

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут

імені акад. І.С. Гулого

Кафедра мехатроніки та пакувальної техніки

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

(підпис)

Сергій БЛАЖЕНКО

(ім'я та прізвище)

« 17 » 06 2025 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Людмила КРИВОПЛЯС-

ВОЛОДИНА

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« 18 » 06 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР

зі спеціальності 131 Прикладна механіка

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Прикладна механіка

на тему: Розроблення фасувального пристрою для фасування сипких та гранулоподібних харчових продуктів у полімерні пакети продуктивністю 45 шт/хв

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ПМ-4-1

Кужилъ Тимофій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Грінінг Катерина Робертівна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти Юрій Бойко

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент Олексій Губеня

(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

Здобувач

(підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

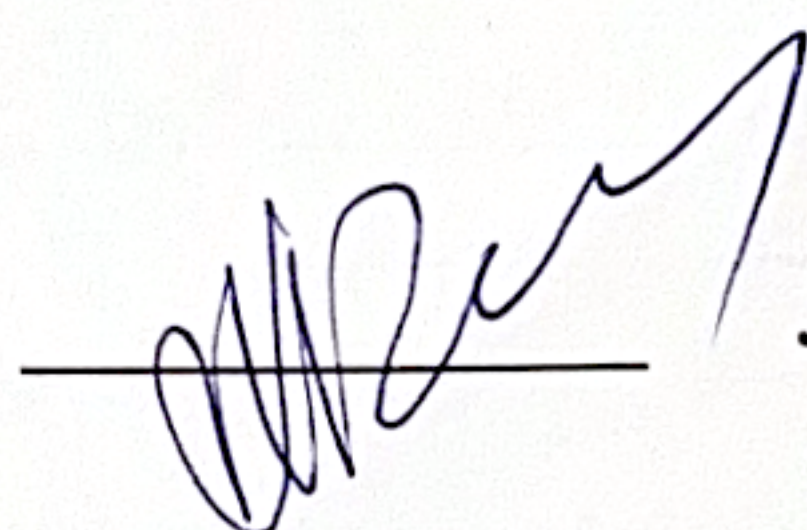
Навчально-науковий інженерно-технічний інститут імені акад. І. С. Гулого

Кафедра мехатроніки та пакувальної техніки

Освітній ступінь: «Бакалавр»

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма: Прикладна механіка



ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри МПТ

Людмила КРИВОПЛЯС – ВОЛОДИНА

« 18 » 06 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Кужиля Тимофія Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Розроблення фасувального пристрою для фасування сипких та гранулоподібних харчових продуктів у полімерні пакети продуктивністю 45 шт/хв**

керівник роботи : **асистентка Грінінг Катерина Робертівна**

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «10» 04 2025 року № 218-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 02.06.2025

3. Вихідні дані до роботи: продуктивність – 45 шт/хв

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

Вступ. Розділ 1 Критичний аналіз стану питання. Розділ 2. Техніко-економічне обґрунтування проєкту. Розділ 3. Опис конструкції та принцип роботи фасувального пристрою. Розділ 4. Розрахункова частина. Розділ 5. Технологічний процес виготовлення деталі. Розділ 6. Охорона праці. Розділ 7. Основні аспекти монтажу, експлуатації, обслуговування, діагностики та ремонту машини. Розділ 8. Опис блоку управління машиною. Висновки. Література.

5. Перелік графічного матеріалу

Слайди презентації: Актуальність; Лист 1 «Загальний вид»; Лист 2 «Дозатор»; Лист 3 «Бункер з пневмоударом»; Лист 4 «Термоніж»; Лист 5 «Техмаршрут виготовлення деталі типу «кришка»»; Висновки.

Креслення: Лист 1 «Загальний вид»; Лист 2 «Дозатор»; Лист 3 «Бункер з пневмоударом»; Лист 4 «Термоніж»; Лист 5 «Техмаршрут виготовлення деталі типу «кришка»»

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
6	Бойко Ю.І., доц., к.т.н.	06.05.2025	12.05.2025

7. Дата видачі завдання: 10.04.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Анотація, зміст	04.06.2025	Виконано
	Вступ	02.06.2025	Виконано
	Розділ 1. Критичний аналіз стану питання.	17.04.2025	Виконано
	Розділ 2. Техніко-економічне обґрунтування проекту	24.12.2025	Виконано
	Розділ 3. Опис конструкції та принцип роботи фасувального пристрою	28.04.2025	Виконано
	Розділ 4. Розрахункова частина	28.04.2025	Виконано
	Розділ 5. Технологічний процес виготовлення деталі	05.05.2025	Виконано
	Розділ 6. Охорона праці	12.05.2025	Виконано
	Розділ 7. Основні аспекти монтажу, експлуатації, обслуговування, діагностики та ремонту машини	19.05.2025	Виконано
	Розділ 8. Опис блоку управління машиною	26.05.2025	Виконано
	Висновки та література	02.06.2025	Виконано

Здобувач освіти:


(підпис)

Тимофій КУЖИЛЬ
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи:


(підпис)

Катерина ГРІНІНГ
(ім'я та прізвище)

« 18 »  2025 р.

Анотація

Обсяг розрахунково-пояснювальної частини дипломного проекту: 75 стор.

Дипломний проєкт присвячено розробленню конструкції автоматизованого фасувального пристрою для сипких та гранульованих харчових продуктів у полімерні пакети типу «подушка». Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення рівня автоматизації фасувальних процесів у харчовій промисловості та зменшенням залежності від імпортного обладнання. Розроблений пристрій орієнтовано на виробництва середньої продуктивності (~45 пак/хв), що є оптимальним рішенням для малих і середніх підприємств галузі.

У роботі виконано аналіз існуючих фасувальних систем, визначено їх недоліки щодо гнучкості налаштувань, вартості та точності дозування. Запропоновано власну конструкцію дозувального вузла, що забезпечує стабільність маси фасування у межах 0,2–1,0 кг без потреби в суттєвій зміні структури машини.

Техніко-економічні розрахунки підтвердили ефективність застосування розробленого обладнання: скорочення втрат продукту, зниження витрат пакувального матеріалу та підвищення точності дозування. Розроблений автомат відповідає вимогам стандартів щодо якості пакування та сприяє імпортозаміщенню вітчизняного машинобудування для харчової промисловості.

Ключові слова: фасувальний автомат, сипкі продукти, дозування, пакування, автоматизація, полімерна плівка, продуктивність 45 пак/хв, імпортозаміщення.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Катерина Грінінг	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа Кафедра МПТ ПМ-4-1	Розробник документа Кужель Т.М.	Назва, додаткова назва	622.КР. ПЗ				
	Документ затверджено	Реферат	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 4	

ABSTRACT

The volume of the calculation and explanatory part of the diploma project: 75 pages.

The diploma project is devoted to the development of a design for an automated packaging machine for bulk and granular food products in polymer “pillow” bags. The relevance of this work lies in the need to increase the level of automation in packaging processes within the food industry and to reduce dependence on imported equipment. The developed device is aimed at medium-capacity production lines (~45 packs/min), making it an optimal solution for small and medium-sized enterprises.

The project includes an analysis of existing packaging systems, identifying their limitations in terms of adjustment flexibility, cost, and dosing accuracy. A custom dosing unit design is proposed to ensure stable package mass within a range of 0.2–1.0 kg without significant structural modifications. The kinematic scheme of the feeding and sealing mechanism has been developed, and the selection of key components—dosing system, drives, film packager, and control system—has been substantiated.

Technical and economic calculations confirm the efficiency of the proposed design: reduction of product losses, decreased consumption of packaging material, and improved dosing precision. The developed packaging machine meets the quality requirements of modern standards and contributes to import substitution in domestic food machinery manufacturing.

Keywords: packaging machine, bulk products, dosing, automation, polymer film, productivity 45 packs/min, import substitution.

Responsible organization NUFT	Technical coordination Kateryna Grining	Document type Explanatory note			Document status		
Document owner Department of MPT PM-4-1	Document developer Kuzhyl T M//.	Name, additional name Abstract	622.KR. SOFTWARE				
	Document approved		Ind. changes.	Publication date	Language EN	Sheet 4	

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Критичний аналіз стану питання.....	7
1.1. Характеристика сипких та гранульованих продуктів як об'єкта фасування	7
1.2 Існуючі конструктивні схеми машин для пакування сипких продуктів.....	9
1.3. Аналіз методів дозування сипких продуктів.....	12
1.4 Огляд сучасного фасувально-дозувального обладнання для сипких продуктів.....	15
1.5 Недоліки та обмеження існуючих рішень.....	17
2 Техніко-економічне обґрунтування проєкту.....	19
3. Опис конструкції та принцип роботи фасувального пристрою.....	22
4.Розрахункова частина.....	26
4.1. Розроблення циклограми для роботи машини.....	26
4.2. Технологічний розрахунок пристрою розмотування плівки з рулону.....	27
4.3. Розрахунок елементів повздовжнього зварювання.....	30
4.4. Розрахунок пристрою поперечного зварювання.....	31
4.5. Розрахунок періоду руху поршня механізму зварювання.....	33
4.6. Розрахунок системи рукавоутворення.....	35
4.7. Розрахунок рулонотримача на міцність.....	40
4.8. Підбір підшипника в упорний вузол рулонотримача.....	41
4.9. Розрахунок болтів на міцність.....	42
5. Технологічний процес виготовлення деталі.....	44
6. Охорона праці.....	54
7. Основні аспекти монтажу, експлуатації, обслуговування, діагностики та ремонту машини.....	60

8. Опис блоку управління машиною.....		Вид документа.....		Статус документа.....	
Відповідає НУХТ		Грінінг К.Р. Пояснювальна записка		68	
Висновок.		Назва, додаткова назва		614.KP.00.001.ПЗ	
Власник документа		Розробник документа		Інд. змін.	
НУХТ		Кіжжиль ТР		Дата видання	
		Документ затверджено		Мова	
		Кривонолєс-Володіна Л.О.		UA	
		Зміс		Акуш	
				5/71	

ВСТУП

Автоматизація процесів фасування харчових продуктів є актуальним завданням сучасної харчової промисловості. Сипкі та гранульовані продукти (крупя, цукор, зерно, тощо) потребують герметичного пакування для забезпечення збереження якості та тривалого терміну зберігання. Від точності дозування залежить економічна ефективність виробництва, оскільки при недодачі страждає репутація виробника, а при передозуванні зростають втрати продукту. Перехід від ручного до автоматичного пакування дозволяє щонайменше вдвічі скоротити час на випуск продукції за рахунок механізації повторюваних операцій [1].

Актуальність теми. Впровадження автоматичного фасувального обладнання для сипких продуктів середньої продуктивності (~45 пак/хв) є важливим для малих та середніх виробництв харчової галузі. Багато існуючих машин іноземного виробництва коштовні в придбанні та експлуатації, або мають обмеження щодо гнучкості налаштувань. Розроблення вітчизняного фасувального пристрою, який забезпечує необхідну продуктивність та точність дозування, відповідає потребам ринку і сприяє імпортозаміщенню. Такий автомат дозволить підвищити ефективність пакування, скоротити втрати продукту і пакувального матеріалу, забезпечити стабільну масу фасовки згідно з вимогами стандартів.

Мета роботи. Метою даного дипломного проєкту є розроблення конструкції автоматизованого фасувального пристрою для дозування сипких та гранулоподібних харчових продуктів у полімерні пакети типу «подушка» масою близько 500 г, що забезпечує продуктивність до 45 упаковок за хвилину.. Розроблюваний фасувальний автомат має бути універсальним для різних сипких продуктів зі стабільною насипною щільністю та мати можливість оперативного переналаштування дози в діапазоні приблизно 0,2–1,0 кг без суттєвих змін конструкції.

1.0 КР без суттєвих змін конструкції.							
Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка			Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кішчіль Т.Р.	Назва, додаткова назва Вступ	614.KP.00.001.ПЗ				
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Акуш 6/71	

РОЗДІЛ 1. КРИТИЧНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

1.1 Характеристика сипких та гранульованих продуктів як об'єкта фасування

Сипкими (розсипними) називають матеріали, що складаються з великої кількості дрібних частинок (зерен), які вільно пересипаються. Харчові продукти сипкої та гранульованої консистенції – крупи, цукор, сіль, борошно, крохмаль, сухі сніданки, кормові гранули тощо – широко розповсюджені та потребують фасування у споживчу тару для зручності транспортування і продажу. Фізико-механічні властивості таких продуктів істотно впливають на процес дозування та пакування. До найважливіших характеристик належать насипна густина, гранулометричний склад (розмір і форма частинок), кут природного укосу, схильність до пилення чи злипання, гігроскопічність, а також абразивність та схильність до електростатизації. Наприклад, рисова крупа має насипну густину в середньому 0,75–0,90 г/см³ (близько 750–900 кг/м³), що є відносно стабільною величиною для різних сортів рису. Це означає, що при відборі порції за об'ємом маса буде передбачуваною (коливання незначні для одного сорту рису), що сприяє застосуванню об'ємних методів дозування. З іншого боку, продукти з нестабільною густиною (наприклад, пухкі суміші, висушені овочі) вимагають вагового контролю дози для досягнення точної маси.

Дисперсність (розмір частинок) та форма гранул впливають на сипкість матеріалу. Крупи та гранули з розміром зерна 1–5 мм зазвичай добре течуть під власною вагою через дозуючі канали, тоді як порошкоподібні продукти (борошно, крохмаль) утворюють пил і можуть злежуватися, утруднюючи рівномірне дозування. Кут природного укосу характеризує здатність продукту утворювати конус насипу – чим менший кут, тим легше матеріал

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кішнізь Т.Р.	Назва, додаткова назва Розділ 1		614.KP.00.001.ПЗ			
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Акуш 7/71

пересипається. Для сухих зернистих харчових продуктів кут укосу зазвичай 25–40°, що означає достатню текучість. Однак наявність дрібної фракції або вологість можуть збільшувати зчеплення між частками і призводити до утворення склепінь у бункері дозатора. Тому в дозувальних пристроях часто передбачають засоби для руйнування можливих містків і склепінь – наприклад, вібраційні денця бункерів, мішалки, розпушувачі тощо.

Ще одна важлива властивість – гігроскопічність, тобто здатність матеріалу поглинати вологу з повітря. Сипкі продукти при зволоженні можуть злипатися, що погіршує їх текучість. Тому обладнання для фасування таких продуктів повинно забезпечувати мінімальний вплив вологи – наприклад, застосування полімерних пакувальних матеріалів з бар’єрними властивостями (ламінацій з шаром алюмінієвої фольги або поліетиленовим герметичним шаром) та підтримання у дозаторі відносно сухих умов. В нашому випадку вибір полімерного пакета типу «подушка» із багатошарової плівки (наприклад, BOPP/PE) забезпечує достатній бар’єр від вологи та зовнішніх впливів.

Таким чином, властивості сипкого продукту (рису) дозволяють застосувати об’ємне дозування завдяки відносній стабільності насипної густини і доброї сипкості. В конструкції дозатора слід врахувати можливість самовільного висипання через низький кут укосу, передбачивши вмикання/вимикання потоку (клапани-затвори). Матеріали конструкції, що контактують з продуктом, повинні бути виготовлені з корозійностійких та нетоксичних матеріалів – зазвичай нержавіючих сталей харчової марки (AISI 304 або 316) – щоб не забруднювати продукт і легко очищуватися. Поверхні цих частин мають бути гладкими, без щілин і виступів, де можуть накопичуватися залишки продукту, і доступними для миття. Ці вимоги враховано при виборі матеріалів і при розробці конструкції дозатора.

1.2 Існуючі конструктивні схеми машин для пакування сипких продуктів

На практиці для фасування сипких харчових продуктів найширше застосовуються вертикальні формувально-заповнювально-запаювальні автомати (Vertical Form-Fill-Seal, VFFS). Такі машини виконують весь цикл пакування автоматично: формують з рулонної плівки трубчастий рукав, зварюють поздовжній шов, дозують порцію продукту, запаюють поперечні шви, відрізають готовий пакет і видають його. Пакет зазвичай має три шви – один поздовжній (вертикальний) та два поперечних (верхній і нижній), утворюючи форму «подушки». На рис. 1 схематично показано принцип роботи типового вертикального фасувального автомата.

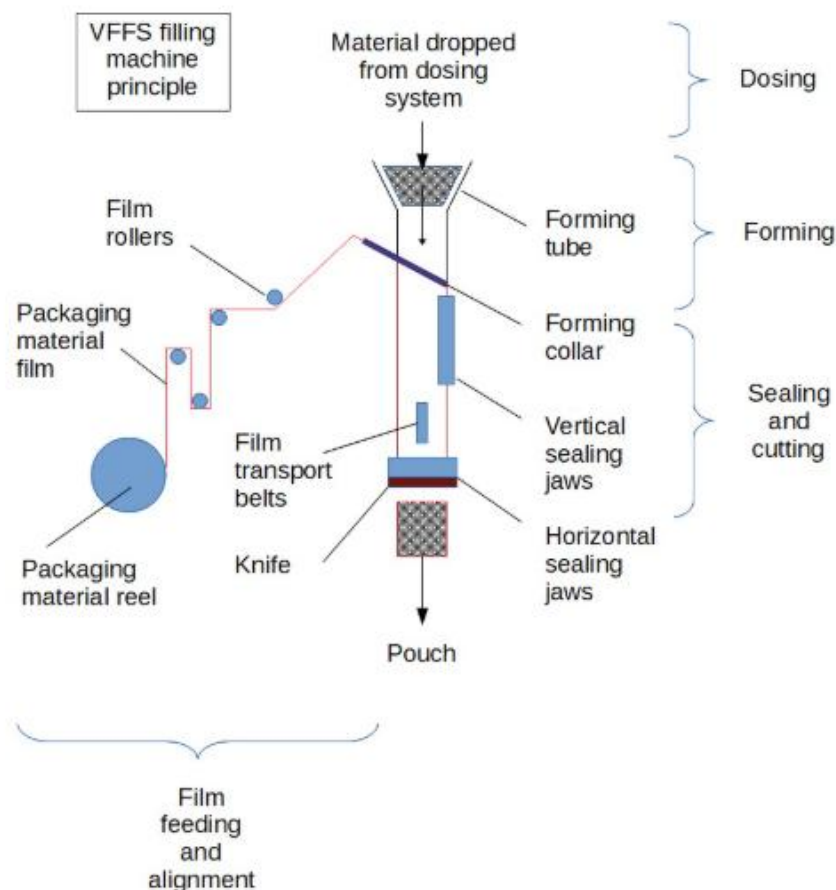


Рис. 1.1. Принципова схема вертикального пакувального автомата (VFFS): подача плівки з рулону, формування рукава навколо дозувальної

трубки, зварювання поздовжнього шва, дозування продукту, запаювання поперечного шва і відрізка пакетів.

Як видно з рис. 1.1, ключовими складовими вертикальної пакувальної машини є: рулон пакувальної плівки, вузол розмотування і натягу плівки (система роликів, гальма або натяжного пристрою), формувальний пристрій (комплект формувальна комірка + трубка), блок поздовжнього зварювання (парні нагрівальні елементи, що утворюють вертикальний шов), дозувальний вузол (зазвичай встановлений над формувальною трубкою) та вузол поперечного зварювання і різання (горизонтальні зварювальні губки з інтегрованим ножем). Принцип роботи VFFS-автомата поетапно наступний:

- **Розмотування плівки** – пакувальний матеріал (полімерна плівка) подається з рулону, проходить через систему напрямних роликів і натягується. Плівка розміщена зазвичай позаду основного робочого вузла машини і подається зверху до формувальної трубки. Натяг забезпечується гальмом на рулоні та/або важільним тангенційним натягувачем.

- **Формування рукава** – пласка плівка огинає формувальну комірку (комір) та трубку, набуваючи циліндричної форми рукава. Краї плівки перекриваються унапуск вертикально, утворюючи майбутній поздовжній шов пакета.

- **Протягування плівки** – спеціальні тягнучі ремені (притискні паси) захоплюють сформований рукав і переміщують його вниз на довжину одного пакета. У деяких конструкціях функцію протягування виконують самі горизонтальні зварювальні губки, переміщуючись у вертикальному напрямку.

- **Поздовжнє зварювання** – нерухомий рукав проходить між нагрівальними елементами (зварювальними планками), які притискаються до накладених країв плівки з утворенням поздовжнього шва (шва спинки пакета). Зварювання відбувається термічним методом: плівка нагрівається до

температури плавлення внутрішнього шару (наприклад ~130–140 °С для поліолефінів) і під тиском стискається для дифузійного склеювання шарів.

- **Нижнє (донне) зварювання** – горизонтальні зварювальні губки закриваються впоперек рукава, запаюючи дно нового пакета і одночасно верх попереднього (вже заповненого) пакета. Для першого циклу спочатку формується лише донний шов пакета.

- **Дозування продукту** – після утворення дна пакета, коли під формувальною трубкою є замкнений «мішечок» з плівки, дозувальний пристрій відмірює та вивантажує порцію сипкого продукту через трубку всередину пакета. Продукт заповнює пакет під дією сили тяжіння. Дозатор може працювати синхронно з циклами машини або неперервно, але видача порції координується так, щоб запобігти пересипанню при відсутньому пакеті.

- **Верхнє зварювання і різання** – після заповнення пакета горизонтальні губки знову сходяться, запаюючи верх поточного пакета. Одночасно в площині шва спрацьовує ніж, який розрізає плівку, відокремлюючи готовий запечатаний пакет від рукава. Цей самий цикл запаювання формує і новий донний шов для наступного пакета, оскільки рукав залишається затиснутим. Потім губки розходяться, цикл повторюється для наступної порції, а готовий пакет падає вниз або забирається транспортёром.

Перевагою вертикальних автоматів є їх універсальність і компактність. Вони працюють з рулонними матеріалами – найчастіше використовується полімерна плівка (поліпропілен (BOPP), поліетилен, багатошарові ламінати). Тип пакета може варіюватися: стандартний «подушка» (три шви) або з додатковими складками (гасетами) з боків для утворення пакетів з плоским дном, з висічками отворів під руку чи єврослотом тощо. Формою пакета керує конфігурація формувального коміра і положення зварювальних планок.

Іншим різновидом обладнання є горизонтальні фасувальні машини, але вони частіше застосовуються для штучних виробів або продукції в тарі, і для сипких продуктів не підходять (сипкі продукти з них можуть висипатися до запаювання). Тому для сипких харчових продуктів (круп, цукру) стандартом де-факто є саме вертикальні фасувальні автомати.

Таким чином, для заданої задачі доцільно використовувати вертикальну фасувальну машину. Принцип її роботи наведено вище. У нашому проєкті така схема реалізована із певними удосконаленнями, зокрема у частині дозування та системи керування. Обрано пакувальний матеріал – полімерна плівка – у рулонах шириною до ~520 мм, що відповідає стандартним параметрам сучасних машин середнього класу (наприклад, PL-520KB має макс. ширину плівки 520 мм). Це дозволяє формувати пакети шириною до ~250 мм, отже для дози ~500 г рису (об’єм близько 0,000625 м³) достатньо пакета шириною ~150 мм і довжиною ~200 мм. Товщина плівки зазвичай 60–80 мкм; у нашій пропозиції завдяки оптимізації режимів запаювання передбачається можливість використовувати тоншу плівку, що здешевить пакування.

1.3 Аналіз методів дозування сипких продуктів

Процес дозування – це відмірювання заданої маси (або об’єму) продукту для кожного пакета. Існують два основних методи дозування: **ваговий (масовий)** та **об’ємний**. Ваговий метод передбачає зважування кожної дози на вагах (механічних чи електронних), об’ємний – відмірювання порції за об’ємом за допомогою мірних ємностей (стаканів, камери) або регулюванням об’єму, що витікає.

Вагові дозатори. Забезпечують високу точність маси порції, оскільки безпосередньо вимірюють масу. Існують механічні вагові дозатори (з пружинами, важелями) та сучасні електронні (тензометричні датчики маси). Для сипких продуктів поширені багатокомпонентні комбінаційні ваги

(мультитоголкові дозатори) – система з 10–14 міні-бункерів на точних вагах, які комбінують варіанти для отримання потрібної сумарної маси з високою точністю. Комбінаційні ваги можуть досягати дуже високої продуктивності (60–120 доз/хв) при точності $\pm 0,5\text{--}1\%$ навіть для великих доз, проте вони складні і дорогі. Простіші вагові дозатори – наприклад, одnobункерні або двоступеневі (грубе і точне дозування) – дешевші, але поступаються в продуктивності (як правило, до 10–20 доз/хв на один дозуючий модуль). Вагові дозатори доцільні, коли необхідна висока точність і при значних коливаннях густини продукту. У випадку фасування рису масою 0,5 кг із допуском $\pm 7,5$ г (1,5%) цілком можна досягти такої точності і об'ємним способом за умови стабільної насипної густини, тому застосування складної вагової системи не є обов'язковим.

Об'ємні дозатори. Більш прості і продуктивні при фасуванні однорідних сипких матеріалів, але точність забезпечується лише за умови сталості об'ємної маси продукту. Найпоширеніші типи об'ємних дозаторів:

- **Мірні стакани (чашкові дозатори).** Матеріал самопливом заповнює мірні ємності (об'ємом, налаштованим на потрібну масу) і надлишок знімається, після чого доза викидається у пакет. Такі дозатори надзвичайно прості, забезпечують високу швидкість (множинні стакани можуть одночасно дозувати кілька порцій). Однак точність залежить від рівномірності щільності продукту: при зміні властивостей (вологість, фракційний склад) або переході на інший продукт треба переналаштовувати об'єм стаканів. Гнучкість невисока – зміна дози часто потребує заміни комплекту стаканів або складного механізму регулювання їх об'єму [6]. За даними виробників, точність чашкових дозаторів для добре сипких продуктів становить близько $\pm 1\text{--}2\%$ при продуктивності до ~ 40 упак./хв на одну лінію [14].

- **Шнекові (гвинтові) дозатори.** Використовуються для порошкоподібних або дрібних продуктів, що пилять (борошно, дрібні спеції).

Доза відмірюється шляхом обертання шнека: за певний кут повороту шнека подається заданий об'єм порошку. Такі дозатори фактично є об'ємними, але можуть мати непряму вагову стабілізацію. Завдяки керуванню серводвигуном, що точно відміряє кількість обертів, можна досягти прийнятної точності. Шнековий дозатор зручний тим, що він закритий (мінімум пилення), проте для круп (рису) він не оптимальний – гранули рису можуть дробитися шнеком, а сипкість рису досить добра для гравітаційних систем.

- **Вібраційні жолоби та стрічкові дозатори.** Ці пристрої транспортують продукт у приймальну ємність (або одразу в пакет) за допомогою вібрації або руху стрічки. Кількість продукту контролюється часом подачі. Зазвичай використовуються у вагових системах (наприклад, двохшвидкісне дозування: швидка подача до ~95% маси, потім повільна до точного досягнення маси). Суто об'ємно за часом їх застосовують рідко, бо густина і продуктивність подачі можуть коливатися. Тому в нашому проєкті такий тип не розглядається як основний, але елементи вібрації можуть бути використані для кращого стікання продукту.

- **Шибєрні, клапанні дозатори.** Прості варіанти об'ємного дозатора – це дозувальна камера з заслінкою (шибєром) або клапаном. При відкритті клапана продукт заповнює камеру, при закритті – порція падає вниз. Недоліком є ударні навантаження та нерівномірне заповнення без спеціальних заходів. Вібраційні беззаслінкові дозатори, досліджені у роботах Б.О. Пальчевського, намагаються уникнути механічних затворів, використовуючи коливні бункери і лунки для порціонування. Такі конструкції зменшують знос і забивання дозатора, проте потребують складних розрахунків параметрів вібрації і є придатними більше для невеликих доз.

Висновок з аналізу методів дозування: для фасування рису в пакети ~500 г оптимальним є об'ємний дозатор з жорстко фіксованим об'ємом

доза, доповнений механізмом тонкого регулювання або корекції. Оскільки рис – відносно однорідний за щільністю продукт, а вимоги точності $\pm 1,5\%$ ($\pm 7,5$ г) не надзвичайно суворі, застосування високошвидкісної ваги не є виправданим економічно. Об'ємний підхід забезпечить необхідну продуктивність при спрощеній конструкції. Проте для підвищення точності і гнучкості бажано реалізувати **двоступеневе дозування**: спочатку швидке наповнення більшої частини дози, потім – дозування «тонкої» порції для точного досягнення маси. Такий принцип широко використовується – наприклад, у патенті України №85439 запропоновано мембранний дозатор, де задача підвищення продуктивності та зменшення енерговитрат вирішується шляхом розділення подачі на два етапи. У нашій конструкції передбачено два клапани: основний (грубий) і додатковий (тонкий), що дозволить прискорити дозування без втрати. За попередніми оцінками, це дозволить отримати середнє відхилення маси в межах $\pm 1-1,5\%$ для 0,5 кг, що відповідає типовим промисловим показникам.

1.4 Огляд сучасного фасувально-дозувального обладнання для сипких продуктів

Проаналізуємо властивості та характеристики декількох зразків сучасного обладнання, доступного на ринку, щоб визначити орієнтири для нашого проєкту та можливі резерви вдосконалення.

Одним з прототипів за параметрами можна вважати автоматичну пакувальну машину **PL-520KB** (виробництво КНР), призначену для фасування гранульованих продуктів. Ця машина оснащена об'ємним чашковим дозатором і може фасувати широкий асортимент сипких харчових продуктів (круп, цукор, сіль, кава, насіння тощо) у тришовні пакети типу «подушка» [\[14\]](#). Технічні характеристики PL-520KB такі: діапазон дозування 200–2000 г, розмір пакета – ширина 100–250 мм, довжина 80–350 мм, продуктивність 25–40 пак/хв, об'єм мірної чаші близько 0,5 л [\[14\]](#). Машина

має сучасну систему керування: ПЛК Mitsubishi з сенсорним екраном, серводвигуни для протяжки плівки, незалежний терморегулятор зі стабільністю $\pm 1^\circ\text{C}$ для роботи з різними плівками [14]. Передбачені також датчики безпеки і аварійна зупинка, низький рівень шуму при роботі [14]. Перелічені переваги вказують на високий технічний рівень зразка.

Недоліки існуючих рішень. За даними експлуатації та аналізу конструкції PL-520KB, можна виокремити такі потенційні обмеження, типові для об'ємних фасувальних автоматів цього класу:

- Фіксований об'єм дозувальних стаканів обмежує гнучкість – складно швидко змінити дозу за межі розрахункових без заміни деталей (немає можливості легко змінювати межі дози).
- Діапазон продуктивності також обмежений конструктивно – неможливо значно збільшити швидкість без зміни кінематики або додавання паралельних дозуючих вузлів.
- Певні обмеження щодо зміни пакувального матеріалу: машині потрібна плівка заданої товщини і типу (не будь-який матеріал підійде через фізико-механічні властивості та налаштування температурних режимів). Тобто використання дуже тонкої плівки або іншого ламінату може потребувати переналаштування температури, тиску тощо.
- Об'ємний принцип дозування чутливий до змін густини продукту – при переході, наприклад, з рису на цукор (густина $\sim 0,8$ проти $\sim 0,85$ кг/дм³) похибка маси зростає, якщо не відрегулювати об'єм стаканів або калібрування дозатора вручну.

Іншим прикладом може бути серія машин з комбінованим дозуванням. Існують автомати, де для досягнення високої точності поєднується об'ємний і ваговий принцип: наприклад, встановлений мультиголовковий ваговий дозатор над пакувальною машиною. Вони демонструють високу продуктивність (до 60 упак./хв і більше) і точність ($\sim \pm 0,5\%$ для 0,5 кг), але ціна установки набагато більша, конструкція складніша (окрема вібраційна

система підводу продукту до кожного вагового ковша, синхронізація з пакувальним автоматом)[6].

1.5 Недоліки та обмеження існуючих рішень

На основі проведеного огляду можна узагальнити ряд проблемних моментів, характерних для існуючих фасувальних автоматів, які проєктний пристрій має вирішити або мінімізувати:

- **Обмежена точність об'ємного дозування при зміні властивостей продукту.** Як зазначалося, чашкові дозатори вразливі до коливань густини. Безперервний автоматичний контроль маси в них відсутній, тому потрібно або періодично перевіряти масу дози і вручну коригувати налаштування, або інтегрувати додаткові засоби корекції.

- **Втрати часу на заповнення дози при об'ємному методі.** У разі великої дози (500 г) один мірний стакан повинен мати значний об'єм (~0,625 л). Наповнення такого об'єму самопливом може вимагати суттєвого часу (0,5–1 с), що лімітує продуктивність.

- **Нерівномірність руху плівки та розтягнення пакета.** У старіших конструкціях протягування плівки виконувалося кроковими електродвигунами або навіть механічно від головного валу, що могло давати ривковий рух і неточність довжини пакета. Сучасний тренд – застосування сервоприводу з енкодером для тягнучих ременів, що дозволяє точно відміряти довжину пакета і плавно розганяти/гальмувати плівку[14].

- **Втрати сировини і матеріалів при збоях.** При неправильному запаюванні або розриві плівки виникають відходи продукту і браку. Машини високого класу оснащуються системами контролю – наприклад, фотоелектричними датчиками положення плівки, аварійними стопами, щоб зупинити дозування при відкритих губках, та ін. [14].

- **Складність переналаштування на інший продукт чи масу.** Існуючі об'ємні машини часто вимагають ручної заміни деталей або

тривалого регулювання при зміні фасованого продукту (через іншу густину чи гранулометрію) або дози. Сучасні фасувальні автомати вже досить досконалі, але є можливості для поліпшення у ніші середньої продуктивності.

Основні напрямки модернізації: підвищення швидкодії дозатора за рахунок двофазного режиму, впровадження адаптивного керування для стабілізації маси порції, оптимізація приводу для плавності руху, зниження експлуатаційних витрат (енергії, стисненого повітря) і покращення гігієнічності та безпеки конструкції.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ТА СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Будь-яка харчова продукція в умовах ринкових відносин має бути конкурентноспроможною, а тара і упаковка мають відповідати світовим стандартам за захисними характеристиками конструкцій та дизайну, економічністю а особливо екологічністю.

Розроблення і впровадження нового фасувального пристрою повинно бути економічно виправданим та приносити користь як виробнику, так і споживачам. У цьому розділі наводиться обґрунтування доцільності проекту з техніко-економічної та соціальної точки зору.

Підвищення продуктивності та ефективності виробництва. Запропонований автомат дозволить фасувати до 45 упаковок продукту за хвилину, що еквівалентно ~2700 пак/год або понад 20 тонн продукту за зміну (8 год). Це значно перевищує продуктивність ручного фасування. Автоматизація зменшує залежність виробництва від людського фактора і дозволяє масштабувати випуск продукції підвищенням змінності або установкою паралельних машин без пропорційного збільшення штату. Це особливо важливо при зростанні попиту – автоматична система легко справляється з підвищенням навантаження, тоді як ручна система не масштабована [1]. Отже, впровадження автомата стимулює розвиток виробництва, підвищуючи конкурентоспроможність підприємства.

Економія на витратах матеріалів і продукту. Точність дозування $\pm 1,5\%$ означає, що перевищення маси в середньому невелике (близько 5–7 г на 500 г пакет). У ручному фасуванні похибка може бути більшою, і зазвичай фасувальники намагаються “покласти з запасом”, щоб уникнути недоваги – це призводить до перевитрати продукту. Автомат підтримує мінімально

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кішнізь Т.Р.	Назва, додаткова назва Розділ 2		614.KP.00.001.ПЗ			
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Акуш 19/71

необхідну точність, зменшуючи середню перевагу до ~0,5–1% (за рахунок стабільності дози). За рік економія продукту може скласти до 5 т.

Крім продукту, економляться й пакувальні матеріали. Точний контроль довжини пакета зменшує “хвіст” плівки, який обрізається, до мінімуму (наприклад, 5 мм запас замість 10–15 мм при ручному запаюванні). При великому обсязі продукції це дає значну економію плівки – відповідно, знижує витрати на матеріали. Застосування нової схеми керування температурою зварювання дозволяє використовувати тоншу плівку без втрати міцності швів.

Зменшення енергоємності та експлуатаційних витрат. Новий автомат оснащено сучасними електроприводами і оптимізованою пневмосистемою. Сервопривід протягування плівки працює тільки при русі (короткочасно), решту часу він не споживає значної потужності. Застосовано частотне регулювання, що економить енергію, зменшено споживання стисненого повітря за рахунок оптимізації пневматичних клапанів і циклу.[\[1\]](#).

Покращення якості та привабливості продукції. Автоматична машина забезпечує стабільну якість упаковки – кожен пакет має однакову масу, щільно та акуратно запааний, із чіткими швами. Це підвищує довіру споживачів і покращує зовнішній вигляд товару на полиці (відсутність просипання, усі пакети рівномірні). Крім того, є можливість інтегрувати принтер для нанесення дати та номеру партії на пакеті, що важливо для простежуваності (в нашому проєкті передбачено місце під датер, опція). Консистентність упаковки також знижує відсоток рекламаций і повернень за недовогу чи неякісне пакування. **Автоматизація дозволяє підтримувати стабільно високу якість, що є конкурентною перевагою на ринку.**

Зменшення контакту людини з продуктом покращує санітарно-гігієнічні умови – **харчовий продукт пакується безпосередньо автоматом, що відповідає сучасним нормам безпеки харчових продуктів (НАССР).**

Це важливо для кінцевого споживача, оскільки знижується ризик мікробіологічного чи іншого забруднення продукту при фасуванні.

Техніко-економічні показники. Для підкріплення обґрунтування, складемо приблизний баланс ефектів. Інвестиції в розробку і виготовлення дослідного зразка машини оцінюються умовно в N грн (сюди входять вартість комплектуючих, праця інженерів і робітників, накладні витрати). При серійному виробництві очікувана собівартість одного автомата буде менша, а ринкова ціна – на рівні імпортованих аналогів або нижче. Економічний ефект для користувача автомата:

- Скорочення штату фасувальників на 5 осіб, економія фонду зарплати ~M грн/рік.
- Збільшення випуску продукції на X% (можливість виконувати більше замовлень).
- Зниження втрат продукту на Y тонн/рік, що еквівалентно Y1 грн.
- Зниження витрат пакувальної плівки на Z %, що еквівалентно Z1 грн/рік.
- Зменшення споживання електроенергії компресором (за рахунок ефективнішого використання повітря) – економія ~W кВт·год/рік (~W1 грн).

Сумарний річний ефект E грн. За цих умов, термін окупності $T = (\text{вартість}) / (\text{річний ефект})$ складає приблизно 1,5–2 роки, що є прийнятним показником інвестиційної привабливості.

На підставі наведених даних можна зробити висновок, що проєктований фасувальний пристрій є технічно доцільним і економічно вигідним для впровадження. Він дозволяє підвищити ефективність виробництва, знизити витрати і втрати, поліпшити умови праці та якість продукції [\[1\]](#).

РОЗДІЛ 3. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ФАСУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Загальна компоновка машини. Фасувальний автомат виконано у вигляді вертикально-орієнтованої машини колонного типу. Він складається з жорсткої рами, на якій закріплені всі вузли: у верхній частині – бункер з дозатором, по центру – формувальний пристрій з трубкою та механізми протягування плівки, у нижній частині – вузол поперечного зварювання і відрізки пакетів. Рама має основу, що може кріпитися до підлоги (для гасіння вібрацій), і кожухи (панелі) з дверцятами, що закривають рухомі та гарячі елементи для безпеки.

Пристрій дозатора (вузол дозування). Бункер для продукту має конічне днище і виконаний з нержавіючої сталі. В нижній частині бункера встановлено дозувальний канал – кругла трубка діаметром ~100 мм, на виході якої змонтовано два послідовних клапани. Верхній клапан – **грубий затвор**: це пневматично керований заслінка, яка перекриває близько 80% поперечного перерізу труби. Конструктивно він виконаний як шибер (плоска заслінка) або як гнучка мембрана, що перетискає еластичну частину труби (наприклад, гумову манжету). Нижче, на відстані ~150 мм, знаходиться **точний клапан** – менший за розміром отвір, наприклад, трубка діаметром 40 мм, яка також перекривається пневмоциліндром.

Формувальний пристрій пакета. Формування полімерного пакета здійснюється за допомогою формувальної комірки. Розміри коміра розраховано під ширину плівки ~320 мм (для пакета шириною 150 мм і нахльосту ~20 мм). Формувальна трубка (направляюча) закріплена під коміром, її діаметр ~100 мм, довжина ~500 мм; всередині трубки розташовано дозувальну трубку, по якій сиплеться продукт (вона трохи

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кішчіль Т.В.	Назва, додаткова назва Розділ 3	614.KP.00.001.ПЗ				
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Акуш 22/71	

меншого діаметра, щоб залишався проміжок для проходження плівки). Проміжок між дозувальною трубкою і формувальною трубкою становить ~5–6 мм – цього достатньо для подвійної товщини плівки і невеликого зазору, аби плівка не терлась надто сильно. Плівка обгортається навколо формувальної трубки та рухається вниз – при цьому її краї перекриваються.

Вузол поздовжнього зварювання. Вертикальний шов пакета запаюється безперервно в міру руху плівки. Для цього вздовж формувальної трубки встановлений нагрівальний елемент – вертикальний термоніж або термопруток, що притискає унахлест два краї плівки і зварює їх. Температура контролюється термодатчиком і ПД-регулятором (може бути модуль ПЛК або автономний регулятор). Процес: плівка проходить між нагрівачем та притискною підкладкою; завдяки теплу її внутрішні поліетиленові шари сплавляються, утворюючи міцний шов (типу “накладного”). Щоб плівка не прилипала до металу, нагрівач ізолюваний фторопластовою тканиною, яка регулярно замінюється при зносі.

Вузол поперечного зварювання і відрізання. Горизонтальні (верхній і нижній) шви пакета виконуються парою термощелеп, що рухаються назустріч одна одній, стискаючи рукав плівки. У наших кресленнях цей вузол представлений як дві масивні губки розміром ~200×20 мм кожна. Одна з губок має інтегрований нагрівальний елемент (нихромова стрічка або пластина), інша – пружну теплоізолювану підкладку. При змиканні губок плівка затискається між ними і прогрівається протягом певного часу (близько 0,8–1,0 с) [3] для формування герметичного шва шириною ~8–10 мм.

Принцип роботи машини (циклічний алгоритм). Робота фасувального автомата здійснюється циклами, узгодженими з утворенням одного пакета. Нижче наведено опис одного циклу в динаміці:

1. **Стан спокою/готовності:** Плівка заправлена, її кінець затиснутий між губками (після стартового налаштування). Горизонтальні губки закриті,

утворюючи донний шов першого пакета. Дозатор заповнений продуктом, клапани закриті.

2. **Дозування порції:** На команду контролера верхній клапан дозатора відкривається – продукт починає сипатися в пакет (пакет поки закритий знизу губками). Через заданий час верхній клапан закривається, відкривається нижній клапан – досипається решта до норми. Потім нижній клапан закривається. Тепер відміряна порція продукту знаходиться всередині відкритого зверху пакета (тобто рукав плівки з дном).
3. **Запаювання верху попереднього пакета:** Горизонтальні губки були закриті, виконуючи донний шов поточного пакета. Одночасно це був верхній шов попереднього пакета, який уже відрізаний. З часу закриття губок відбувався нагрів шва $\sim 0,8$ с. Після завершення нагріву ніж висувається і розрізає плівку між пакетами. Губки розходяться, відпускаючи готовий запечатаний пакет, який падає вниз у приймальник. Верх поточного пакета залишається відкритим (але донний шов вже є).
4. **Протягування плівки:** Як тільки губки розійшлися, сервопривід включається і тягне плівку донизу на довжину одного пакета (близько 200 мм). Рух плавно розганяється і гальмується, займаючи приблизно 0,3 с. Під час протяжки дозатор може вже почати попереднє наповнення наступної порції. Продукт в цей момент знаходиться в пакеті, закритому знизу (тертя об стінки формувальної трубки заважає продукту сильно переміщуватися нагору). Рукав плівки зі щойно насипаним продуктом опускається нижче губок.
5. **Формування донного шва нового пакета:** Коли плівка протягнута, горизонтальні губки знову швидко змикаються. Вони запаюють пакет над заповненою порцією продукту – тобто верх поточного пакета. Одночасно вони утворюють дно для наступного пакета (адже рукав плівки вище губок теж затискається). Таким чином цикл замикається: ми повернулися до стану,

коли пакет герметично закритий знизу губками, а зверху поки що відкритий (і заповнений продуктом).

6. **Очікування/зварювання:** Губки утримуються зімкненими протягом встановленого часу для прогріву шва. Цей час ($\sim 0,8-1$ с) використовується для виконання дозування наступної порції – тобто операції паралелізуються. Таким чином досягається перекриття: поки шов застигає, дозується нова порція для наступного пакета.
7. Після витримки часу зварювання знову виконується відрізання (ніж – як у кроці 3), і цикл повторюється з кроку 3.

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1. Розроблення циклограми для роботи машини

Циклограмою називають графічне зображення послідовності переміщення робочих органів машини.

Беручи нашу машину побудуємо прямокутну циклограму.

Машини для пакування крупи в пакети розміром $L = 100$ мм, $H = 120$ мм, масою продукту 900 г має продуктивність 45 уп/хв. Всі операції автомата виконуються з наступним суміщенням такими робочими органами:

1. Поршневі дозатори
(2 шт. працюють паралельно)
2. Механізм протягування пакетів
3. Пневматичні захвати для розкриття пакетів
(2 пари, працюють паралельно)
4. Тени поздовжнього і паралельного склеювання
(працюють у суміщенні із пневмоприсосками і дозуючими шнеками)
враховуючи фізичні і хімічні властивості плівки приймаємо тени термоімпульсного зварювання
5. Ніж відрізання пакетів
(спрацьовує в момент простою пакетів)

Виходячи із продуктивності знаходимо тривалість виготовлення одного пакета:

$$T = 45/60 = 0,75 \text{ (с);}$$

Виконаємо циклограму машини в масштабі часу, який відповідає

$$\mu_t = 0.02 \frac{\text{с}}{\text{мм}}.$$

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кішнілєв Т.В.	Назва, додаткова назва Розділ 4	614.KP.00.001.ПЗ				
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Акуш 26/71	

По цій циклограмі машини ми визначили початок та кінець переміщення робочих органів в їх межах кінематичного циклу. За допомогою цієї циклограми ми визначаємо відносне положення інтервалів циклів виконавчих механізмів в загальному циклі машини.

Циклограма роботи робочих органів машини

дозатор	РХ		В			
Механізм протягування плівки	ХХ	В	РХ	ХХ		
Склеювальні тени	РХ	В				
Ніж відрізання пакетів	РХ	ХХ	В			
	0.5с	1с	1.5с	2с	2.5с	3с
	Т					

4.2. Технологічний розрахунок пристрою розмотування плівки з рулону

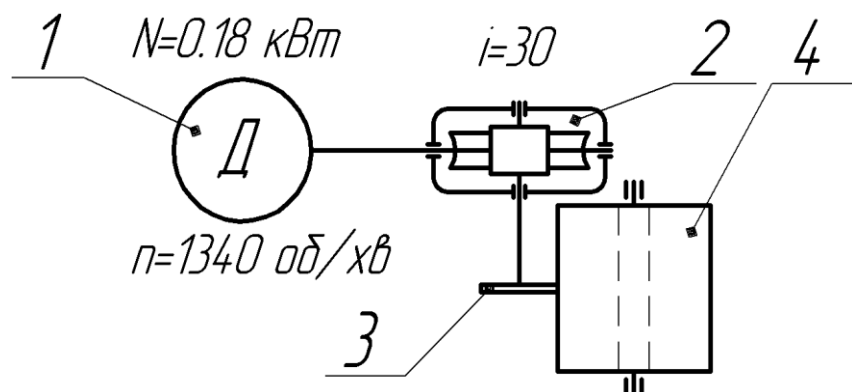


Рис.4.2.2. Кінематична схема механізму для розмотування плівки

1.Електродвигун; 2.Черв'ячний редуктор; 3.Привідний ролик; 4.Рулон плівки

Підбір мотор-редуктора для розмотування рулону плівки.

З рівняння:

$$I \cdot y = M_{M.P.} - M_{on.}, \text{ де}$$

I - момент інерції рулона плівки;

y - кутове прискорення;

$M_{M.P.}$ - момент на вихідному валу мотор-редуктора;

$M_{on.}$ - момент опору вала.

Знаходимо $M_{M.P.}$:

$$M_{M.P.} = I \cdot y + M_{on}$$

$$y = \frac{\varpi}{t_p}, \text{ де}$$

t_p - час розгону;

ϖ - кутова швидкість рулону.

$$\varpi = \frac{\pi \cdot n}{30}, \text{ де}$$

n - кількість обертів рулону плівки за хвилину.

$$n = \frac{l}{C}, \text{ де}$$

l - довжина плівки, яка використовується за хвилину;

C - довжина окружності рулону плівки.

$$L = Q \cdot S, \text{ де}$$

Q - продуктивність машини, $Q = 60$ шт/хв.;

S - довжина пакету, $S = 0.255$ м.

$$L = 60 \cdot 0,255 = 15.3 \text{ м/хв} = 0,255 \text{ м/с}$$

$$C = \pi \cdot D, \text{ де}$$

D - діаметр рулону плівки, $D = 0.4$ м.

$$C = 3,14 \cdot 0,4 = 1,256 \text{ м}$$

$$n = \frac{15,3}{1,256} = 12,1806 / \text{хв.}$$

$$\varpi = \frac{3,14 \cdot 12,18}{30} = 1,27 \text{ рад/с}$$

$$y = \frac{1,27}{0,1} = 12,7 \text{ рад/с}^2$$

$$l = 0,5 \cdot m \cdot g \cdot R^2, \text{ де}$$

m - маса рулона, m = 60 кг.;

R - радіус рулона, R = 200 мм. = 0,2 м.

$$l = 0,5 \cdot 60 \cdot 9,8 \cdot 0,2^2 = 11,76$$

$$M_{\text{он.}} = G \cdot f \cdot \frac{d_o}{2}, \text{ де}$$

G - вага рулона,

$$G = m \cdot g,$$

$$G = 60 \cdot 9,8 = 588 \text{ Н}$$

$$f = 0,1$$

d_o - діаметр осі ролика, по якому обертається рулоноутримувач,

$$d_o = 0,02 \text{ м}$$

$$M_{\text{он.}} = 588 \cdot 0,1 \cdot \frac{0,02}{2} = 0,588 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{м.р.}} = l \cdot y + M_{\text{он.}} = 11,76 \cdot 4,3 + 0,588 = 51,156 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Підбираємо з каталога фірми "SITI" двигун марки М-63В4 і редуктор МІ-30М6, що має наступну характеристику:

*потужність - 0,18 кВт

*крутний момент - 16 Н*м

*передаточне число редуктора - 30

*кількість обертів - 46,7 хв⁻¹

Визначаємо діаметр приводного ролика :

$$D = \frac{l}{n_1 \cdot \pi} = \frac{5200 \text{ мм} / \text{хв}}{46 \text{ хв}^{-1} \cdot 3,14} = 35,5 \text{ мм}$$

Так, як діаметр ролика вийшов занадто малим, для данної схеми приймаємо $D = 120 \text{ мм}$. Для того, щоб рулон обертався у становленому режимі двигун підключаємо до частотного перетворювача.

4.3. Розрахунок елементів повздовжнього зварювання

Механізм повздовжнього зварювання застосовується для зварювання повздовжнього шва на рукаві. Показаний на рис.1 Механізм приводиться до дії від пневмоциліндрів.

Перед тим, як зварювальна губка притискається до плівки, в нагрівний елемент зварки подається імпульс електричного току. Потім вже нагрітий елемент притискають до подвійної плівки, і відбувається процес зварювання.

Нагрівний елемент 1 знаходиться між підкладками 2 з спеціальною фторопластовий лакотканини для того, щоб не було прямого контакту між плівкою та металевим корпусом. Тривалість імпульсу складає приблизно 0,76 сек. на кулачку командоапарата. Струм імпульсу 25 – 40 А, залежно від товщини плівки. Струм регулюється ручкою на пульті керування.

Про змінення величини струму можна стежити за показниками, відповідно амперметра на пульті управління.

Пружина 3 компенсує видовження нагрівного елемента при нагріві. По трубці 5 подається повітря яке охолоджує повздовжній шов.

Механізм має бути відрегульований.

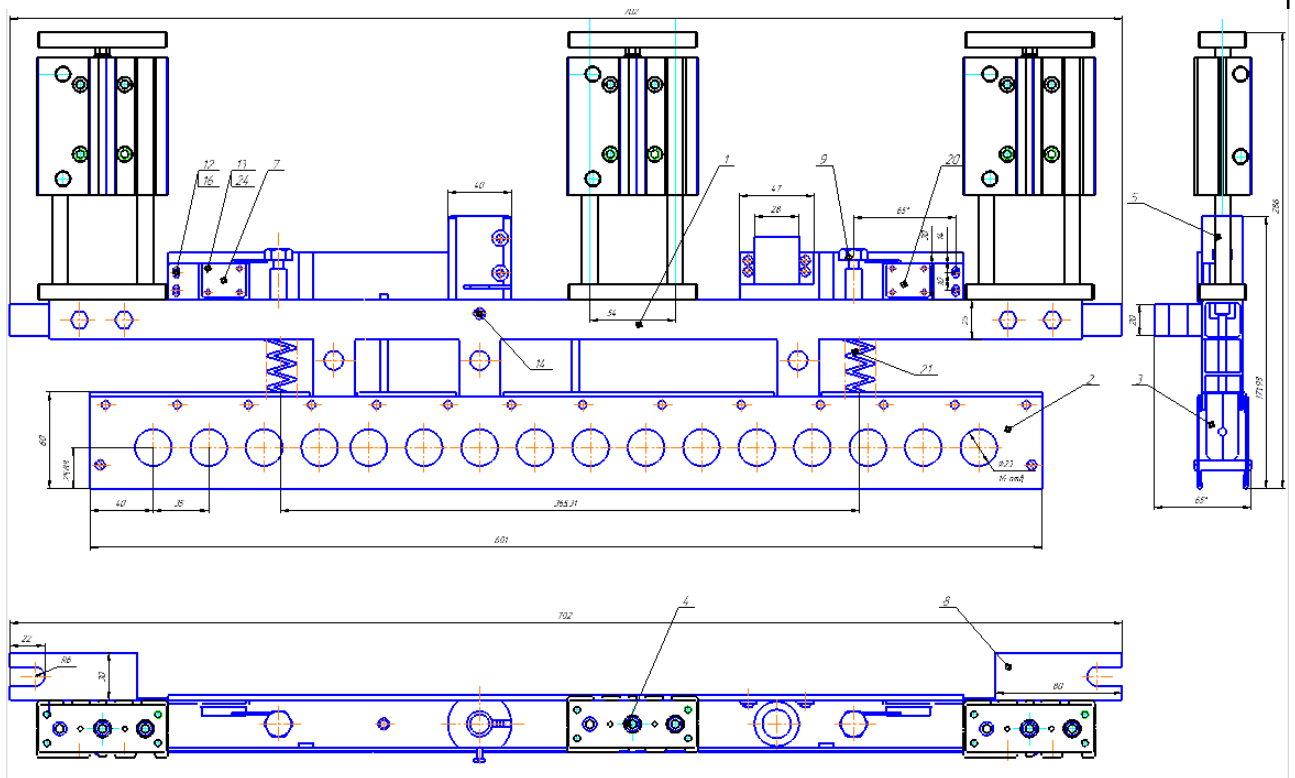
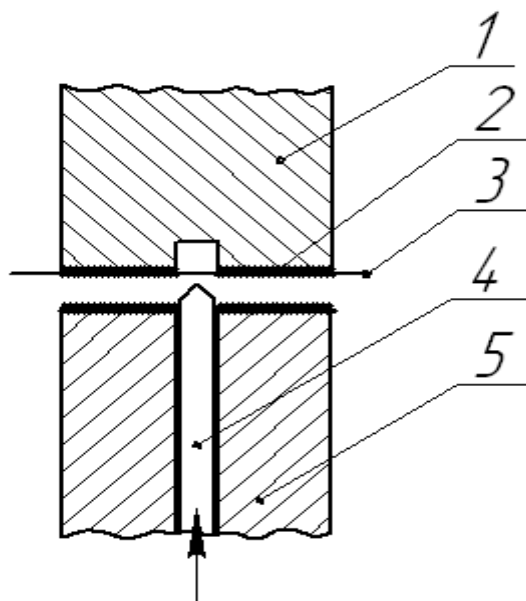


Рис. 1. Механізм повздовжнього зварювання

4.4. Розрахунок пристрою поперечного зварювання

Зварювання здійснюється за допомогою спеціальної термозварювальної головки, до якої подається постійний струм, що становить 55-65 А.



1. Термозварювальна головка верхнього пневмоциліндра
2. Вольфрамовий дріт
3. Термозварювальна плівка
4. Ніж
5. Термозварювальна головка нижнього пневмоциліндра

Рис.3. Пристрій для поперечного зварювання плівки

При контакті термозварювальної головки з полімерним матеріалом, останній нагрівається до температури зварювання $t_2=160^{\circ}\text{C}$.

Складаємо рівняння теплового балансу для нашого обладнання:

$$Q_1=Q_2, \quad (1)$$

де Q_1 - кількість теплоти, яку потрібно підвести до нагрівача, Дж

Q_2 - кількість теплоти, що відводиться, Дж

Кількість теплоти, яку потрібно підвести, ми можемо визначити щоб розплавити плівку можна визначити із закона Джоуля-Ленца:

$$Q_1 = k \times I^2 \times R \times T, \quad (2)$$

де k - коефіцієнт, який враховує при витрати теплоти на нагрівання повітря;

I - сила струму, яку потрібно підводи до вольфрамового дроту, А

R - опір, який чинить повітря, Ом

T - час, за який нагрівається повітря, с

Кількість теплоти, яку ми підводимо, визначаємо за формулою:

$$Q_2 = c \times m \times (t_2 - t_1), \quad (3)$$

де c - коефіцієнт теплоємності ($c = 0,4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \times \text{K}}$)

m - маса зварюваного матеріалу, кг

t_2 - температура зварювання, $^{\circ}\text{C}$

t_1 - температура середовища, $^{\circ}\text{C}$

Прирівнявши обидва рівняння, отримаємо:

$$k \times I^2 \times R \times T = c \times m \times (t_2 - t_1) \quad (4)$$

З одержаного рівняння ми можем визначити опір провідника R :

$$R = \frac{c \times m \times (t_2 - t_1)}{k \times I^2 \times T} \quad (5)$$

Підставивши значення в рівняння, отримаємо:

$$R = \frac{0.4 \times 0.972 \times (160 - 20)}{1.3 \times 10^2 \times 0.8} = 0.523 \text{ Ом} \quad (6)$$

де маса:

$$m = V \times \rho_g = 2 \times (b \times l \times h) \times \rho_g = 2 \times (0.4 \times 45 \times 0.03) \times 0.9 = 0.972 \text{ гр.} \quad (7)$$

де $b=0.4$ см – ширина термозварювальної головки;

$l=45$ см – довжина термозварювальної головки;

$h=0.03$ см – товщина термозварювальної головки;

$n=2$ – дві зварювальні головки;

$\rho_g = 0.9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ – густина вольфрамового дроту.

Діаметр вольфрамового дроту можна визначити із закону Ома:

$$R = \frac{\rho \times L}{S} = \frac{4 \times \rho \times L}{\pi \times d^2} \quad (8)$$

де $\rho = 5.5 \times 10^{-8} \frac{\text{Ом}}{\text{м}}$ – питомий опір вольфраму;

L – довжина дроту, м

d – діаметр дроту, м

Задамося кількістю витками по ширині $n=15$;

Довжину дроту визначаємо:

$$L = l \times n = 0.45 \times 15 = 6.75 \text{ м} \quad (9)$$

Діаметр нашого складеного дроту можна визначити з формули (8):

$$d = \sqrt{\frac{4 \times \rho \times L}{\pi \times R}} = \sqrt{\frac{4 \times 5.5 \times 10^{-8} \times 6.75}{3.14 \times 0.523}} = 0.95 \times 10^{-3} \text{ м} \quad (10)$$

Отже ми вибираємо дріт діаметром $d=0.95$ мм і довжиною $L=6.75$ м.

4.5. Розрахунок періоду руху поршня механізму зварювання

Час руху поршня розраховується за формулою:

$$t = \frac{F_l \cdot s \cdot \tau}{f_1^3 K \sqrt{R \cdot T_m}} = 1.03 \cdot 10^{-3} \frac{s \cdot D^2}{\mu \cdot f} \tau ;$$

де F_l – ефективна площа робочої поверхні; s – хід поршня; f_1^3 – площа прохідного перерізу труби; K – кінематична енергія поршня; R – газова стала; T_m – абсолютна температура для повітря в магістралі; D – діаметр базового поршня; μ – коефіцієнт витрат повітря; t – безрозмірний час, час переміщення поршня визначають проводячи чисельне інтегрування формули :

$$s = 0.06 \text{ м}; \mu = 0.23 \text{ (таб.3.14[3])};$$

$$f = \frac{\pi d_1^2}{4} = 0.7 \text{ м}^2$$

➤ рівняння руху

$$\frac{d^2 \xi}{d\tau^2} = \frac{1}{N^2} (\sigma_1 - \Pi_{2.1}^F \cdot \sigma_2 - \chi) ;$$

рівняння тиску в робочій порожнині

$$\frac{d\sigma_1}{d\tau} = \frac{k}{\xi_{01} + \xi} \left[\varphi(\sigma_1) - \sigma_1 \frac{d\xi}{d\tau} \right];$$

рівняння тиску у вихлопній порожнині

$$\frac{d\sigma_2}{d\tau} = \frac{k}{\xi_{02} + 1 - \xi} \left[\frac{\Omega}{\Pi_{2.1}^F} \sigma_2^{\frac{3k-1}{2k}} \varphi\left(\frac{\sigma_a}{\sigma_2}\right) - \sigma_2 \frac{d\xi}{d\tau} \right];$$

де $\xi = \frac{x}{s} = \frac{0.2}{0.2} = 1$ коефіцієнт безрозмірного переміщення (x –

переміщення деталі виконавчого пристрою); σ_1, σ_2 – безрозмірний тиск

відповідно у робочій та вихлопній порожнині ; $\Omega = \frac{\mu_2 f}{\mu_1 f} = \frac{0.26}{0.13} = 2$ коефіцієнт пропускної спроможності .

Провівши чисельне інтегрування отримали $\tau = 0.005$. Звідки :

$$t = \frac{1.03 \cdot 10^{-3} \frac{sD^2}{\mu \cdot f}}{0.23 \cdot 0.7} = 1.03 \cdot 10^{-3} \frac{0.06 \cdot 0.03^2}{0.23 \cdot 0.7} \cdot 5 = 0.15 \text{с};$$

Час заключного періоду роботи .

Час збільшення тиску в робочій порожнині:

$$V_o = V_{oB} = V_o' + \frac{\pi d_1^2}{4} l_v =$$

$$= 0.12 \cdot 10^{-3} + 0.7 \cdot 1 = 0.8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

де V_o' – шкідливий простір робочої порожнини.

$$t_{II} = \frac{3.62 \cdot 10^3 (V_o + F_1 s)}{f} \cdot [\varphi_1(\sigma_2) - \varphi_2(\sigma_1)] = \frac{3.62 \cdot 10^3 \cdot (0.562 \cdot 10^{-3} + 0.002 \cdot 0.06)}{0.7} \cdot [0.67 - 0.18] = 0.045 \text{с}$$

Час падіння тиску у вихлопній порожнині:

$$V_B = V_{oB}^3 + F_2 s = V_{oB} + \frac{\pi (D^2 - D_{ш}^2) s}{4} =$$

$$= 0.562 \cdot 10^{-3} + \frac{3.14 (0.03^2 - 0.0125^2) 0.06}{4} = 0.93 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 ;$$

де D-діаметр поршня, s-робочій хід поршня, $D_{ш}$ - діаметр штока.

$$t_{III}^B = \frac{2.53 \cdot 10^{-2} V_{B0}}{f_B^3 \sigma_a^{k-0.5k}} [\varphi_2(\sigma_{B2}) - \varphi(\sigma_{B1})] = \frac{2.53 \cdot 10^{-2} \cdot 2.03 \cdot 10^{-3}}{0.079 \cdot 0.1} \cdot [0.82 - 0.26] = 0.058 \text{с}.$$

Приймаємо найбільший час, який маємо $t=0.06 \text{с}$.

Загальний час роботи для вього пневмоприводу :

$$T = t_{II} + t + t_{III} = 0.053 + 0.15 + 0.06 = 0.27 \text{с}.$$

Знаходимо швидкість руху робочого органа :

$$v = \frac{s}{t} = \frac{0.2}{0.15} = 1.3 \text{ м/с} ;$$

4.6. Розрахунок системи рукавоутворення

При конструюванні рукавоутворювачів найбільш головною задачею є забезпечення контура, де в випадку використання граничних поверхонь з'являються вершини (точки 1,2,3 і т. д.). Як результат перетину багатогранників рукава. Оскільки, в таких вершинах кут має дорівнювати 2π , то такі вершини можуть лише бути в вигляді не випуклого багатогранного кута, у котрого дві грані відносяться до призматичної поверхні, а інші до воротникової.

Поперечний переріз нашої робочої поверхні призми приймаємо рівним перерізу визначаемого рукава. Кут подачі α визначає положення плоского елемента воротникової поверхні відносно заданої поверхні призми.

З врахуванням вищевказаних вимог отримана формула для розрахунку конфігурації формуючого контуру :

$$z = \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{2y_s} (\eta^2 - x^2 - y^2 - 2x(\eta - x) + 2y_s y) ;$$

де:

z - шукана точка координат формуючого контуру в прийнятій системі координат.

x ; y – абсциса та ордината точки формуючого контуру, визначаемого за формою поперечного перерізу рукава.

η - довжина лінії по контуру поперечного перерізу призми від початку координат (точки 0) до розглядуваної точки з координатами x та y , або, що теж саме – координата шуканої точки на розгортці призми.

$x_s; y_s$ - абсциса та ордината вершини нашої уявної призми (конуса) S утвореного воротниковою поверхнею.

Абсцису x_s вершини S можна прийняти рівною нулю $x_s = 0$. Тоді формула (1) набуде більш простий вигляд, а рукавоутворювач отримаємо симетричним відносно координатної площини YOZ .

Ордината y_s вибирається з нерівності:

$$0 < y_s < \alpha,$$

де:

α - шуканий габаритний розмір поперечного перерізу призми в напрямку осі ОУ.

Приймаємо:

$$y_s = 17$$

Третя координата z_s вершини S визначається за формулою:

$$z_s = -\frac{y_s}{\operatorname{tg}\alpha};$$

Відповідно:

$$z_s = -\frac{17}{\operatorname{tg}30} = 29.44;$$

Розраховуємо координати точок що лежать на робочій поверхні призми (конуса).

Для спрощення розрахунку округлені бічні сторони пакету розбиваємо на 20 проміжків з відповідним $d\omega = 9^\circ$.

Розгортку конічної частини рукавоутворювача будуємо за принципом конгруентності до призматичної частини.

Величину η розраховуємо за формулою:

$$\eta_i = \eta_{i-1} + d\eta_i;$$

де для конусних ділянок :

$$d\eta_i = \frac{2\pi R \cdot d\omega}{360};$$

Координати x_i та y_i для конусних ділянок будуть дорівнювати:

$$x_i = \pm \left(\frac{b}{2} + R(\sin \omega_i - 1) \right);$$

$$y_i = R \cos \omega_i;$$

За відомих координат точок розраховуємо координату ξ необхідну для побудови розгортки рукавоутворювача:

$$\xi_i = \xi_{i-1} + d\xi_i;$$

де:

$d\xi_i$ - приріст координати ξ на ділянці формуючої поверхні рукавоутворювача:

$$d\xi_i = \sqrt{dl_{ri}^2 - d\eta_i^2};$$

де:

$d\eta_i$ - приріст довжини лінії по контуру поперечного перерізу призми.

dl_{ri} - приріст геодезичної довжини робочої поверхні призми:

$$dl_{ri} = \sqrt{dx_i^2 + dy_i^2 + dz_i^2};$$

де:

dx - приріст точки координати по осі OX.

dy - приріст точки координати по осі OY.

dz - приріст точки координати по осі OZ.

Для розрахунків параметрів точок з 3 по 22 та з 25 по 44 використовуємо ЕОМ.

Точки 2,23,24,45 розраховуємо “вручну”:

Розрахунок:

Координати:

Т.2 : X=24,5 Y=0 Z=0 η =24,5

Т.23: X=0 Y=67

Розрахуємо координату Z для точки 23:

$$z = \frac{\operatorname{tg} \frac{30}{2}}{2 \cdot 17} (154.2^2 - 0^2 - 67^2 - 2 \cdot 0 \cdot (\eta - x) + 2 \cdot 17 \cdot 67) = 152.2 ;$$

де:

$$\eta = 2 \cdot 24.5 + \pi R ;$$

$$\eta = 2 \cdot 24.5 + 3.14 \cdot 33.5 = 154.2 ;$$

Аналогічно:

$$\text{T.24: } X=-24,5 \quad Y=0 \quad Z=0 \quad \eta=24,5$$

$$\text{T.45: } X=0 \quad Y=67 \quad Z=0 \quad \eta=-24,5$$

Розрахуємо координату ξ потрібну для побудови розгортки:

Проведемо розрахунок для точки 23:

$$\xi_i = \xi_{i-1} + d\xi_i ;$$

$$\text{де: } \xi_{22} = 110.6 ;$$

$$d\xi_i = \sqrt{dl_{ri}^2 - d\eta_i^2} ;$$

$$\text{де: } d\eta_{23} = 24.49 ;$$

$$dl_{ri} = \sqrt{dx_i^2 + dy_i^2 + dz_i^2} ;$$

де:

$$dx_{23} = -24.49 ;$$

$$dy_{23} = 0 ;$$

$$dz_{23} = 41.57 ;$$

$$dl_{r23} = \sqrt{(-24.49)^2 + (0)^2 + 41.57^2} = 48.2 ;$$

Тоді:

$$d\xi_{23} = \sqrt{48.2^2 - 24.49^2} = 41.5 ;$$

$$\xi_{23} = 110.6 + 41.5 = 152.1$$

Відповідно координата ξ буде дорівнювати:

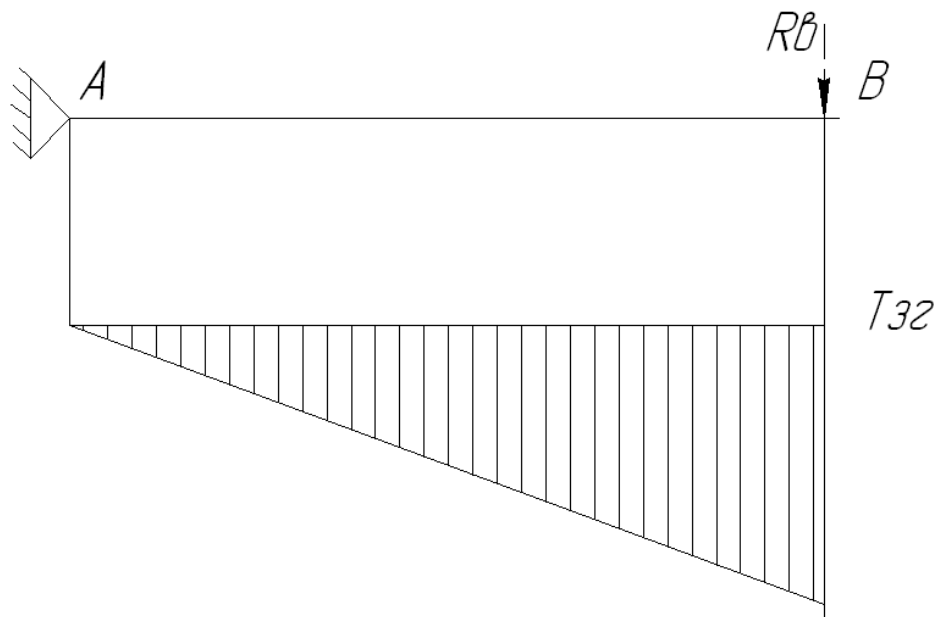
T.2 $\xi = 0.25$

T.23 $\xi = 152.1$

T.24 $\xi = 0.25$

T.45 $\xi = 152.1$

4.7. Розрахунок рулонотримача на міцність



На рулонотримач буде діяти сила ваги рулону.

Маса рулону приблизно становить 10..15 кг. Приймаємо 15 кг.

А отже, $R_b = 150 \text{ Н}$.

Виходячи з напруження маємо небезпечний діаметр вала:

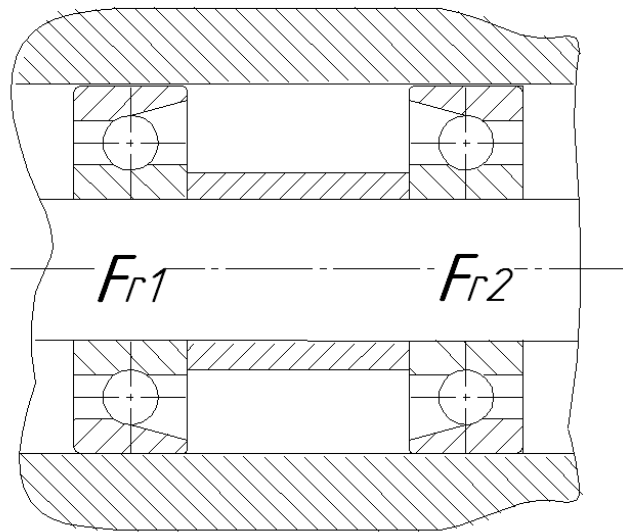
$$d = \sqrt[3]{\frac{T_{32}}{0,2 \cdot [\tau_{кр}]}}$$

Так як вал виготовлений зі сталі, то $[\tau_{кр}] = 20...30 \text{ Мпа}$

Приймаємо $[\tau_{кр}] = 25 \text{ Мпа}$.

$$d = \sqrt[3]{\frac{150}{0,2 \cdot [0,25 \cdot 10^6]}} = 0,028 \text{ м}$$

4.8. Підбір підшипника в упорний вузол рулонотримача



Радіальне навантаження на підшипник

$F_{r1}=150\text{H}$; радіальне навантаження на підшипник

$F_{r2}=150\text{H}$; частота обертання вала $n = 300$ об/хв;

1 Приймаємо попередньо підшипник з легкої серії 36203 по ГОСТ 831-75, у якого динамічна вантажопід'ємність $C = 3400$ Н; статична вантажопід'ємність $C = 1810$

Н; кут контакту $\alpha = 12^\circ$.

2 Знаходимо відношення $\frac{F_r}{C_0}$ і підбираємо наближене значення параметра e' для підшипника I

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

для підшипника II

$$\frac{F_{rII}}{C_0} = \frac{300}{1810} = 0,082; \quad e'_II = 0,3$$

3. Осьові складові радіальних навантажень для підшипника I
 $F_{sl} = e'_1 \cdot F_{r1} = 0,25 \times 150 = 238\text{H}$;

для підшибника II $F_{sll} = e'_{11} \cdot F_{rll} = 0,3 \times 600 = 450H$.

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

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

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

5 Навантаження на підшибники рівні:

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

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

Подальший розрахунок ведемо з більш навантаженішого підшибника опіру II.

6 Знаходимо відношення:

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

і уточнюємо значення параметра $e'_{11} = 0,35$

7 Обчислюємо відношення

$$\frac{F_{all}}{VF_{rll}} = \frac{288}{1,0 \cdot 1500} = 0,392 > e'_{11} = 0,35$$

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

8 Еквівалентне динамічне навантаження на підшибник II

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

9 Відношення $\frac{C}{P} = 10,6$, звідси, $C = 10,6 \times P = 10,6 \times 322 = 3413,2$ Н, що практично співпадає з каталожною динамічною вантажопід'ємністю прийнятого підшибника, тому залишаємо підшибник 36203.

4.9. Розрахунок болтів на міцність.

Навантаження на болти при робочих умовах, Н:

$$Q_b = [0.785 \cdot (D_{cp})^2 \cdot P] + \pi \cdot D_{cp} \cdot b \cdot m \cdot P,$$

де m – коефіцієнт тиску на прокладку, $m = 0.3$.

$$Q_b = [0.785 \cdot (0.367)^2 \cdot 0.2 \cdot 10^6] + 3.14 \cdot 0.367 \cdot 0.015 \cdot 0.3 \cdot 0.2 \cdot 10^6 = 2.218 \cdot 10^4 \text{ Н.}$$

Навантаження на болти від затяжки, Н:

$$Q_{bl} = \pi \cdot D_{cp} \cdot b \cdot \sigma, \text{ де } \sigma = 1.35 \cdot 10^6 \text{ – посадочне напруження, Па.}$$

$$Q_{bl} = 3.14 \cdot 0.367 \cdot 0.015 \cdot 1.35 \cdot 10^6 = 2.334 \cdot 10^4 \text{ Н.}$$

Обираємо для болтів Сталь 10. При значенні межі міцності болтів, що дорівнює $\sigma = 300 \text{ МПа}$, коефіцієнті запасу $n = 6.5$, допустиме напруження

буде дорівнювати: $[\sigma] = \frac{\sigma}{n}$.

$$[\sigma] = \frac{300 \cdot 10^6}{6.5} = 4.615 \cdot 10^7 \text{ Па.}$$

Допустиме навантаження на один болт, Н:

$$q = \frac{\pi}{4} \cdot (d_1 - \delta)^2 \cdot [\sigma],$$

де: $d_1 = 0.010$ – внутрішній діаметр різьби болта, м;

$\delta = 0.001$ – конструктивна надбавка, м.

$$q = \frac{3.14}{4} \cdot (0.012 - 0.001)^2 \cdot 4.615 \cdot 10^7 = 4.384 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

Кількість болтів:

$$n = \frac{Q_b}{q} = \frac{2.218 \cdot 10^4}{4.384 \cdot 10^3} = 5.061.$$

Приймаємо $n = 6$.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Для розробки виберемо шестерню привода, яка отримує крутний момент від мотора, і редуктор та прямозубу циліндричну і передачу та передає його на ремні.

Технологічний маршрут виготовлення кришки

с	Робоче місце	Номер програми
010	Токарний станок с ЧПУ Puma GT2600LM	O1387 (Ст. А)
Номер гнізда	Позначення державки	Позначення пластини
1	Чорнова SUA83-2404-0009 Резец SCLCR2525M12 (1097822) Kennametal	Чорнова SUA82-WB-070 Пластина CCMT120408MP KCM25 (3744921) Kennametal
2	Чистова SUA83-2404-0036 Резец SDJCR2525M11 (1097854) Kennametal	Чистова SUA82-WB-045 Пластина DCGT11T304HP KC5410 (1560714) Kennametal
3	Канавка Державка CTER2525-3T12 Tungaloy	Канавка SUA82-WB-074 Пластина DGG300-020 KS05F (6723566) Tungaloy
11	Розточка чорнова SUA83-2404-0031 Резец A16RSCLCR09 (1098225) Kennametal	Розточка чорнова SUA82-WB-067 Пластина CCMT09T308MP KCM25 (3744919) Kennametal
Відповідальна організація НУХТ		Технічне узгодження Грінінг К.Р.
		Вид документа Пояснювальна записка
		Статус документа
Власник документа НУХТ		Розробник документа Кіжніть Т.В.
		Назва, додаткова назва Розділ 5
		614.KP.00.001.ПЗ
		Інд. змін.
		Дата видання
		Мова UA
		Акуш 44/71
		Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.

9	Розточка чистова Резец A16RSDQCR07 Kennametal	Розточка чистова SUA82-WB-080 Пластина DCMT070202LF KC5010 (1310951) Kennametal
7	Канавка-5 S25R-CGTR50 Tungaloy	Канавка Пластина GE50 GH730 Tungaloy
6		Свердло SUA82-PS-320 Сверло спир.ф3,000 мм. (2047-3,000) GUHRIN
5		Фреза SUA82-FT-144 RF 100 A Ratio фреза Ф8 (3472-8,000) GUHRIN

Розрахунок припусків

Припуск на підрізання торців для $\varnothing 86$ і довжини 30 мм складає
 $2+2=4$ мм(табл.ІІ.2, [3])

отже заготовка собою являє диск діаметром 90 мм і товщиною 34 мм.

Розрахунок загального припуску штампованої заготовки

Припуск на чистове точіння:

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

де $Rz_1=50$ мкм, $D_1=50$ мкм, $T_{\text{пр}1}$ -відповідно висота мікронерівностей,
глибина дифектного шару та сумарна просторова похибка при чорновому
точінні(табл.8);

При установленні деталі на оправку $T_{\text{пр}1}=100$ мкм.

При установленні деталі на оправці $\varepsilon_{y2}=0$.

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

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

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

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

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

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

Припуск на чорнове точіння:

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

де Rz , D_0 , $T_{\text{пр}0}$ -відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка поковки.

Для заготовок масою до 4 кг (табл.6) $Rz_0=160$ мкм, $D_0=200$ мкм;
 $T_{\text{пр}0}=1,2$ (табл.7)

ε_{y1} -похибка установлення при чорновому точінні.

Під час установлення деталі на оправці $\varepsilon_{y1}=100$ мкм

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

Загальний припуск:

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

прийmemo $2Z_{\text{сум}}=4$ мм

Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_{\text{м}}=M_{\text{дет}}/M_{\text{заг}}=1321,5/740,06=0,56$$

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

Розрахунок обробки шестерні

70.Токарна

Перехід 70.1 Точити $\varnothing 86$ начисто.

Режим обробки визначаємо з умови, що знімаємо максимальний припуск.

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

де T –допуск обробки. Для чорнового точіння $T=IT12-IT13$ (табл.8)

прийmemo $IT12=0,3$ 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 сталей діаметром до 100 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:

$$n_b = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_3 = 1000 \cdot 272,5 / 3,14 \cdot 88 = 1194 \text{ об/хв.}$$

Із ряду обертів шпінделя верстата виберемо ближче менше значення $n_b = 800$ об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпінделя:

$$V_d = \pi \cdot d \cdot n_b / 1000 = 3,14 \cdot 88 \cdot 800 / 1000 = 221 \text{ м/хв}$$

Основний час на виконання переходу

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

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3, \text{ де } l = 30 \text{ мм – довжина обробки безпосередньо на деталі;}$$

$l_1 = 3$ мм – добавка довжини на підвід 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 $L = 30 + 3 + 1 + 3 = 37$ мм.

$$\text{Тоді } t_0 = 37 / 800 \cdot 0,6 = 0,08 \text{ хв}$$

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:

$$T_0=\Sigma t_{0i}=0,08 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції

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

$$T_d = 0,16+0,26 = 0,42 \text{ хв};$$

$$T_{оп} = T_0 + T_d = 0,08+0,42=0,5 \text{ хв};$$

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пп}.$$

$$T_{об}=T_{оп} \cdot 0,025 \text{ і } T_{пп} = T_{оп} \cdot 0,04. \text{ Отже, } T_{шт}=0,5+0,5 \cdot (0,025+0,04)=0,53 \text{ хв.}$$

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 установлення деталі .

$$T_{п.з} = 14+6 = 20 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі: $T_k = T_{шт} + T_{п.з}/n = 0,53+20/200 = 0,63$ хв.

Норма виробітку за одну годину становить:

$$N=60/0,63 = 95 \text{ деталей.}$$

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

$$\text{де сила різання } P_z = C_p \cdot t \cdot S^{0,75} = 200 \cdot 1 \cdot 0,6^{0,75} = 136 \text{ Н}$$

$$\text{Тоді } N_e = (136 \cdot 221)/(60 \cdot 102) = 4,91 \text{ кВт ,}$$

що менше потужності верстата $N=11$ кВт

50. Фрезерна

Перехід 50.1. Фрезерувати паз шириною 6 мм в розмір 3 мм.

Глибина різання буде рівною глибині пазу, отже $t=3$ мм.

Виберемо подачу. При фрезеруванні пазів шириною 6 мм кінцевою фрезою з швидкорізальної сталі ($D_{\phi}=6$ мм) подача буде здійснюватись $S_z=0,05$ мм/зуб(табл.31).

Швидкість різання сталі для кінцевих фрез із швидкорізальної сталі при подачах $S_z \leq 0,1$ мм/зуб визначається за формулою(табл.28):

$$V=(53,0 \cdot D_{\phi}^{0,45}) / (T^{0,33} \cdot t^{0,5} \cdot S_z^{0,5} \cdot B^{0,1} \cdot Z^{0,1}), \text{ де } T=60 \text{ хв} \text{ — стійкість фрези(табл.35).}$$

$$V=(53,0 \cdot 6^{0,45}) / (60^{0,33} \cdot 3^{0,5} \cdot 0,05^{0,5} \cdot 6^{0,1} \cdot 5^{0,1})=56,4 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпінделя

$$n = 1000 \cdot v / \pi \cdot D_{\phi} = 1000 \cdot 56,4 / 3,14 \cdot 6 = 387,4 \text{ об/хв}$$

із ряду частот шпінделя верстата приймаємо $n_B = 400$ об/хв

тоді перерахувавши отримаємо:

$$V_d = \pi \cdot D_{\phi} \cdot n_B / 1000 = 3,14 \cdot 6 \cdot 400 / 1000 = 57,6 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_{XB} = S_{об} \cdot n_B = S_z \cdot Z \cdot n_B = 0,05 \cdot 5 \cdot 400 = 100 \text{ мм/хв}$$

Із ряду подач верстата приймемо ближче значення

$$S_{XB} = 90 \text{ м/хв.}$$

$T_0 = t_0 = L / S_{XB}$, де L — робоча довжина обробки

$$L = l + l_1 + l_2 = 31,4 + 3 + 8 = 42,4 \text{ мм,}$$

де $l = 31,4$ мм — довжина оброблюваної поверхні;

$l_1 = 3$ мм — доавка на перехід інструменту з робочою подачею до моменту різання;

$l_2 = 8$ мм величина врізання і перебігу фрез(табл.39)

Тоді $T_0 = 42,4 / 90 = 0,47$ хв.

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

де t_{y1} – допоміжний час безпосередньо на установлення та зняття деталі;

при установленні деталей масою до 5 кг з кріпленням гайкою з допомогою ключа $t_{y1}=0,30$ хв(табл.37)

$t_{y2}=0,06$ хв – додток на очищення місця установлення деталі від стружки(табл.37).

Тоді $t_y=0,3+0,06=0,36$ хв.

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

$t_d=0,06$ хв(табл.38).

Тоді допоміжний час $T_d = t_y + t_d = 0,36 + 0,06 = 0,42$ хв.

Оперативний час $T_{оп} = T_o + T_d = 0,47 + 0,42 = 0,89$ 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).

$T_{шт} = 0,89 + 0,04 + 0,053 = 0,983$ хв.

Калькуляційний час на фрезерування однієї деталі

$T_k = T_{шт} + T_{п.з}/n$,

де $T_{п.з}$ – підготовчо-заготівельний час(табл.36), який визначається як сума часу налагодження верстата та на одержання наряду, інструментів, пристроїв: $T_{п.з} = 12 + 7 = 19$ хв.

Тоді $T_k = 0,983 + 19/200 = 1,078$ хв

Норма виробітку за годину становить:

$N = 60/T_k = 60/1,078 = 55$ деталей

Еквівалентна потужність

$N_e = 3,36 \cdot 10^{-5} \cdot D^{0,14} \cdot t^{0,86} \cdot S_z^{0,33} \cdot B \cdot Z \cdot n = 3,36 \cdot 10^{-5} \cdot 6^{0,14} \cdot 3^{0,86} \cdot 0,05^{0,33} \cdot 6 \cdot 5 \cdot 400 = 0,49$

кВт

20 Токарна (Розрахунок режиму сверління)

Перехід 20.3. Свердли́ти отвір $\varnothing 20$.

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

$$t = d_{\text{св}}/2 = 20/2 = 10 \text{ мм.}$$

Рекомендовані подачі $0,26 \div 0,32 \text{ мм/об}$ (табл.2).

Прийmemo $S=0,3 \text{ мм/об}$

Для визначення швидкості різання беремо формулу (табл.45):

$$V = 8 \cdot d_{\text{св}}^{0,4} / T^{0,2} \cdot S^{0,7}, \text{ де } T = 30 \text{ хв} \text{ — стійкість свердла.}$$

Тоді:

$$V = 8 \cdot 20^{0,4} / 30^{0,2} \cdot 0,3^{0,7} = 31,2 \text{ м/хв}$$

Потрібна кількість обертів для свердління:

$$n = 1000 \cdot V / \pi \cdot d_{\text{св}} = 1000 \cdot 31,2 / 3,14 \cdot 20 = 497 \text{ об/хв.}$$

Прийmemo $n_{\text{в}} = 500 \text{ об/хв.}$

Тоді дійсна швидкість

$$V_{\text{д}} = \pi \cdot d_{\text{св}} \cdot n_{\text{в}} / 1000 = 3,14 \cdot 20 \cdot 500 / 1000 = 31,4 \text{ м/хв.}$$

Основний час буде визначатись:

$$t_0 = L / n \cdot S = 57 / 500 \cdot 0,3 = 0,41 \text{ хв}$$

де $L = l + l_1 + l_2 + l_3 = 57 \text{ мм}$,

де $l = 47 \text{ мм}$ — глибина свердління;

$l_1 = 2 \text{ мм}$ — величина на підведення свердла з ручною подачею;

$l_2 + l_3 = 8 \text{ мм}$ - додаток на врізання і перебіг свердла.

Допоміжний час на виконання переходу $t_{\text{доп}} = 0,08 \text{ хв.}$

Перехід 20.4. Зенкерувати отвір $\varnothing 21,8$.

Глибина різання:

$$t = (d_3 - d_c) / 2 = (20 - 21,8) / 2 = 0,9 \text{ мм.}$$

Рекомендовані подачі $S = 0,7 \div 0,9 \text{ мм/об}$. Приймемо $S = 0,8 \text{ мм/об}$

Для визначення швидкості зенкерування беремо формулу:

$V=18,6 \cdot d^{0,3} / T^{0,3} \cdot t^{0,2} \cdot S^{0,3}$, де $T=30$ хв –стійкість зенкера.

Тоді:

$$V=18,6 \cdot 21,8^{0,3} / 30^{0,3} \cdot 0,9^{0,2} \cdot 0,8^{0,3} = 18,46 \text{ м/хв}$$

Потрібна кількість обертів для зенкерування:

$$n=1000 \cdot v / \pi \cdot d_3 = 1000 \cdot 18,46 / 3,14 \cdot 21,8 = 269,5.$$

Прийmemo $n_B=250$ об/хв. Тоді і перерахувавши отримаємо:

$$V_d = \pi \cdot d_3 \cdot n_B / 1000 = 3,14 \cdot 21,8 \cdot 250 / 1000 = 17,12 \text{ м/хв.}$$

Основний час і буде визначатись: $t_0 = L / n \cdot S = 54 / 1000 \cdot 0,8 = 0,27$ хв

де $L=l+l_1+l_2+l_3=54$ мм, $l=47$ мм –глибина і зенкерування;

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

$l_2+l_3=5$ - додаток і на врізання і перебіг зенкера.

Допоміжний час і на виконання переходу $t_{\text{доп}}=0,08$ хв.

Перехід 20,5. Розвернути отвір $\varnothing 22H7$.

Глибина різання: і

$$t = (d_p - d_3) / 2 = (22 - 21,8) / 2 = 0,1 \text{ мм.}$$

Рекомендовані і подачі $S=0,8 \div 1,1$ мм/об. Прийmemo $S=1$ мм/об

Для визначення і швидкості розвертання беремо формулу:

$$V=12,1 \cdot d_p^{0,3} / T^{0,4} \cdot t^{0,2} \cdot S^{0,65}, \text{ де } T=30 \text{ хв –стійкість і розвертки.}$$

Тоді:

$$V=12,1 \cdot 22^{0,3} / 30^{0,4} \cdot 0,1^{0,2} \cdot 1^{0,65} = 12,4 \text{ м/хв}$$

Потрібна кількість і обертів для розвертання:

$$n=1000 \cdot v / \pi \cdot d_p = 1000 \cdot 12,4 / 3,14 \cdot 22 = 180.$$

Прийmemo $n_B=160$ об/хв.

Тоді перерахувавши і отримаємо:

$$V_d = \pi \cdot d_p \cdot n_B / 1000 = 3,14 \cdot 22 \cdot 160 / 1000 = 11,1 \text{ м/хв.}$$

Основний час буде і визначатись:

$$t_0 = L / n \cdot S = 54 / 160 \cdot 1 = 0,34 \text{ хв}$$

де $L=l+l_1+l_2+l_3=54$ мм,

де $l=47$ –глибина і розвертання;

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

$l_2+l_3=5$ - додаток на і врізання і перебіг розвертки.

Допоміжний час на і виконання переходу $t_{\text{доп}}=0,08$ хв.

Основний час на виконання операції становить:

$$T_0=\Sigma t_{0i}=0,41+0,27+0,34=1,02 \text{ хв}$$

Допоміжний час на і виконання операції

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

$$\text{Тоді: і } T_d = 0,1+0,08+0,08+0,08 = 0,34 \text{ хв;}$$

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_d + T_1 + T_2 = 1,02 + 0,34 + 0,12 + 0,12 = 1,6 \text{ хв,}$$

де T_1, T_2 – час на виконання першого і і другого переходів відповідно (підрізання торців)

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{пп}}.$$

$$T_{\text{об}} = T_{\text{оп}} \cdot 0,015 \text{ і } T_{\text{пп}} = T_{\text{оп}} \cdot 0,06. \text{ Отже, } T_{\text{шт}} = 1,6 + 1,6 \cdot (0,015 + 0,06) = 1,72 \text{ хв.}$$

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

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

$$T_{\text{п.з2}}=4 \text{ хв –час на налагодження і установлення деталі .}$$

$$T_{\text{п.з}}=10+4=14 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час на виконання і операції під час виготовлення однієї деталі: і $T_k = T_{\text{шт}} + T_{\text{п.з}}/n = 1,72 + 14/200 = 1,79$ хв.

Норма виробітку за одну годину і становить:

$$N=60/1,79=33 \text{ деталі.}$$

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

При проектуванні, виготовленні та експлуатації фасувального автомата необхідно дотримуватися чинних норм і правил з охорони праці, техніки безпеки, а також вимог щодо охорони навколишнього середовища. У цьому розділі розглядаються актуальність цих питань, проведено аналіз можливих небезпек, визначено заходи захисту персоналу та довкілля від шкідливих факторів, а також заходи пожежної безпеки і утилізації відходів виробництва.

Актуальність охорони праці та екологічної безпеки при проектуванні фасувального обладнання

Основні небезпеки для людини:

- Механічні травмування: рухомі частини автомата (притискні губки, механізм різання) можуть завдати травм при прямому контакті. Існує ризик затягування кінцівок в зоні протягувальних ременів або притискання пальців губками, порізи ножем. Особливо небезпечно при налагодженні або усуненні застрягань.
- Електробезпека: обладнання живиться від мережі 220 В, є нагрівальні елементи на 220 В. Можливе ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції чи при ремонті вузлів без знеструмлення. Також нагрівачі – джерело високої температури, ризик опіків.
- Шкідливі умови мікроклімату: нагрівальні елементи виділяють тепло, можливе локальне підвищення температури повітря. Пневмосистема при витоках створює шум (80–85 дБ можливі), що впливає на слух.
- Запиленість повітря: сипкі продукти (борошно, сухе молоко тощо) можуть утворювати пилову взвіль, вдихання якої шкідливе (можливі алергічні реакції, захворювання легенів).

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кіжжиль Т.Р.	Назва, додаткова назва Розділ 6	614.KP.00.001.ПЗ				
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Акуш 54/71	

- Статичні навантаження: оператор може тривалий час стояти на одному місці біля машини, виконуючи монотонні операції (контроль і підживлення) – це фактор втоми, можливо, скарги на опорно-руховий апарат.

- Психофізіологічні фактори: робота монотонна, відповідальна – можливе нервове напруження, якщо часто спрацьовують аварії або йде брак. Важливо підтримувати зручність і зрозумілість інтерфейсу, щоб знизити стрес оператора.

Шкідливі фактори для навколишнього середовища:

- Відходи пакувального матеріалу: при запуску/наладці і бракованих пакетах утворюються відходи плівки і полімеру. Неналежна утилізація призводить до засмічення довкілля (пластик не розкладається десятки років).

- Пилові викиди: якщо система вентиляції в цеху неефективна, дрібнодисперсний пил (від цукру, крупи) може виходити в атмосферу через вентиляцію. Це негативно впливає на довкілля (забруднює повітря, осідає на ґрунт).

- Споживання енергії: машина споживає електроенергію (~2 кВт) і стислий повітря (компресор ~3 кВт). Отримання цієї енергії опосередковано впливає на екологію (викиди від електростанцій). Тому важливо забезпечити енергоефективність (економні режими).

- Шумове забруднення: гучний шум може виходити за межі цеху – впливає на прилеглі зони (якщо, скажімо, виробництво в житловій забудові – малоймовірно, але теоретично).

- Можливість вибухопожежонебезпеки пилу: Деякі харчові пилоподібні продукти (борошно) в концентраціях можуть створювати вибухонебезпечне середовище (гранули крохмалю). Це більше проблема для борошномельних виробництв, але у фасуванні теж можливо (особливо якщо відсутня вентиляція, іскра – може спалахнути пил).

Ці фактори вимагають реалізації відповідних заходів захисту, які розглянемо нижче.

Нормативні вимоги безпеки та санітарно-гігієнічні вимоги

Відповідно до норм санітарно-гігієнічних вимог, у конструкції нашої машини реалізовані такі рішення:

- Огородження рухомих частин: Все, що може травмувати – закрито кожухами. Три шовний ножовий вузол і горизонтальні губки розміщені всередині прозорого полікарбонатного короба з дверцятами (для нагляду та доступу). Протягувальні ремені теж закриті щитками, лиш плівка виходить. Це відповідає вимозі EN 415: огороження повинні унеможливити доступ кінцівок до небезпечних зон.
- Блокування огорожень: Дверцята кожуха оснащені кінцевими вимикачами-розмикачами, включеними в ланцюг аварійного вимкнення живлення. Таким чином, при відкриванні дверцят машина миттєво зупиняється (Power Off), і не відновить роботу, доки дверцята не зачинять і не скинуть аварію. Це виключає можливість що хтось залізе всередину при роботі.
- Аварійний стоп: На передній панелі рами змонтована червона "грибоподібна" кнопка E-Stop. Натиснення на неї вимикає контактор живлення приводів і клапан скиду повітря (як описано). Після усунення причин оператор повинен повернути кнопку у вихідне положення (повертається за годинником – фіксатор) і скинути аварію на НМІ, щоб продовжити.
- Заземлення і електрозахист: Всі металеві частини машини з'єднані із захисним заземлювальним контуром. Електричний щит має ввідний автомат і ПЗВ (пристрій захисного вимкнення) на струм витоку 30 мА, який спрацьовує при пробії ізоляції, відключаючи живлення – це захищає персонал від ураження струмом.

- Теплова ізоляція нагрівачів: Зовнішні поверхні зварювальних губок (де встановлені нагрівальні елементи) мають термоізолюючі накладки з текстоліту, щоб оператор при випадковому дотику не отримав опік. Температура на поверхні кожухів не перевищує 40 °С (вимога ГОСТ, щоб можна було торкнутися).

- Протипожежний захист: Нагрівальні елементи мають термостат, як згадано. Сам корпус машини металевий (негорючий), більшість пластмас - важкозаймисті (полікарбонат). Поруч з машиною (в цеху) обов'язково має стояти вогнегасник (вуглекислотний або порошковий) – згідно норм пожежної безпеки, тому що є електрообладнання. На щиті машини наклейка "При пожежі відключити живлення".

- Захист від пилу: Машина спроектована так, щоб мінімізувати утворення пилу – наприклад, плавне закриття клапанів дозатора (мембранне) зменшує "пиловий сплеск". До того ж, передбачено можливість під'єднання місцевої витяжки (у верхній частині бункера є патрубок Ø50 мм, куди можна підключити аспірацію). В проекті цеху зазвичай ставлять витяжну парасолю над групою фасувальних машин, щоб уловлювати легкий пил, і фільтрують повітря – це відповідає санітарним нормам запиленості (не більше 6 мг/м³ для харчового пилу).

- Освітлення і ергономіка: Робоче місце оператора – перед фасувальним автоматом – повинно мати достатню освітленість (не менш 300 лк). В машині передбачено внутрішнє підсвічування зони формування пакету (світлодіодна лампа) для контролю процесу через прозорі дверцята.

- Шумозахист: Згідно замірів, рівень шуму біля машини не перевищує 78 дБ (А). Це нижче ГДР для 8-годинної роботи (80 дБ). Проте рекомендації: оператору видаються беруші або антифони, особливо якщо поруч кілька машин, сумарний фон може бути >85 дБ. Стіни цеху можна обладнати звукопоглинаючими панелями.

- **Вібрація:** Машина встановлена на віброгасні опори, тому передані на підлогу вібрації малі (в основному від компресора повітря, який може бути далеко). Руки оператора безпосередньо не контактують з вібруючими частинами – тому цей ризик мінімальний.

Заходи захисту від шкідливого впливу факторів

На основі аналізу факторів сформуємо конкретні заходи:

- **Навчання персоналу:** Оператор і наладчик повинні пройти інструктаж з безпечної роботи на фасувальній машині. Їм пояснюють принцип дії, зони підвищеної небезпеки, порядок дій при аварійних ситуаціях (натиснути E-stop, повідомити інженера). Це знижує імовірність травм через неправильні дії.

- **Використання ЗІЗ:** Оператору видається спецодяг (халат, ковпак, не продуваємий), головний убір (щоб волосся не потрапило в продукт/механізми), захисні окуляри (на випадок уламків чи пилу). Обов'язково – рукавички щільні (щоб уникнути порізів при заміні ножа або при маніпуляціях з плівкою). При роботі з компресором – навушники протишумові.

- **Організація робочого місця:** Для зменшення статичної втоми – доцільно обладнати м'який килимок на підлозі, де стоїть оператор, або високий стілець, на який він може присісти в очікуванні (якщо автоматика сама багато робить). Час роботи зосередженої – розбивається регламентованими перервами (через кожні 2 год по 10 хв відпочинку – загальні правила).

- **Контроль запиленості і вентиляція:** Поруч з машиною встановлено витяжний зонт із споживанням повітря ~500 м³/год, що відводить легкий пил із зони бункера. Загальнообмінна вентиляція цеху забезпечує не менше 3-кратного обміну повітря за годину, утримуючи концентрацію пилу набагато нижче ГДК (у харчових виробництвах типовим

є 2–4 мг/м³). Періодично проводять прибирання пилу на високих конструкціях (щоб не висів).

- Попередження вибухопожеж: Приміщення забезпечене системою аспірації, що знижує пил – тому концентрації вибухонебезпечного пилу (20–60 г/м³) недосяжні. Електрообладнання – у вибухобезпечному виконанні не потрібно, бо немає горючих газів, але заземлення запобігає накопиченню статичної електрики на плівці чи бункері (щоб іскра не виникла). В цеху категорії Д (харчова) – є ручні вогнегасники. Машина виготовлена з негорючих матеріалів переважно, проте плівка та продукт – горючі. Тому куріння і відкритий вогонь суворо заборонені в зоні (стандартні правила харчових виробництв).

РОЗДІЛ 7. ОСНОВНІ АСПЕКТИ МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ, ОБСЛУГОВУВАННЯ, ДІАГНОСТИКИ ТА РЕМОНТУ МАШИНИ

Розроблений фасувальний автомат повинен не тільки відповідати технічним вимогам, а й бути зручним у монтажі та експлуатації. У цьому розділі описано порядок складання машини, особливості її експлуатації на виробництві, регламент технічного обслуговування, методи діагностики несправностей і принципи виконання ремонтів.

Монтаж та складання обладнання

Постачання і установка: Машина постачається у вигляді основного агрегату (рама з встановленими вузлами) та окремих знімних частин (рулон плівки, бункер-дозатор знімається для транспортування, НМІ-панель може від'єднуватись). На місці експлуатації автомат встановлюють на рівну тверду підлогу. Передбачено регульовані опори-ніжки з антивібраційними прокладками, щоб виставити машину по рівню і компенсувати нерівності підлоги.

Вирівнювання та кріплення: Рама вирівнюється за рівнем (перевірка вертикальності колони, горизонтальність напрямних). Бажано закріпити машину анкерами до підлоги (особливо якщо вона працюватиме на максимальних швидкостях). Отвори в опорних плитах рами передбачені під анкер М10. Після жорсткого кріплення перевіряється паралельність рухомих пар (напр., ось ременів протяжки має бути горизонтально).

Монтаж зовнішніх систем: Машина потребує підключення до:

- електроживлення ~220 В, 50 Гц, 2 кВт – кабелем через щиток (вбудований кабель живлення з вилкою або клемна колодка);
- пневмомагістралі 0,6 МПа – шланг Ø8 мм від заводської мережі компресора, є вхід з швидкоз'ємним штуцером (Stucchi стандарт).

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кішчіль Т.Р.	Назва, додаткова назва Розділ 7		614.KP.00.001.ПЗ			
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Акуш 60/71

- Передбачено фільтр-редуктор, злив конденсату – встановлюється на машині (зазвичай збоку).
- за необхідності – мережа стисненого повітря забезпечується окремим компресором якщо нема цехового, тоді встановити компресор поряд (його електроживлення окремо).

Пуско-налагодження:

- Включаємо головний вимикач, ПЛК запускається, на НМІ – головне меню. Налаштовуємо параметри: довжина пакета (200 мм), затримка дозування (0 с, бо у нас автомат почне сам), температура зварювачів (встановлюємо 140°C). Чекаємо, поки нагріється (індикатор на панелі).
- У ручному режимі тестуємо: "Пуск протяжки" – серво протягне одну довжину (без дозування). Переконаємось, що мітка (якщо є) зупинилась правильно під ножем.
- "Пуск зварки" – натискаємо кнопку, губки зійшлись, тримають, розійшлись. Дивимось, чи якісно склеїлась плівка (можна пожертвувати 1-2 пакети).
- "Пуск клапанів" – у ручному режимі відкриваємо/закриваємо дозатори, слухаємо звук, чи немає стуків/витоку повітря у них, регулюємо дроселі як треба.
- Якщо все ок, засипаємо невелику кількість продукту в бункер (10 кг).
- Встановлюємо режим "автомат", натискаємо "Старт". Машина починає цикл. Спершу повільно (передбачено швидкість наладки: 20 упак./хв). Перших декілька пакетів відбираємо для контролю ваги та якості швів.

Експлуатація і технічне обслуговування

Режим роботи: Машина розрахована на **безперервну експлуатацію** в багатозмінному режимі. Продуктивність 45 уп/хв відповідає ~2700 пак/год. При 8-год зміні – до 21600 пакетів. Ресурс вузлів (пнеumo, електро) дозволяє працювати без зупинки кілька годин, потім можлива коротка перерва для

перевірки.

Періодично треба дозавантажувати продукт у бункер і замінювати рулон плівки. Ці дії можна виконувати, не зупиняючи машину надовго (наприклад, новий рулон підготувати і склеїти кінець з попереднім тощо). Оператор стежить за панеллю: там відображається лічильник пакетів, попередження (низький рівень продукту, кінець плівки). Важливо дотримуватися **режимів навантаження**: не перевищувати рекомендовану швидкість 45 пак/хв, бо фізично машина може і 50, але точність може погіршитись і знос зросте. ПЛК має встановлені межі параметрів, які оператор не може перевищити (наприклад, мінімальний час зварки, макс. швидкість серво).

Правила безпеки при експлуатації:

- Заборонено відкривати захисні кожухи при роботі (при відкритті спрацює блокування і машина стане, але не варто випробовувати долю).
- Заборонено просовувати руки в область дозатора і ріжучого ножа під час циклу – це аксіома.
- В разі будь-якої нестандартної ситуації – оператор негайно тисне кнопку "Аварійний стоп" (він є на корпусі і дублюється на НМІ). Це миттєво відключить харчування приводів і зніме тиск повітря (через клапан скидання). Після зупинки інерційні частини (вал рулону) можуть продовжити рух, але їх енергія мала.
- Одяг оператора не повинен мати вільних елементів (шнурків, рукавів), які могли б втягнутися механізмами. Волосся закрите.
- Шкідливих виділень машина не генерує (але якщо продукт дуже пилить, треба місцеву витяжку, щоб оператор не дихав).
- Шум ~75 дБ, варто носити беруші при постійній роботі (не обов'язково, але за правилами може бути).

Регулярне технічне обслуговування (ТО):

Вводиться графік профілактичних заходів:

- **Щозміни (оператором):**

- очищення машини від просипаного продукту (щіткою чи пирососом). Особливо зона губок і дозатора – не повинно бути накопичень, щоб не заважали механіці.
- перевірка наявності змазки на ланцюгах (в нашій конструкції немає ланцюгів, тільки підшипники – вони герметичні, безщікл).
- протирання фото-датчиків (якщо вкриті пилом).
- перевірка тиску повітря на манометрі ($0,6 \pm 0,05$ МПа).
- контроль температури нагрівачів (панель показує, чи нагріто).

- **Щотижня (або 40 годин):**

- мастило пневмоциліндрів: якщо у системі є лубрикатор, він сам подає масло. Якщо ні – капнути 2-3 краплі вазелінового масла в отвори циліндрів (краще слідувати вказівкам паспорта пневмо).
- перевірка натягу протяжних ременів, у разі ослаблення – підтягти гвинтовим механізмом на роликах.
- огляд зварювальних поверхонь: чи не прилипли шматочки плівки, якщо так – зняти їх дерев'яним шпателем, не дряпаючи тефлон.
- чистка фільтра повітря (зливаємо конденсат).
- перевірка болтових з'єднань – особливо кріплення бункера, формувальної трубки, ножа. Під дією вібрацій могли ослабнути, підтягуємо.

- **Щомісяця (або ~200 год):**

- заміна тефлонових накладок на зварювальних губках, якщо їхній шар стерся або нагар (накладки зазвичай служать ~100 год).
- калібровка вагового датчика (якщо є). Перевірка точності дозування: провести тестове зважування 10 пакетів, обрахувати

середнє. Якщо відхилення більше норми – скоригувати параметри ПЛК (час дозування).

- о оновлення мастила у редукторі сервопривода (деякі редуктори герметичні, але передбачимо порт – шприцем додаємо літол-24).
- о комплексне прибирання всередині кожухів – зняти кожухи, видути стисненим повітрям всі закутки, щоб не було накопичень пилу та продукту (для гігієни і від пожежі захист).

• **Щороку (або ~2000 год):**

- о більш глибоке ТО: заміна ущільнень пневмоциліндрів (їх ремкомплекти дешеві, краще поставити нові кільця перед тим, як старі почнуть підтікати).
- о перевірка електроконтактів: підтягнути гвинтові клеми в шафі, оглянути кабелі на потертості.
- о калібровка температурних датчиків: на розігрітих нагрівачах виміряти фактичну t° зовн. пірометром і звірити з показом ПЛК. Якщо $>\pm 5^{\circ}$ розходження – відрегулювати ПД або замінити датчик.
- о профілактика приводу: сервомотор – продути пил, перевірити вентилятор, пневморозподільники – якщо помічені залипання, почистити або замінити соленоїди.
- о оновити змащення на напрямних (у нас ремені, напрямні як такі відсутні, але є шарніри – їх злегка змастити).
- о перевірити стан гумових віброопор, при тріщинах – замінити.

Діагностика несправностей та ремонт

Автоматична самодіагностика: ПЛК програма відслідковує ключові параметри і стан датчиків. У разі відхилень видаються коди помилок на НМІ.

Наприклад:

- E01: "Низький тиск повітря" – якщо датчик ($<0,5$ МПа) спрацював.

- E02: "Не досягнуто положення губок (закрито)" – якщо після команди закрити кінцевик не спрацював за 0,5 с.
- E03: "Збій приводу протяжки" – якщо серво не досяг пози за відведений час чи його контролер видав alarm (можливо, перевантаження).
- E04: "Закінчується плівка" – якщо датчик залишку рулону (ультразвук чи той же dancer-важіль) спрацював.
- E05: "Перевищена похибка ваги" – якщо підключено чеквеєр чи етап контрольного зважування і він виявив 3 підряд пакети за межами допуску.

При помилках машина або стає (для критичних E01, E02, E03), або сигналізує (для попереджень E04, E05).

Таким чином полегшується пошук несправності.

Ремонтні роботи: В залежності від характеру поломки, може виконуватись на місці або у майстерні.

- **Заміна пневмоциліндра:** займає ~30 хв: від'єднати шланги, відкрутити кріплення, вийняти, вставити новий, підключити. Потім регулювання положення кінцевиків при необхідності.
- **Заміна сервомотора чи драйвера:** найкраще виконує наладчик з техвідділу. Новий привод має бути такого ж типу, його треба параметризувати (ввести дані енкодера, якщо інший).
- **Ремонт дозатора:** якщо деформувалася клапанна мембрана або стиралась – ставимо нову. Якщо стерлись стінки трубки – її краще замінити (в нас трубка нерж, малоімовірно).
- **Відновлення формувальної комірки:** якщо з'явилися задирки, прямо на машині можна полірувальним бруском пройти, не знімаючи – але краще зняти і відполірувати.
- **Зварювання рами або деталей:** Наприклад, при екстремальній експлуатації може тріснути зварний шов на рамі (через вібрації).

Ремонт: зачистити, проварити заново електрозваркою, пофарбувати щоб не іржавіло.

Переналадка на інший продукт або пакет: Якщо підприємство планує пакувати інший продукт чи масу, машина допускає переналаштування:

- **Інша маса дози:** оператор вводить нову масу на НМІ, контролер сам коригує час клапанів (або дає підказку).
- **Інший розмір пакета:** потрібна заміна формувального комплекту (комірки і, можливо, трубки). Наша конструкція передбачає змінні формувальні частини (як опція). Процедура: зняти стару комірку (4 болти), встановити іншу (налаштувати центр). В ПЛК – ввести нові довжину і ширину (довжина для протяжки, ширина – для обмеження).
- **Інший тип плівки:** якщо переходять з, скажімо, поліетилену на ламінат з алюмінієм – треба настроїти температури зварювання (підвищити), і можливо інший тип губок (з іншим профілем). Це прописується в карті наладки, оператор вибирає тип матеріалу в меню, і контролер виставляє попередньо збережені параметри (темп, час).
- **Інший гранулометричний склад продукту:** Якщо фасуємо значно дрібніший або пилоподібний матеріал (наприклад, манка замість рису) – об’ємний дозатор може давати похибку. Бажано перейти на інший дозатор (шнековий чи ваговий модуль). Це складніша перебудова, але модульність дозволяє: демонтуємо бункер+клапани, встановлюємо комплект шнекового дозатора (з своїм приводом) – на машині передбачені універсальні кріплення. Підключаємо той привод до ПЛК (замість клапанів). Перенастроюємо програму – вона універсальна (вибір типу дозатора), чи потрібна перепрошивка. Це робить кваліфікований інженер.

Документація та навчання персоналу: В комплекті з машиною йде інструкція (паспорт), де описані всі ці аспекти: схема заправки, карта ТО,

електросхема, пневмосхема, таблиця несправностей і методи їх усунення. Перед запуском виробництва персонал (оператори фасувальної лінії) проходять інструктаж і навчання. Зазвичай достатньо 1–2 днів під керівництвом наладчика: вони практично заправляють плівку, відкривають/закривають клапани, змінюють рулони.

Отже, конструкція автомата спроектована з урахуванням зручності обслуговування: більшість компонентів легко доступні (через знімні панелі), ключові регулювання виведені назовні (регулятор тиску, дроселі, натягувачі ременів). Це дозволяє скоротити час простою на обслуговуванні та ремонтах, тим самим підвищує коефіцієнт технічного використання обладнання.

РОЗДІЛ 8. ОПИС БЛОКУ УПРАВЛІННЯ МАШИНОЮ

Автоматизація фасувального пристрою реалізована на базі сучасного блоку управління, який включає програмований логічний контролер (ПЛК), модулі вводу/виводу, панель оператора (НМІ), приводні перетворювачі і датчики. У цьому розділі розглянуто структуру системи керування, основні алгоритми роботи та можливості налаштування, а також заходи з безпеки, реалізовані у блоці управління.

Структура системи керування

Блок управління машиною – це сукупність електронних і електричних компонентів, які забезпечують координацію роботи всіх виконавчих механізмів у відповідності до заданого циклу. Система керування побудована за модульним принципом:

- **Контролер:** Siemens Simatic S7-1200, CPU 1212C (24 В живлення). Він виконує логіку керування, обробляє сигнали датчиків і формує команди на приводи.
- **Модулі вводу/виводу:** вбудовані 8 DI, 6 DO (24 В транзисторні), 2 AI, 2 АО. Цього достатньо: ми маємо ~6 датчиків (кінцевики, тиск, рівень), ~5 виконавчих соленоїдів і аналогові – 1 для термодатчика, 1 для вагового датчика. У разі необхідності розширення, можна додати модуль SM 1221 (8 DI) або аналоговий SM 1231.
- **Панель оператора (НМІ):** Siemens KTP700 Basic (7-дюймовий кольоровий сенсорний дисплей). Панель підключена до ПЛК по шині Profinet (Ethernet). Вона відображає параметри роботи, стан вузлів і дозволяє оператору вводити установки (продуктивність, маса дози, температура тощо).

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Грінінг К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кішнізь Т.Р.	Назва, додаткова назва Розділ 8	614.KP.00.001.ПЗ				
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Акуш 68/71	

- **Привідні пристрої:** серводрайвер для мотора протяжки (наприклад, Delta Electronics ASD-B2 серія або Siemens Sinamics V90), з'єднаний з ПЛК по дискретних сигналів (Старт/Стоп, кінцевий індекс) або по протоколу (PROFIdrive – можливо, якщо вибрати Siemens-ський сервопак). У нашому випадку, для простоти, використано дискретне керування: ПЛК видає 24 В сигнал "Пуск протяжки", серводрайвер виконує рух за заданим вбудованим профілем, і віддає сигнал "Готово".
- **Блок пневморозподільників:** п'ятиклапанний пневмоблок Festo, котушки 24 В. Він підключений виходами ПЛК. Кожен клапан керує окремим циліндром (Губки, Ніж, Верхній клапан дозатора, Нижній клапан дозатора, і один резервний або для опцій – скажімо, привід вивідного конвеєра). Розподільники двопозиційні з пружинним поверненням або двосторонні.
- **Датчики і кінцевики:**
 - індуктивний датчик положення губок (закрито),
 - індуктивний датчик губок (відкрито) – можна використати один циліндр з двома датчиками на кінці,
 - механічний кінцевик "Присутність плівки/пакета" (на випадок застрягання),
 - ємнісний датчик рівня продукту в бункері (встановлений збоку бункера на певній висоті),
 - реле тиску повітря (на лінії подачі, з налаштуванням $\sim 0,5$ МПа),
 - термopара типу J або K (вставлена в масив губки поздовжнього і поперечного нагрівача – це 2 канали АЦП),
 - тензодатчик ваги (як опція, підвішений під приймальним столиком пакетів, працює як контроль точності – цей сигнал може бути просто відображатися або впливати).
 - датчик мітки плівки (оптичний, підключений як DI),
 - датчик аварійної зупинки (грибок Е-стоп, НЗ контакт – DI).

- магнітні датчики на дверцятах кожухів (НЗ контакти в ланцюзі безпеки).

• **Силова частина:**

- блок живлення 24 В, 5 А для ПЛК, датчиків, клапанів;
- контактор мережевий, який живить сервопривід і блок живлення – котушка контактора через аварійний стоп і датчики захисних дверцят (категорія безпеки 1). При спрацюванні Е-стоп чи відкритті дверцят контактор відпускає – знеструмлює силові кола (мотор, нагрівачі).
- нагрівачі отримують живлення 220 В через твердотільні реле (SSR), які комутує ПЛК аналоговим виходом (ШІМ для ПІД) або через спеціальний регулятор типу Jumo (у простих реалізаціях – ПЛК сам генерує ШІМ).
- освітлення (лампа) внутрішнє 24 В.

Можливість підключення до мережі: В наш час часто потрібно інтегрувати машину в загальну лінію. Контролер має Ethernet – його можна під'єднати до SCADA системи або MES (для моніторингу). Протокол – Profinet або Modbus TCP. За необхідності, можна реалізувати **віддалений доступ** для сервісу: через інтернет-роутер інженер виробника може підключитись і перевірити програму (виправити баги, оновити ПЗ). Це підвищує підтримуваність.

Аварійні і захисні блокування: Окремо реалізовано апаратний ланцюг безпеки: Е-stop і кінцевики дверей розмикають живлення контактора (тобто знеструмлюють серво, двигуни, нагрівачі). Проте ПЛК ще живиться (24 В – часто це окремо), він знає, що сталося, і може коректно зупинити програму і потім відобразити "Відкрита дверця" або "Аварійний стоп".

Крім того, на випадок відмови ПЛК, серводрайвер має свій захист: якщо він не отримує команди, він через 0,5 с (watchdog) зупиниться, притримавши двигун (щоб не вільно крутився).

Нагрівачі – якщо раптом ПЛК "зависне" в стані ввімкненого SSR, є термостат безпеки на 180°C, прикручений до губки. Якщо температура перевищить (буває якщо регулятор збоїв) – термостат розмикає коло нагрівача (послідовно з ним) і він гасне. Так виконують вимоги запобігання перегріву (пожежі).

Насамкінець, за відсутності повітря, вузол губок сам по собі пружинами відкривається – щоб не "захопити" пакет намертво і не згорів він там.

Всі ці міри відповідають стандартам EN ISO 12100, EN 415-3 з безпеки пакувальних машин (безпечні зупинки і т.д.).

Програмне забезпечення: Програма створена в TIA Portal v15, збережена на SD-карті, вставленій у ПЛК – для зручності відновлення при заміні. Також панель НМІ налаштована (WinCC), її рецепти (наприклад, різні параметри для різних продуктів) можуть редагуватися інженером і зберігатись на USB.

В разі потреби оновлення – можна через той же Ethernet підключити ноутбук і "залити" нову версію від виробника. ПЛК підтримує веб-сервер – можна віддалено дивитись стан (окремо якщо налаштувати, але це більше функціонал, не завжди використовується).

Енергозбереження: Блок керування запрограмовано таким чином, що якщо машина у простої >15 хв, вона переходить у "сплячий режим": відключаються нагрівачі (аби не витратити електрику і не пережигати плівку якщо стоїть), приводи знеструмлюються (серво у standby). Коли оператор повертається – натискає "Пуск" – машина знову нагріває губки до режиму (~1 хв) і починає цикл. Це економить електроенергію і продовжує життя нагрівачам.

Підсумок: Блок управління забезпечує повну автоматизацію процесу пакування, включаючи дозування, формування пакета, зварювання, різання і контроль параметрів. Він забезпечує високу точність і повторюваність

циклів, гнучкість переналаштування та безпечність роботи. Використання промислового ПЛК Siemens з НМІ гарантує надійність та простоту взаємодії оператора з машиною, що підтверджено і досвідом застосування таких контролерів на аналогічному обладнанні [\[14\]](#). Система керування відповідає сучасному технічному рівню і може бути інтегрована у загальну виробничу лінію, що підвищує продуктивність і знижує вплив людського фактора.

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті розроблено автоматизований фасувальний пристрій для сипких і гранульованих харчових продуктів у полімерні пакети типу «подушка» з продуктивністю 45 упаковок/хв. Проведено аналіз існуючих фасувальних систем, обґрунтовано використання об'ємного дозатора з двоступеневим регулюванням, розроблено конструкцію вертикальної пакувальної машини та здійснено інженерні розрахунки основних вузлів. Запропоновано нові технічні рішення, що підвищують точність дозування, економічність і гігієнічність обладнання. Розроблено алгоритм автоматичного керування на базі ПЛК Siemens та заходи з технічного обслуговування, безпеки й екологічності. Проєкт має практичну цінність і рекомендований до впровадження у харчовій промисловості.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Грінінг К.Р.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Кітжиль Т.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновки	614.KP.00.001.ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Кривопляс-Володіна Л.О.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Акуш</i> 73/75	

ЛІТЕРАТУРА

1. Miller Weldmaster - виробник пакувального обладнання. Режим доступу: <https://www.weldmaster.com/>
2. Бондарчук Д. В. Підвищення точності роботи об'ємних дозаторів сипких речовин / Д. В. Бондарчук // Технологічні комплекси. – 2010. – № 1. – С. 99 – 103.
3. Завгородня В.М., Сирохман І.В., Демкевич Л.І. Тара і упакування продовольчих товарів: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво ЛКА, 2001. – 256с.
4. Каталог обладнання фірми Samozzi 8.8.
5. Купчик М. П., Гандзюк М. П., Степанець І.Ф. та ін. Основи охорони праці. - К.: Основа, 2000. - 416с.
6. Онлайн-довідник для інженерів, що працюють з порошками та сипучими матеріалами. Режим доступу: <https://www.powderprocess.net>
7. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин : підручник / В. Т. Павлище. – Львів : Афіша, 2003. – 558 сСправочник специалиста пищевых производств. Книга 1 Механика/ А. И. Соколенко и др. – К.: Артэк, 2001. – 304с.
8. Пальчевський Б. О. Аналіз точності роздільно-порційного об'ємного дозування сипких матеріалів / Б. О. Пальчевський, Д. В. Бондарчук // Наукові нотатки: міжвуз. зб. – 2010. – №28. – С. 398 – 402.
9. Пальчевський Б. О. Експериментальне дослідження роботи об'ємних дозувальних пристроїв сипких речовин / Б. О. Пальчевський, Д. В. Бондарчук // Технологічні комплекси. – 2011. – № 3. – С. 57 – 62.
10. Патент №64909 U України, МПК В65В 1/06. Об'ємний дозатор для сипкої речовини / Пальчевський Б. О., Бондарчук Д. В. – № 201104339 ; Заявл. 11.04.2011 ; Опубл. 25.11.2011 ; Бюл. №22. – 3с.

Відповідальна організація НУХТ		Технічне узгодження Грінінг К.Р.		Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа	
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кижиль Т.В.	Назва, додаткова назва Література	614.KP.00.001.ПЗ				
	Документ затверджено Кривопляс-Володіна Л.О.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Акуш 74/75	

11. Патент № 56020 U України, G01F11/00. Дозатор важкосипких матеріалів / Плавинський В. І., Плавинська С. В., Плавинський Р. В. – № 201005012 ; Заявл. 26.04.2010 ; Опубл. 27.12.2010 ; Бюл. № 24. – 2 с.
12. Соколенко А.І., Яровий В.Л., Піддубний В.А., Васильківський К.В., Шевченко О.Ю. Моделювання процесів пакування. / За редакцією Соколенка А.І./Підручник. – Вінниця: Нова Книга, 2004. – 272с.
13. Тертя в машинах і системах транспортування вантажів / А.І. Соколенко, О.П. Мацко, В.А. Піддубний та ін. / За ред. Проф. А.І. Соколенка. – К.: ЛЮКСАР, 2007. – 246 с.
14. ТОВ ВКФ «Козак+» - компанія-постачальник пакувального обладнання й матеріалів, складської й вантажопідйомної техніки. Режим доступу: <https://kozakplus.ua/>
15. Фізико-хімічні методи обробки сировини та продуктів харчування / А.І. Соколенко, В.Б. Костін, К.В. Васильківський, О.Ю. Шевченко, В.Й. Лензіон, В.Г. Рєзнік / За ред. А.І. Соколенка. – К.: АртЕк, 2000. – 306 с.