 3 мм опустити фрезу, до краю залишити 5 мм. | | |
| | Фрезерна УЗЗ | Фрезерний верстат 6М81Г Пристрій. Установити, закріпити, зняти | | |
| 20,3 | Фрезерувати пов 2 | | | |
| 20,3 | Фрезерувати пов 1 | Фреза дискова, ШЦІ на 3 мм опустити фрезу, до краю залишити 5 мм. | | |
| 30 | Свердлильна УЗЗ | Свердильний верстат 2А125. Установити, закріпити, зняти | | |
| 30,1 | Свердлити 2 отвори Ø 18 | свердло Ø 20, ШЦІ | | |
| 627. ДП. ПЗ | | | | |
| | Інд. змін. | Дата видання | Мова | Аркуш |
| | | | U | 50 |

| | | |
|------|---|--|
| 30,2 | Розвернути отв. $\square = 25^{\circ}$ Пов.(2) | Розвертка конічна |
| | Свердлильна УЗЗ | Сверлильний верстат 2А125. Установити, закріпити, зняти |
| 30,3 | Свердлити отв. $\varnothing 8,8$ мм., . | Свердло $\square 8$ Р6М5. |
| 30,4 | Свердлити отв. $\varnothing 11$ мм., . | Свердло $\square 11$ Р6М5. |
| | | |
| 40 | Токарна УЗЗ | Токарно-гвинторізний верстат 16К20 |
| | | 3-кулачковий патрон Установити, закріпити, зняти |
| 40.1 | Торцювати пов.(1), $z=0,3$ мм. | Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140$ мм, $\alpha = 8^{\circ}$, $\gamma = 10^{\circ}$, $\varphi = 45^{\circ}$ ШЦ1 |
| | Торцювати поверхню 2 | Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140$ мм, $\alpha = 8^{\circ}$, $\gamma = 10^{\circ}$, $\varphi = 45^{\circ}$ ШЦ1, повернути на 180. |
| 40.2 | Точити начорно $\varnothing 63$ на $L=45$ мм. Пов(2) | Різець упорний правий Т15К6, $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140$ мм, $\alpha = 7^{\circ}$, $\gamma = 10^{\circ}$, $\varphi = 90^{\circ}$ ШЦ1 |
| 40,3 | Точити начисто $\varnothing 63$ на $L=45$ мм. Пов(2) | Різець упорний правий Т15К6, $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140$ мм, $\alpha = 7^{\circ}$, $\gamma = 10^{\circ}$, $\varphi = 90^{\circ}$ ШЦ1 |
| 80 | Контрольна | Стіл контролера |

Розрахунок припусків.

Припуск на підрізання торців для $\varnothing 80$ і довжини 40 мм складає $2+2=4$ мм(табл.П.2, [3]),

отже заготовка собою являє диск діаметром 144 мм і товщиною 104 мм.

Розрахунок загального припуску

Припуск на чистове точіння:

де $Rz_1 = 50$ мкм, $D_1 = 50$ мкм, $T_{пр1}$ -відповідно висота мікронерівностей, глибина дифектного шару та сумарна просторова похибка при чорновому точінні(табл.8);

При установленні деталі на оправку $T_{пр1} = 100$ мкм. При установленні деталі на оправці $\epsilon_{y2} = 0$.

$$2Z_{2min} = 2(50 + 50 + (100^2 + 0^2)^{0,5}) = 400 \text{ мкм} \quad 2Z_{2max} = 2Z_{2min} + T_1 + T_2,$$

де T_1 -допуск розміру при чорновому точінні; T_2 -допуск розміру при чорновому точінні;

$$T_1 = IT13 = 390 \text{ мкм}; \quad T_2 = IT11 = 160 \text{ мкм};$$

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

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

де $Rz, D_0, T_{пр0}$ -відповідно висота мікронерівностей, глибина дифектного шару та сумарна просторова похибка поковки.

Для заготовок масою до 4 кг (табл.6) $Rz_0 = 160$ мкм, $D_0 = 200$ мкм; $T_{пр0} = 1,2$ (табл.7)

ϵ_{y1} -похибка установлення при чорновому точінні. Під час установлення деталі на оправці $\epsilon_{y1} = 100$ мкм

$$2Z_{1min} = 2(160 + 200 + (1200^2 + 100^2)^{0,5}) = 3128 \text{ мкм},$$

Загальний припуск:

$$2Z_{сум} = \sum 2Z_{i ном} = 512 + 3128 = 3640 \text{ мкм}$$

$$\text{прийmemo } 2Z_{сум} = 4 \text{ мм}$$

Коефіцієнт використання матеріалу $K_M = M_{\text{дет}} / M_{\text{заг}} = 3,743 / 3,875 = 0,86$

Де $M_{\text{дет}}$, $M_{\text{заг}}$ – маса відповідно деталі і заготовки.

Токарна Перехід 70.1 Точити □ 63 начисто.

Режим обробки визначаємо з умови, що знімаємо максимальний припуск.

$$2Z_{1\max} = 2Z_{1\min} + T,$$

де T – допуск обробки. Для чорнового точіння $T = IT_{12} - IT_{13}$ (табл.8) прийmemo $IT_{12} = 0,3$ мм. Тоді $2Z_{1\max} = 0,7 + 0,3 = 1$ мм.

Глибина різання при цьому $t = 2Z_{1\max} = 1$ мм. Вибираємо подачу:

для різців з перетином 16×25 мм при обробці чавунних деталей діаметром до 150 мм з глибиною різання до 3 мм

$S = 0,6 - 0,9$ мм /об (табл.17), прийmemo $S = 0,6$ мм/об. Швидкість різання буде визначатись:

$$v = C_v / (T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}) = 517 / (T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}),$$

де $T = 60$ хв. – стійкість різця.

$$\text{Тоді } v = 517 / (60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,6^{0,2}) = 272,5 \text{ м/хв.}$$

Потрібна частота обертання шпінделя верстата:

$$n_B = 1000 \cdot v / (\pi \cdot d_3) = 1000 \cdot 272,5 / (3,14 \cdot 142) = 611 \text{ об/хв.}$$

Із ряду обертів шпінделя верстата виберемо ближче менше значення

$$n_B = 600 \text{ об/хв.}$$

Дійсна швидкість різання при таких обертах

$$\begin{aligned} \text{шпінделя: } V_d &= \pi \cdot d \cdot n_B / 1000 = 3,14 \cdot 142 \cdot 600 / 1000 \\ &= 267,7 \text{ м/хв} \end{aligned}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = L / n_B \cdot S, \text{ де } L \text{ – розрахункова довжина різання}$$

$L = l_1 + l_2 + l_3$, де $l = 100$ мм – довжина обробки безпосередньо на деталі;

$l_1 = 3$ мм –добавка довжини на підведення інструмента до початку різання з механічною подачею;

$l_2 = t \cdot \operatorname{ctg}\varphi = 1$ мм -величина врізання інструменту(прохідний різець з основним кутом $\varphi = 45^\circ$);

$l_3 = 3$ – величина перебігу різця (упорний різець з основним кутом $\varphi = 90^\circ$). Отже $L = 100 + 3 + 1 + 3 = 107$ мм.

Тоді $t_0 = 107 / (600 \cdot 0,6) = 0,3$ хв

Допоміжний час на виконання

переходу:

$t_d = t_1 + t_2 + t_3$,

де $t_1 = 0,11$ хв –допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поздовжнього обточування з установленням різця по упору або грубо по лімбу на верстатах з висотою центрів до 200 мм при автоматичній подачі(табл.26);

$t_2 = 0,05 + 0,1 = 0,15$ хв –допоміжний час на зміну частоти обертання шпінделя і подачі(табл.26);

t_3 –допоміжний час на інші дії під час виконання переходу. Оскільки потреби в заміні інструменту і інших діях немає, то $t_3 = 0$.

Тоді $t_d = 0,11 + 0,15 = 0,26$ хв.

Основний час на виконання операції становить:

$T_0 = \sum t_{0i} = 0,3$ хв

Допоміжний час на виконання операції

$T_d = t_y + \sum t_d$, де $t_y = 0,16$ хв –допоміжний час на установлення(переустановлення), кріплення і зняття деталі. Тоді:

$T_d = 0,16 + 0,26 = 0,42$ хв;

$T_{оп} = T_0 + T_d = 0,3 + 0,42 = 0,72$ хв;

$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пп}$.

$T_{об} = T_{оп} \cdot 0,025$ і $T_{пп} = T_{оп} \cdot 0,04$. Отже, $T_{шт} = 0,72 + 0,72 \cdot (0,025 + 0,04) = 0,77$ хв.

Підготовчо-завершальний час $T_{п.з} = T_{п.з1} + T_{п.з2}$,

де $T_{п.з1} = 14$ хв-час на одержання завдання, пристроїв і здачу по закінченні роботи;
 $T_{п.з2} = 6$ хв – час на налагодження установалення деталі . $T_{п.з}$
 $= 14 + 6 = 20$ хв.

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі:
 $T_k = T_{шт} + T_{п.з}/n = 0,77 + 20/2000 = 0,78$ хв.

Норма виробітку за одну годину становить: $N = 60/0,78 = 76$ деталей.

Еквівалентна потужність $N_e = (P_z \cdot V) / (60 \cdot 102)$,

де сила різання $P_z = C_p \cdot t \cdot S^{0,75} = 200 \cdot 1 \cdot 0,6^{0,75} = 136$ Н Тоді $N_e = (136 \cdot 267,7) / (60 \cdot 102) = 5,95$ кВт , що менше потужності верстата $N = 11$ кВт

Свердлити отвір $\varnothing 10$.

Глибина різання під час свердління становить половину діаметра свердла, тобто:

$$t = d_{св}/2 = 14/2 = 7 \text{ мм.}$$

Рекомендовані подачі $0,26 \div 0,32$ мм/об(табл.2). Прийmemo $S = 0,3$ мм/об

Для визначення швидкості різання беремо формулу(табл.45): $V = 8 \cdot d_{св}^{0,4} / T^{0,2} \cdot S^{0,7}$, де $T = 30$ хв – стійкість свердла.

Тоді:

$$V = 8 \cdot 14^{0,4} / 30^{0,2} \cdot 0,3^{0,7} = 27,05 \text{ м/хв}$$

Потрібна кількість обертів для свердління:

$$n = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_{св} = 1000 \cdot 27,05 / 3,14 \cdot 14 = 615 \text{ об/хв. Прийmemo } n_B = 800 \text{ об/хв.}$$

Тоді дійсна швидкість

$$V_d = \pi \cdot d_{св} \cdot n_B / 1000 = 3,14 \cdot 14 \cdot 800 / 1000 = 35,2 \text{ м/хв.}$$

Основний час буде визначатись:

$$t_0 = L / (n \cdot S) = 42 / (800 \cdot 0,3) = 0,18 \text{ хв}$$

$$\text{де } L = l + l_1 + l_2 + l_3 = 42 \text{ мм,}$$

де $l = 32$ мм – глибина свердління;

$l_1 = 2$ мм – величина на підведення свердла з ручною подачею;

$l_2 + l_3 = 8$ мм - додаток на врізання і перебіг свердла.

Допоміжний час $t_{доп} = 0,08$ хв.

Основний час становить: $T_0 = \sum t_{0i} = 0,18$ хв

Допоміжний час на виконання операції

$T_d = t_y + \sum t_d$, де $t_y = 0,1$ хв – допоміжний час на встановлення(переустановлення), кріплення і зняття деталі.

Тоді: $T_d = 0,1 + 0,08 = 0,18$ хв;

$T_{оп} = 2 \cdot (T_0 + T_d) + 2 \cdot T_1 = 2 \cdot (0,18 + 0,18) + 2 \cdot 0,12 = 0,96$ хв,

де T_1 – час нарізання нарізки $T_{шт}$

$= T_{оп} + T_{об} + T_{шт}$.

$T_{об} = T_{оп} \cdot 0,015$ і $T_{шт} = T_{оп} \cdot 0,06$. Отже, $T_{шт} = 0,96 + 0,96 \cdot (0,015 + 0,06) = 1,03$ хв.

Підготовчо-завершальний час $T_{п.з} = T_{п.з1} + T_{п.з2}$,

де $T_{п.з1} = 10$ хв - час на одержання завдання, пристроїв і здачу по закінченні роботи;

$T_{п.з2} = 4$ хв – час на налагодження встановлення деталі . $T_{п.з} = 10 + 4 = 14$ хв.

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі: $T_k = T_{шт} + T_{п.з}/n = 1,03 + 14/2000 = 1,04$ хв.

Норма виробітку за одну годину становить: $N = 60/1,04 = 57$ деталей.

Фрезерна

Перехід 20.1

1. Визначаємо глибину фрезерування t і ширину b , які залежать від установки оброблюваної поверхні відносно фрези (табл. 12, додаток Б).

Глибина фрезерування буде $t = 2^{28-22} = 3$ мм, а ширина фрезерування – $b = 45$ мм.

Визначимо подачу на зуб фрези при фрезеруванні паза глибиною $t = 3$ мм і шириною $b = 45$ мм кінцевою фрезою із швидкоріжучої сталі. Рекомендована подача

на зуб фрези (табл. 4, додаток Б) - $S_z=0,06\dots 0,1$ мм/зуб. Попередньо приймаємо $S_z=0,08$ мм/зуб.

3. Визначимо розрахункову швидкість різання, яка розраховується за допомогою емпіричної формули згідно табл. 11, додатку Б. При обробці конструкційної сталі кінцевої фрезами швидкорізальної сталі:

де $T=90$ хв – стійкість фрези, яку призначаємо у відповідності з табл. 10, додатку Б.

4. Розрахункову кількість обертів n_p корегуємо за паспортом вертикального-фрезерного верстата 6М12П (табл. 1, додаток Б), і приймаємо найближче менше значення $n_g=160$ об/хв, яке використовується у подальших розрахунках.

5. Із ряду паспортних даних вертикального-фрезерного верстата 6М12П (табл. 1, додаток Б) приймаємо поперечну подачу $S_{x\phi_g}=63$ мм/хв.

6. Розрахункова довжина обробки : $L_p=L_d + L_1+ L_2=45+2+11=58$ мм
 $L_1=2$ мм – відстань підводу інструменту до заготовки з робочою подачею;

$L_2=11$ мм – величина врізання і перебігу фрез.

10. Допоміжний час: на установлення і зняття деталі $t_y=t_{y1}+t_{y2}$,

де t_{y1} –допоміжний час безпосередньо на установлення та зняття деталі; при установленні деталей масою до 0,5 кг з кріпленням гайкою з допомогою ключа

$t_{y1}=0,30$ хв

$t_{y2}=0,06$ хв –додаток на очищення місця установлення деталі від стружки.

Тоді $t_y=0,30+0,06=0,36$ хв.

Допоміжний час, пов'язаний з переходом, для верстатів з довжиною стола до 750 мм, автоматичним переміщенням, при фрезеруванні пазів фрезою, установленною на розмір,

$$t_d=0,06 \text{ хв.}$$

Тоді допоміжний час $T_d = t_y + t_d = 0,36 + 0,06 = 0,42$ хв. Оперативний час $T_{оп} = T_o + T_d = 1,84 + 0,42 = 2,28$ хв, $T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пер}$,

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

$$T_{шт} = 2,28 + 0,045 \cdot 0,99 + 0,06 \cdot 0,99 = 2,38 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час на фрезерування однієї деталі

$$T_k = T_{шт} + T_{п.з}/n,$$

де $T_{п.з}$ – підготовчо-заготівельний час, який визначається як сума часу налагодження верстата та на одержання наряду, інструментів, пристроїв:

$$T_{п.з} = 16 + 7 = 23 \text{ хв.}$$

$$\text{Тоді } T_k = 2,38 + 23/63 = 2,75 \text{ хв}$$

Норма виробітку за годину становить: $N = 60/T_k = 60/2,75 = 21$ деталей

9. Монтаж, експлуатація, обслуговування, діагностика та ремонт машини

Монтаж машини та налагодження здійснюється у відповідності з технічним описом та інструкцією по експлуатації.

Перед початком монтажу, після огляду машини, її розконсервують. Оброблені заводом поверхні деталей, покриті захисним змащенням, очищають гасом, добре витирають і знову змащують машинним мастилом. Поверхні, що дотикаються з продуктом, ретельно промивають содовим розчином та гарячою водою.

Монтаж машини починається з встановлення його на підготовлене місце у відповідності з габаритним кресленням. Машину монтують безпосередньо на міцну підлогу приміщення. Основна поверхня станини має бути точно вирівняна по горизонталі за допомогою регульованих опор. До фундаменту кріплення не потрібно.

Машина встановлюється так, щоб місце оператора було зручним (не обмежувало рухів та щоб ніщо не заважало оглядовості). Під час монтажу необхідно забезпечити точну горизонтальність опорної поверхні, на яку встановлюється машина. Встановивши автомат на робочому місті, доступ для обслуговування зі всіх сторін та зручність роботи.

Готуючи машину до роботи, спочатку перед усім оглядають її зовнішній стан та перевіряють наявність змащення за схемою змащення. Перед запуском машини вручну повертають рухомі частини, щоб впевнитись, що вони не заклинюють.

При налагодженні машини виконують пробний запуск в холостому режимі шляхом короткочасного вмикання пускового механізму. Під час цього контролюють точність роботи механізмів зупинки, коректність підключення та

| | | | | | | |
|---|---|--|-------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Васильківський | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | |
| <i>Власник документа</i> Кафедра МІТ ПМ-4-1 | <i>Розробник документа</i> Якимчук Т.С. | <i>Назва, додаткова назва</i> Монтаж, експлуатація, об слуговування, діа гностика та ремонт машини | 627.ДП. ПЗ | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Мова</i> U | <i>Аркуш</i> 59 |

функціонування електрообладнання і блокувань, а також правильність роботи інших механізмів.

Експлуатація машини: перед початком роботи, потрібно переконатися що на автоматі немає посторонніх предметів.

Під час експлуатації машини потрібно контролювати параметри пневматичної системи, зокрема роботу пневмоциліндрів і рівень магістрального тиску. Також контролю підлягає вологість зовнішнього середовища (можливо призвести до склепоутворення продукцію з перевищенням допустимого значення вологості).

Обслуговування машини:

Включення автомату, здійснюється за допомогою кнопки «СЕТЬ», яка розміщена на правій бічній стінці станини біля підвідного конвеєра.

Обслуговування машини полягає у тому, що оператор контролює наявність плівки в рулонотримачі (за потреби та якщо в бункері живильника є продукт), а також слідкує за станом усіх механізмів машини. Втручання оператора при обслуговуванні машини вимагається лише коли відбувається відхилення від нормальної його роботи.

Зупинка машини здійснюється на пульті керування, натисканням кнопки «Стоп».

Технічне обслуговування машини включає контроль за її чистотою, дотримання графіка змащування згідно з інструкцією, а також спостереження за технічним станом і зовнішнім виглядом обладнання.

Технічний стан машини впливає на його експлуатаційні показники, а саме на допустимий відсоток браку, коефіцієнти використання потужності і часу і т. п.

Ремонт машини: Ремонт машини виконується лише при відключенні автомату від мережі живлення. Ремонт машини виконується відповідно до плану профілактичних робіт, який складається на кожен плановий рік. Виконання цих заходів за планом допомагає уникнути передчасного зносу деталей і вузлів, а також випадкових поломок.

При проведенні профілактичних робіт виявляють та усувають виявлені несправності для забезпечення нормальної роботи машини. Профілактичні роботи передбачають: перевірку роботи всіх пневмоциліндрів, системи керування, дозатора та конвеєра.

Під час технічного обслуговування оглядають машину, перевіряють стан огорожень та захисних пристроїв; регулюють і тестують усі механізми; контролюють роботу датчиків, стан ущільнень у вузлах та точність дозування під час експлуатації.

Поточний ремонт передбачає виконання всіх операцій технічного огляду, а також заміну зношених деталей, розбирання при необхідності, заміну зношених підшипників кочення у певних вузлах; регулювання всіх механізмів машини та ремонт основних вузлів. Під час середнього ремонту виконують усі роботи, що входять до поточного ремонту, а також частково розбирають машину і замінюють зношені деталі. Ремонту підлягають усі елементи механізмів і приводи.

Під час капітального ремонту виконують усі роботи середнього ремонту, повністю розбирають машину, ремонтують і регулюють всі механізми та датчики, ремонтують основні конструкції, а також здійснюють складання.

При технічному обслуговуванні комунікацій (магістралі стисненого вакууму і повітря) перевіряють регулювання і щільність всіх фланцевих; ділянки трубопроводів, що потребують ремонту або заміни.

Проводять пробний запуск для оцінки якості ремонту машини, під час якого налаштовують і регулюють роботу її деталей та механізмів на холостому ході. Після цього випробовують машину під навантаженням, перевіряючи, чи відповідають її фактичні характеристики вимогам і стандартам, зазначеним у технічному паспорті.

Для забезпечення безпечності праці необхідно дотримуватись вимогам з охорони праці. До роботи по обслуговуванню машини допускаються особи, які пройшли відповідне навчання (які мають певну кваліфікацію), та пройшли відповідний інструктаж з охорони праці.

10. Охорона праці

На робочому місці працівник отримує початковий інструктаж з охорони праці та проходить: стажування; навчання пристрою та правилам експлуатації технологічного обладнання; курс санітарно-гігієнічного навчання з тестом; перевірка знань в обсязі I групи з електробезпеки (при використанні обладнання, що працює від електричної мережі), теоретичних знань та набутих навичок безпечних способів роботи.

Під час функціонування організацій хлібопекарської галузі, розробки нових технологічних процесів та типів обладнання слід передбачати заходи щодо виключення або зменшення до допустимих меж можливого впливу на працівників таких небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

а) фізичні фактори:

- рухомі машини та механізми (конвеєри, вантажні підйомники, авто- та електронавантажувачі, автомобільний та залізничний транспорт);

- рухомі частини виробничого обладнання (шестерні, муфти, місильні лопаті, плашки формувальних верстатів, валкові валки, ножі тощо);

- руйнуються конструкції (при виконанні робіт у свердловинах, каналах, тунелях);

- предмети, що падають з висоти (при виконанні вантажно-розвантажувальних операцій);

підвищена запиленість та газообмінність повітря в робочій зоні (при прийомі, зберіганні та підготовці сировини, приготуванні тіста, обслуговуванні печей тощо);

- підвищена або знижена температура поверхонь обладнання, матеріалів, рідин для чищення (під час технічного обслуговування печі, приготування миючих та дезінфікуючих розчинів та їх використання);

- підвищена температура повітря в робочій зоні (при обслуговуванні

| | | | | | | | |
|---|---|---|-------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Васильківський | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | | |
| <i>Власник документа</i> Кафедра МПП ПМ-4-1 | <i>Розробник документа</i> Якимчук Т.С. | <i>Назва, додаткова назва</i> Охорона праці | 627.ДП. ПЗ | | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Мова</i> U | <i>Аркуш</i> 62 | |

- котельних, пунктів обігріву, компресорних приміщень, печей, сушарок, резервуарів для води);
- підвищена температура і вологість повітря в робочій зоні (при приготуванні рідких напівфабрикатів, охолодженні готової продукції);
- підвищена рухливість повітря в робочій зоні (на складах, експедиціях, пічних кімнатах);
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбуватися через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики (в установках для масового зберігання сировини та під час їх руху);
- підвищений рівень шуму на робочому місці та вібраційне навантаження на працівника (при обслуговуванні технологічного обладнання; при виконанні робіт у котельнях, компресорах, насосних та холодильних станціях тощо);
- нестача або відсутність природного освітлення;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- підвищений рівень інфрачервоного випромінювання (сушіння, процеси випічки, відсіки печей хлібопекарських печей);
- підвищений рівень ультрафіолетового випромінювання;
- гострі кромки, задирки та шорсткості на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;

розташування робочого місця на значній висоті відносно землі.

б) хімічні фактори:

(хімічні речовини, які потрапляють в організм людини через дихальну систему, шлунково-кишковий тракт, шкіру та слизові оболонки):

токсичні:

- чадний газ (при обслуговуванні котлів, печей; при випалюванні продуктів
- від допоміжного виробництва); вуглекислий газ (при обслуговуванні замісу тіста, формувального обладнання, печей);

етиловий спирт (пари) (процеси бродіння та випікання); оксиди марганцю (з допоміжного виробництва);

-дратує:

акролеїн (в процесі випікання);

аміак (з аміачного компресорного агрегату);

ацетальдегід, амілацетат (під час випікання, смаження, сушіння, під час охолодження та зберігання продуктів);

оцтова кислота (пари) (бродіння, випікання, охолодження та зберігання продуктів);

сірчана кислота (допоміжне виробництво);

оксиди азоту (при обслуговуванні котельних);

сірчистий ангідрид (відсіки печей духовок);

в) психофізіологічні фактори:

-тяжкість трудового процесу:

фізичне динамічне навантаження за зміну;

маса вантажу, що піднімається і переміщується; стереотипні робочі рухи;

статичне навантаження; робоча поза;

схили тіла;

пересування в просторі (переходи внаслідок технологічного процесу під час зміни);

Вентиляція.

Вентиляція підприємств харчової промисловості є важливою умовою високої якості вироблених харчових продуктів та сприятливих та безпечних умов мікроклімату для людей, зайнятих на цьому виробництві.

Вентиляційна система підприємств, що виробляють харчові продукти, повинна забезпечувати необхідний склад і чистоту повітря відповідно до гігієнічних вимог.

Підтримуйте необхідний тепловий баланс, видаляйте надлишки технологічного тепла.

Вентиляційні системи повинні забезпечувати перепади тиску, які запобігають передачі забрудненого повітря з деяких приміщень в інші приміщення з чистим повітрям.

При організації технологічних процесів повинна бути передбачена нейтралізація або видалення забрудненого повітря. Отже, повітря може бути насиченим водяною парою.

Електробезпека.

Організація, що експлуатує будь-які види електротехніки, повинна забезпечити їх технічне обслуговування в належному стані. Відповідальність за це несе інженер з охорони праці або фахівець, який виконує функції з охорони праці.

Експлуатація такого обладнання повинна здійснюватися відповідно до інструкцій, правил та норм техніки безпеки, вимог охорони праці та інших документів.

Електричне обладнання повинно своєчасно проходити планове технічне обслуговування, ремонт, профілактичні випробування та інші види технічного обслуговування, щоб забезпечити його належну роботу.

До роботи на електрообладнанні допускаються особи, які мають необхідну групу з електробезпеки, які пройшли медичний огляд і не мають протипоказань за станом здоров'я, які пройшли інструктаж з правил експлуатації та техніки безпеки.

Компанія повинна проводити інструктажі з питань охорони праці для всього електричного та неелектричного персоналу, а також повинні бути розроблені відповідні інструкції для всіх працівників.

Персонал, що працює з електрообладнанням, повинен бути забезпечений засобами електрозахисту та захисним одягом, а самі електроустановки повинні бути обладнані захисними засобами та всім необхідним для гасіння

Крім того, підприємства повинні організувати, де це можливо і де це необхідно відповідно до норм і правил, використання низької напруги. Обов'язковим заходом є заземлення або заземлення всіх металевих конструкцій і кабелів, а також використання індивідуального та колективного електрозахисного обладнання.

Висновки

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було проведено комплексне дослідження, спрямоване на вдосконалення конструкції горизонтального пакувального автомата типу Servo 500 Linux Zani, що використовується для пакування хлібобулочних виробів, зокрема батонів, у полімерну плівку.

В результаті аналізу сучасного ринку пакувального обладнання було виявлено, що більшість наявних рішень мають обмежену гнучкість щодо переналаштування під продукцію різних розмірів, а також недоліки у точності формування пакувального рукава. У відповідь на це у рамках проекту були розроблені та обґрунтовані інженерні рішення з модернізації ключових вузлів автомата, а саме:

1. Проектом усунуто один із найважливіших недоліків пакувальних ліній — складність і тривалість переналаштування при зміні виду продукції. Для цього розроблено та впроваджено автоматизовану конструкцію рукавоутворювача з можливістю гнучкого регулювання параметрів плівки залежно від габаритів хлібобулочного виробу.

2. Удосконалення конструкції рукавоутворювача за допомогою вертикально-рухомих направляючих забезпечує високу симетричність упаковки й усуває типову проблему перекосу плівки, що покращує зовнішній вигляд готової продукції.

3. Вперше реалізовано механізм регулювання зусилля ножа, що дозволяє швидко підлаштовувати його під різну товщину плівки.

4. Проведено техніко-технологічне опрацювання виготовлення деталі корпусу підшипника, що входить до складу модернізованого вузла.

5. Розроблено комплекс заходів з охорони праці, що охоплює безпеку при роботі з термозварювальними елементами, обертовими частинами та електрообладнанням.

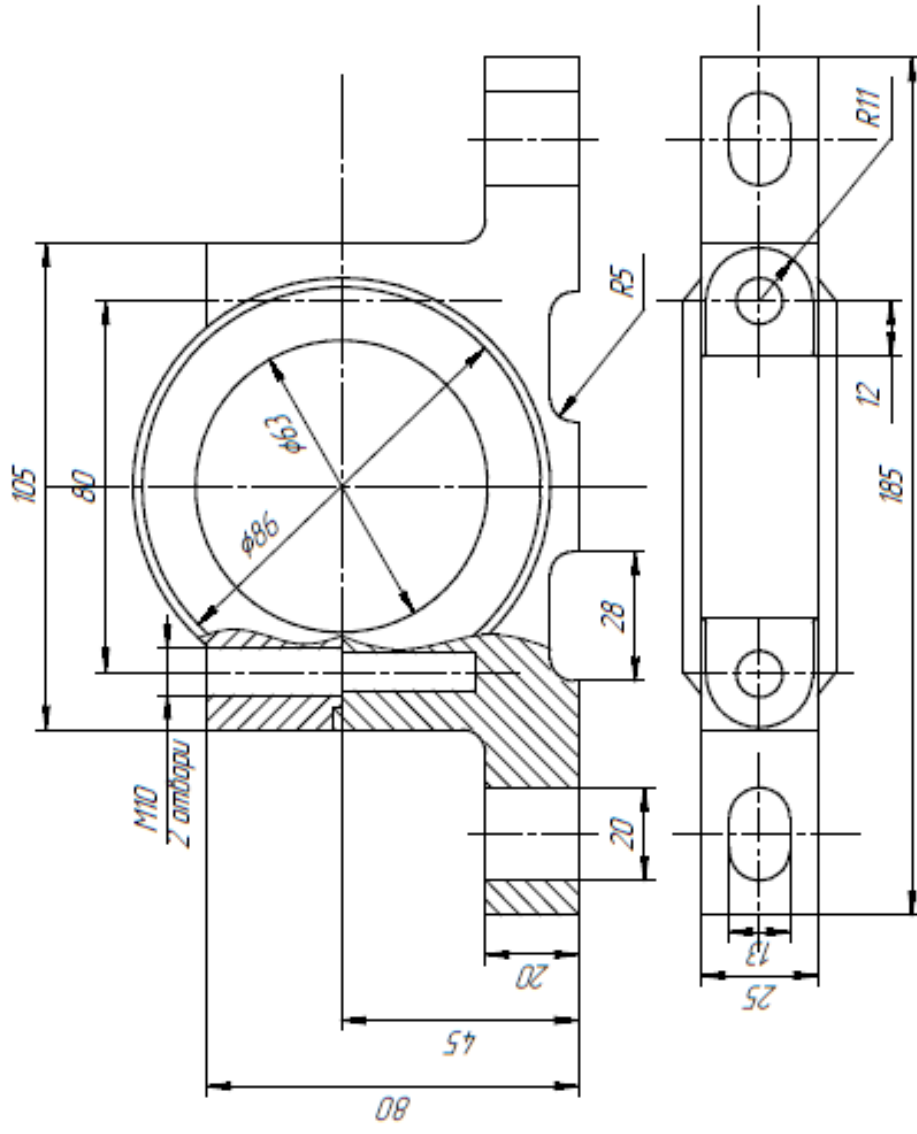
| | | | | | | | |
|---|---|---|-------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Васильківський | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | | |
| <i>Власник документа</i> Кафедра МІТ ПМ-4-1 | <i>Розробник документа</i> Якимчук Т.С. | <i>Назва, додаткова назва</i> Висновки | 627.ДП. ПЗ | | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Мова</i> U | <i>Аркуш</i> 67 | |

11. Використана література:

1. Теорія механізмів і машин. Курсове проектування: Навчальний посібник /За ред.. проф. А.І.Соколенка/ - К.: П.П.люксар, 2005. – 252с.
 2. Курсовое проектирование транспортирующих машин. Кукибный А.А. «Вища школа», 1973, 288с.(на Украинском языке).
 3. Свойства и сварка пластмас, Гальчинский О.И., 1963, 283с.
 4. Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. Пакувальне обладнання в 3 кн. – 3 кн. Обладнання для обробки транспортних пакетів/ За ред. А.С.Беспалька. – Київ: ІАЦ «Упаковка», 2006. – 96с.
 5. Журнали «Упаковка» .
 6. Прейс Г.А., Безыкорнов А.Л. Технология пищевого машиностроения. — К.: Вища шк., 1987. — 207 с.
 7. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М.:Машиностроение, 1985. — Т.1. — 656 с.; Т. 2. — 496 с.
 8. Болотин Х.Л., Костромин Ф.П. Станочные приспособления. — М.: Машиностроение, 1973.
 9. М.П.Купчик, М.П.Гандзюк, І.Ф.Степанець, В.Н.Вендичанський, А.М.Литвиненко, О.В.Іваненко Охорона праці. Лабораторний практикум. Для студентів вищих закладів освіти України. - К.: Основа, 1998. _224 с
 10. Сухенко Ю.Г., Бойко Ю.І. Технологічні основи машинобудування. Лабораторний практикум: Навч. посібник / За ред. проф. Ю.Г.Сухенка. - К: НУХТ, 2009.
 11. Веб-сайт [studfile.net/preview/7308768/page:5/]
 12. Веб-сайт [www.mir-upakovki.ru]
- 11.Основи машинобудування: Метод. вказівки до виконання курс. роботи для студентів денної та заочної форм навчання / Укл.: О.І.Слинькою - К.: УДУХТ, 1998.

| | | | | | | |
|--|--|---|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| Відповідальна організація НУХТ | Технічне узгодження Васильківський | Вид документа Пояснювальна записка | | Статус документа | | |
| Власник документа Кафедра МІТ ПМ-4-1 | Розробник документа Якимчук Т.С. | Назва, додаткова назва Список використаної літератури | 627.ДП. ПЗ | | | |
| | Документ затверджено | | Інд. змін. | Дата видання | Мова U | Аркуш 68 |

14. Пакувальне обладнання: підручник / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан – К.: ІАЦ “Упаковка”, 2010. – 744 с.
15. Пакувальне обладнання: в 3 кн. 2.: Обладнання для групового пакування / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко. – Київ: ІАЦ «Упаковка», 2007. – 137 с.
16. Машины – автоматы для упаковки пищевых продуктов: Справ./ В.А.Благодарский, Н.С. Колесник, М.С. Зиновьев. – К.: Техника, 1985. – 225 с
17. Ярема, С.М. Етикетка: навч. посіб. / С.М. Ярема, О.М. Гавва – К.: УНТ «Україна», НУХТ, 2007. – 637 с.
18. Марчевський, В.М. Конструкторська документація курсових і дипломних проєктів: навч. посіб. - В.М. Марчевський. – К.: Норіта-плюс, 2006. – 280 с.

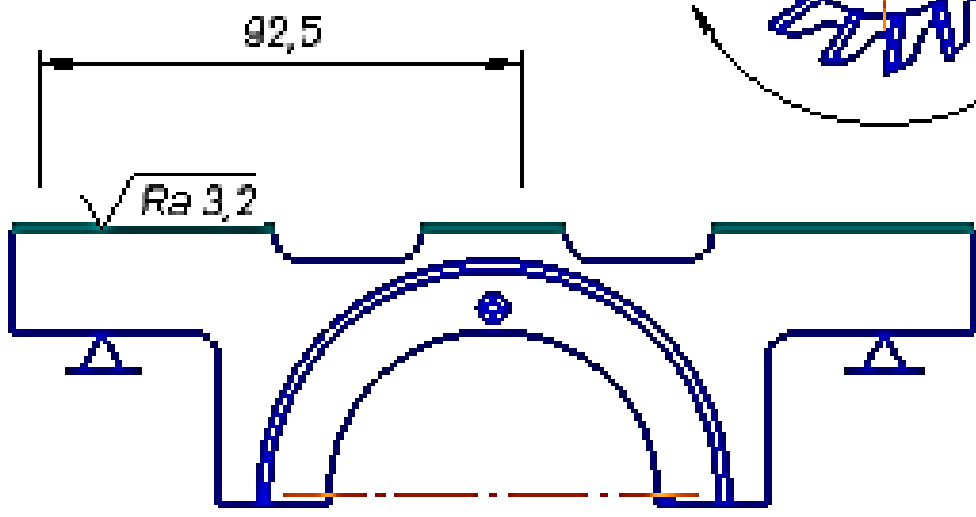
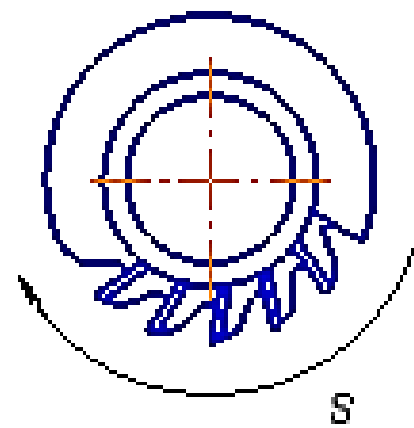


- Технічні вимоги*
1. Умови розміщення +5...40°C
 2. Провести обкатку протягом 2 годин
 3. Відрегулювати зазор в підшипниках

| | | | | |
|--|---|--|---|-----------------------|
| Відділення організації НУХТ | Технічне управління К. Васильківський | Розробник документа Т.Якимчук | Відомий виконавець Л. Кривополс-Володар | 15 |
| Власник документа Карсідра МПТ, ПМ-4-1 | | Склад документа | | |
| | | Назва, відомство чи інше Машини "Фігури-100" | 627 NP 0100.005 CK | Рівень UA |
| | | Ідентифікаційний номер документа | 5/5 | Анотація UA |

Чертеж № _____
Дата _____

$\sqrt{Ra\ 6,3}$



Имя _____
Фамилия _____
Группа _____
Дата _____

20. Фрезерная

Лист № _____

Контроль

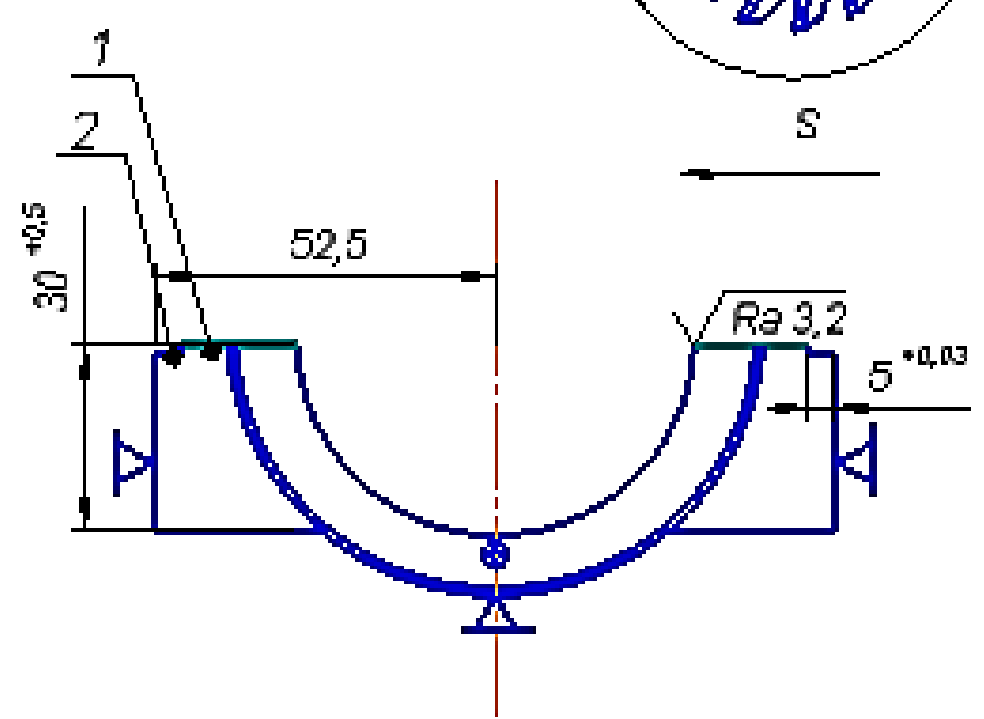
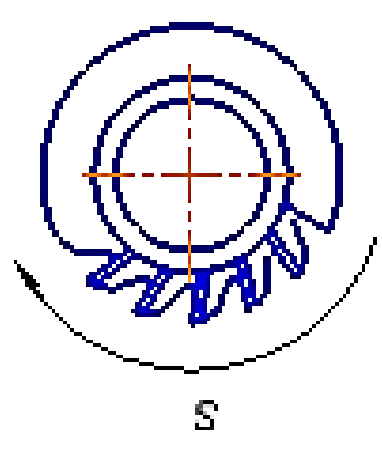
Формат А4

Черв. пречилен

Слика №

Име на појав. Појав. и дата
Име на појав. Појав. и дата
Име на појав. Појав. и дата
Име на појав. Појав. и дата
Име на појав. Појав. и дата

$\sqrt{Ra 6,3}$



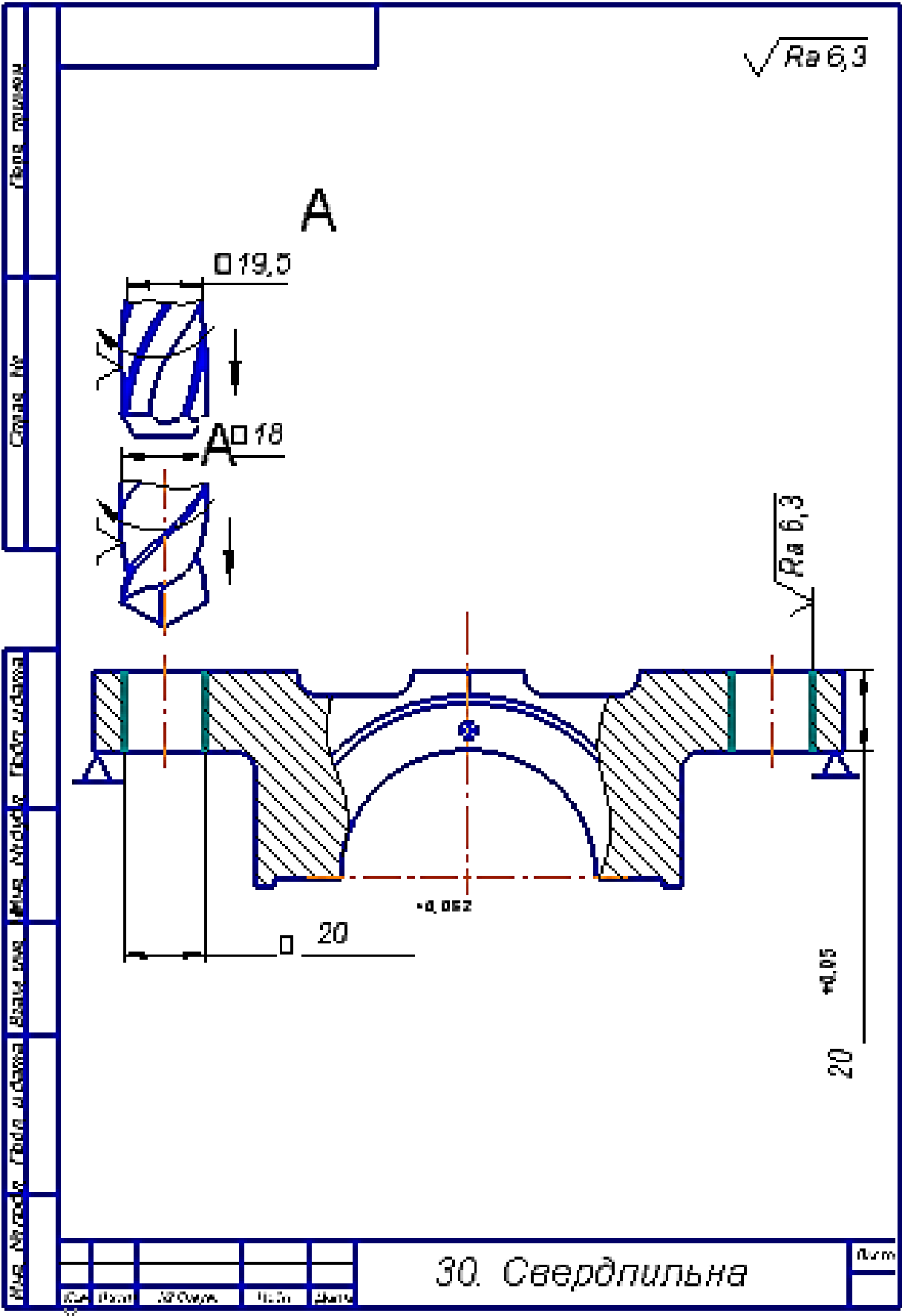
| | | | | |
|---|-----|-------|------|-------|
| № | Име | Место | Дата | Друго |
| | | | | |

20.2 Фрезерна

Лист

Контрол

Формат А4



Шкала: 1:1
 Материал: Ст. 12
 Обработка: Фрезерование
 Проверка: []
 Изготовление: []
 Дата: []

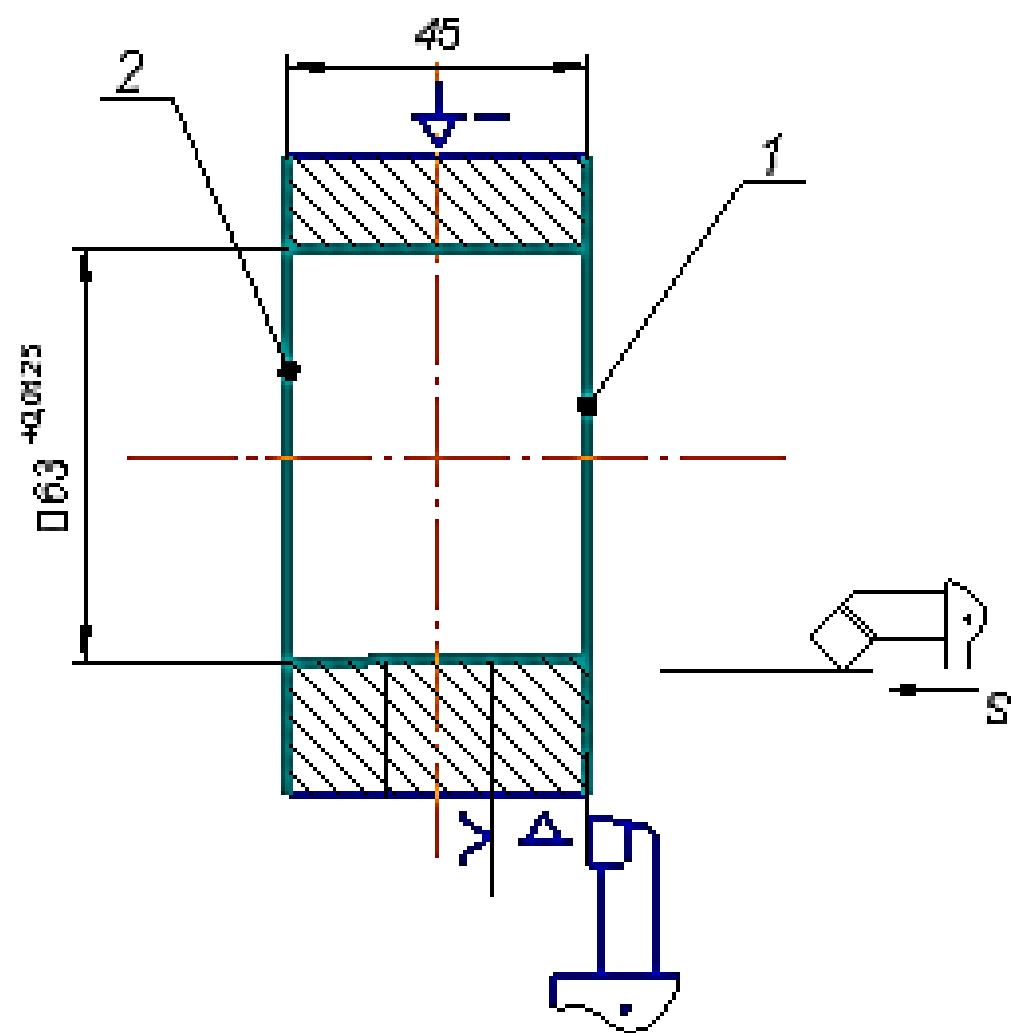
30. Свердпильна

Котировка

Формат А4

Лист

$\sqrt{Ra 6,3}$



Слика 10

Слика 11

Слика 12
Слика 13
Слика 14
Слика 15
Слика 16
Слика 17
Слика 18
Слика 19
Слика 20
Слика 21
Слика 22
Слика 23
Слика 24
Слика 25
Слика 26
Слика 27
Слика 28
Слика 29
Слика 30
Слика 31
Слика 32
Слика 33
Слика 34
Слика 35
Слика 36
Слика 37
Слика 38
Слика 39
Слика 40
Слика 41
Слика 42
Слика 43
Слика 44
Слика 45
Слика 46
Слика 47
Слика 48
Слика 49
Слика 50
Слика 51
Слика 52
Слика 53
Слика 54
Слика 55
Слика 56
Слика 57
Слика 58
Слика 59
Слика 60
Слика 61
Слика 62
Слика 63
Слика 64
Слика 65
Слика 66
Слика 67
Слика 68
Слика 69
Слика 70
Слика 71
Слика 72
Слика 73
Слика 74
Слика 75
Слика 76
Слика 77
Слика 78
Слика 79
Слика 80
Слика 81
Слика 82
Слика 83
Слика 84
Слика 85
Слика 86
Слика 87
Слика 88
Слика 89
Слика 90
Слика 91
Слика 92
Слика 93
Слика 94
Слика 95
Слика 96
Слика 97
Слика 98
Слика 99
Слика 100

40. Токовна

Име

Контрол

Формат А4