

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ**

**Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки**

«До захисту допущено»  
В.о. завідувача кафедри  
\_\_\_\_\_Олександр ЛУГОВСЬКИЙ  
“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Дипломний проект  
на здобуття ступеня бакалавра  
за освітньо-професійною програмою «Автоматизовані та роботизовані  
механічні системи»  
спеціальності 131 Прикладна механіка**

**на тему:** Модернізація системи автоматичного керування лінії пакування насіння

Виконала: студентка 4 курсу, групи МА-72

\_\_\_\_\_Жабура Яна Андріївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник: \_\_\_\_\_к.т.н. ст. викладач Беліков К. О.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант з охорони праці \_\_\_\_\_

(назва розділу)

\_\_\_\_\_ст.викладач Ковтун А.І.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант з технології машинобудування к.т.н., доц. Кореньков В.М. \_\_\_\_\_

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студентка \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Механіко-машинобудівний інститут**  
**Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)  
Спеціальність – 131 Прикладна механіка  
Освітньо-професійна програма «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
В.о. завідувача кафедри  
\_\_\_\_\_ Олександр ЛУГОВСЬКИЙ  
(підпис)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студентці**

**Жабури Яни Андріївни**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: Модернізація системи автоматичного керування лінії пакування насіння

**Керівник проекту:** Беліков Костянтин Олександрович к.т.н. ст. викладач

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

затверджена наказом по університету від “18” травня 2021 року № 1203-с

2. Термін подання студентом проекту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту: наукові статті, наукові джерела з питань автоматизованих та механічних систем, нормативно-правові джерела щодо охорони, захисту та управління інтелектуальною власністю.

#### 4. Зміст пояснювальної записки

1) Лінії фасування насіння; 2) Підбір обладнання; 3) Автоматизація; 4) Технологія машинобудування; 5) Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо)

Загальний вигляд; монтажна схема шафи керування; схеми електричні принципи; деталювання; технологічний процес.

#### 6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Охорона праці	ст. викл. Ковтун А.І.		
2. Технологія машинобудування	доц. Кореньков В.М.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз завдання від компанії-замовника	18.09.2020	
2	Розробка електричної схеми	30.09.2020	
3	Проведення розрахунків і підбір обладнання	06.10.2020	
4	Закупка обладнання і збирання лінії	17.11.2020	
5	Програмування ПЛК	22.12.2020	
6	Тестування і налагодження роботи лінії	20.01.2021	
7	Розробка моделі загального вигляду	20.01.2021	
8	Робота над деталюванням і технологією машинобудування	07.05.2021	
9	Оформлення пояснювальної записки	04.06.2021	
10	Узгодження розділів технології машинобудування та охорони праці	08.06.2021	

Студент

\_\_\_\_\_

( підпис )

\_\_\_\_\_

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_

( підпис )

\_\_\_\_\_

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

**Пояснювальна записка**  
**до дипломного проекту**

на тему: Модернізація системи автоматичного керування лінії пакування насіння

Київ – 2021 року

## Анотація

Дипломний проект бакалавра на тему: «Модернізація системи автоматичного керування лінії пакування насіння». Обсяг пояснювальної записки 83 сторінок, що складається з 5 розділів, включає 51 рисунок і 6 таблиць. Об'єм графічного матеріалу 5 листів формату A1, 3 листи A3 і один лист A4.

Метою даної роботи є модернізація існуючої лінії фасування насіння, що полягає у вдосконаленні системи автоматизації лінії. Така лінія використовується для пакування насіння, що випускається під торговою маркою «Садиба центр».

Перший розділ проекту вміщає огляд літератури на тему пакувальних машин, їх класифікацію і призначення. Крім цього, цей розділ висвітлює особливості машини, що є об'єктом роботи, поставлену задачу, а також існуючі прототипи.

В другому розділі приведено розробку електричної схеми системи автоматизації та підбір обладнання, що обґрунтовано за допомогою інженерних розрахунків і порівняння з прототипами. Підібране обладнання зведено в таблицю, приведена монтажна схема, що спрощує підбір і збирання шафи керування.

Третій розділ висвітлює написання програми мовою FBD для програмованого логічного контролера, що забезпечує правильну роботу лінії по циклу, інтерфейс користувача, задання параметрів. Також приведено настанову по роботі і налаштуванню системи, приведено опис її роботи.

В четвертому розділі розглянуто технологічний процес виготовлення деталі, що є частиною дозатора насіння і була частково змінена через зміну способу кріплення датчика.

Безпека проведення роботи обговорюється в п'ятому розділі, що включає в себе оцінку мікроклімату і освітлення в приміщенні, можливих джерел небезпеки.

Таким чином, в рамках дипломного проекту розв'язано реальну задачу по автоматизації лінії пакування насіння і приведено необхідну супроводжуючу документацію.

**Ключові слова:** лінія фасування, лінія пакування, автоматизована лінія.

## Summary

Bachelor's thesis project on the topic: "Modernization of an Automation Control System for a Seed Packaging Line". The technical note contains 83 pages, consisting of 5 sections, including 51 figures and 6 tables. The amount of graphic material is 5 drawings of A1 format, 3 drawings of A3 format and one A4 drawing.

The purpose of this work is to modernize the existing seed packing line, which focuses on improving the automation system of the line. This line is used for packing seeds produced under the trademark of "Sadyba Center".

The first section of the project contains a review of the literature on packaging machines, their classification and purpose. In addition, the section covers the features of the automation line in question, objectives and existing prototypes.

The second section presents the development of the automation system's electrical diagram and selection of equipment, which is justified by engineering calculations and comparison with prototypes. The selected equipment is summarized in a table and an installation diagram is given, which simplifies the assembly of the control cabinet.

The third section covers the development of the FBD language program for the programmable logic controller, which ensures the correct operation of the line, the user interface and parameter setting. There as well are operation and configuration instructions and a description of operation of the automation line.

The fourth section discusses the technological process of manufacturing a seed dispenser part that has been partially changed due to a change in the mounting requirements of a sensor.

The workplace safety is discussed in the fifth section, which includes an assessment of the microclimate and lighting in the room and an overview of possible sources of danger.

Thus, within the framework of the thesis project a tangible problem in a seed packaging automation line is solved and the necessary accompanying documentation is presented.

**Keywords:** packing line, packaging line, automated line.

## Зміст

Зміст.....	8
Вступ.....	10
1. Лінії фасування насіння .....	11
1.1. Типи фасувальних машин.....	11
1.2. Фасування насіння.....	13
1.3. Опис машини, що модернізується, і існуючих прототипів.....	14
1.4. Постановка задачі .....	19
2. Підбір обладнання .....	20
2.1. Аналіз завдання.....	20
2.2. Підтримка температури нагрівача .....	20
2.3. Позиціонування пакета .....	25
2.4. Відрізка, штамповка, запайка пакета.....	26
2.5. Підтяжка рулона .....	27
2.6. Штучний дозатор .....	28
2.7. Об'ємний дозатор .....	32
2.8. Контролер і живлення .....	33
2.9. Аксесуари .....	36
2.10. Список підбраного обладнання .....	39
2.11. Електрична схема і розрахунок кабелю .....	43
2.12. Висновки по підбору обладнання .....	45
3. Автоматизація .....	46
3.1. Розробка програми для ПЛК .....	46
3.1.1. Підтримка температури нагрівача.....	46
3.1.2. Підтяжка рулону.....	47
3.1.3. Забезпечення циклу позиціонування, запайки, штамповки, відрізання.....	48
3.1.4. Забезпечення роботи дозаторів.....	49

					<i>МА 7103.ДПО1.00.00.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<div> <div>Модернізація системи автоматичного керування лінії пакування насіння</div> <div> <div>Літ.</div> <div>Арк.</div> <div>Аркушів</div> </div> </div>			
<i>Розробив</i>		<i>Жабюра Я. А.</i>						
<i>Перевірив</i>		<i>Беліков К. О.</i>						
					<div> <div>8</div> <div>84</div> </div>			
					<i>КПІ ім. Ізгоря Сікорського</i>			



3.1.5.	Скидання лічильника і запис останніх значень .....	51
3.2.	Налаштування і керування автоматизованою системою пакування насіння.....	52
3.2.1.	Керування приладом .....	52
3.2.2.	Робота з екраном .....	53
3.2.3.	Робота в режимі без дозатора.....	54
3.2.4.	Робота в режимі з об'ємним дозатором .....	56
3.2.5.	Робота в режимі зі штучним дозатором.....	57
3.2.6.	Зміна дати і часу приладу .....	58
3.2.7.	Налаштування датчиків .....	59
3.3.	Висновки по розділу автоматизація .....	61
4.	Технологія машинобудування .....	63
4.1.	Опис деталі для виготовлення.....	63
4.2.	Вибір заготовок.....	64
4.3.	Розробка технологічного процесу .....	65
4.4.	Вибір різального інструменту і оснащення .....	66
4.5.	Написання управляючої програми .....	72
4.6.	Розрахування загальної вартості і часу обробки.....	74
5.	Охорона праці.....	76
5.1.	Аналіз умов праці .....	76
5.2.	Освітлення в лабораторії .....	77
5.3.	Мікроклімат.....	78
5.4.	Аналіз фізичних та психофізіологічних факторів небезпеки .....	79
5.5.	Висновки по розділу охорони праці .....	80
	Висновок .....	81
	Література .....	82

## Вступ

Важливою частиною підтримки роботи аграрного сектору є виготовлення, доставка і реалізація насіння, призначеного для посіву.

В той час, як для засівання великих полів насіння може закупатися в мішках та інших формах упаковки для оптових покупців, для роздрібної торгівлі насінням в кількостях, достатніх для засівання особистих городів і клумб, насіння має упаковуватися в дрібну упаковку. Така упаковка має забезпечувати захист насіння від пилу, бруду, вологи, зараження, сонячного світла. Для підвищення продуктивності процесу пакування насіння в пакети використовується пакувальне обладнання.

Модернізація і автоматизація одної з таких ліній пакування насіння є темою даного дипломного проекту. Робота включає в себе підбір відповідного електричного обладнання, розробку електричних і монтажних схем, збирання шафи керування, розробку інтерфейсу користувача і програмування логічного контролера.

В процесі виконання даної роботи було використано такі програмні пакети: КОМПАС-3D [27] для виконання креслень, Autodesk Inventor [28] та Solidworks [29] для розробки тривимірних моделей і збірок, Microsoft Word [30] для оформлення пояснювальної записки.

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

# 1. Лінії фасування насіння

## 1.1. Типи фасувальних машин

Для забезпечення роздрібної торгівлі товарами, однією з важливих задач є забезпечення процесів пакування і дозування.

Під пакуванням розуміють утворення упаковок, що містять всередині товари і виконують споживчі, рекламно-інформаційні, контролюючі, захисні і розподільчі функції [1, с. 3].

Дозуванням називають відмірювання необхідної кількості товару, що має знаходитись в одній упаковці. Дозування може виконуватися по об'єму, вазі, кількості [1, с. 10].

Пакування є необхідною операцією для багатьох видів товарів, оскільки воно:

- захищає продукти від забруднення, перенесення запахів, зараження,
- збільшує час зберігання товарів задовільної якості,
- покращує зовнішній вигляд товарів,
- полегшує транспортування товарів від виробника до споживача.

Для полегшення процедури пакування може використовуватися пакувальне обладнання. До пакувального обладнання відносяться машини, що використовуються для повного чи часткового покриття одиничних товарів чи груп товарів пакувальним матеріалом. Також під пакувальним обладнанням можуть розуміти машини, що підготовлюють пакувальні матеріали, запаюють або іншим чином закривають упаковку, маркують її, групують і розподіляють товари перед пакуванням, наповнюють ємності [2, с. 1].

Пакувальне обладнання часто виробляється на замовлення, оскільки є досить специфічним до потреб конкретного замовника, продукту і упаковки. Крім цього, класифікація пакувального обладнання ускладнюється тим, що

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

машини часто поєднують в собі необхідний набір операцій. Тому зручно класифікувати не пакувальні машини в цілому, а стандартні операції, що може поєднувати в собі кожна конкретна машина чи лінія. До таких операцій відносяться робота з пляшками (очистка, подача, наповнення рідкими і сипучими речовинами, закривання, маркування), робота з банками (формування, стерилізація, наповнення, закривання, маркування), замотування (виробництво, наповнення і закриття паперових, плівкових та композитних пакетів), робота з коробками (формування і закриття коробок, наповнення рідкими і твердими речовинами), маркування, дозування, вакуумування, запаювання, палетизація [4].

Обладнання, що відповідає за дозування продуктів, що пакуються, називається дозаторами. Дозатори, крім іншого, класифікуються по принципу дії, типу виконавчого органу, ступеню керування, призначенню, тощо.

По принципу дії дозатори поділяються на об'ємні, вагові, штучні і комбіновані (наприклад, об'ємне дозування на підготовчому етапі і вагове дозування частини дози для забезпечення швидкості і точності дозування).

Вагове дозування може відбуватися як по типу маса брутто (зважування продукту в упаковці), так і по типу маса нетто (попереднє зважування продукту до засипання в упаковку), з використанням механічних, електронних, тензометричних вагів [3, с. 33].

Об'ємне дозування може досягатися використанням мірних стаканів, мірних рівнів, поршнів, тощо.

Штучні дозатори різняться по своїй конструкції в залежності від типу і розміру продукту, що дозується, і можуть включати як відділення групи штук по рахунку за допомогою конвейрного, роторного чи гравітаційного механізму подачі, так і орієнтування окремих штук в рамках упаковки [1, с. 11].

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

По типу виконавчого органу дозатори бувають стрічкові, шнекові, роторні, пневматичні, вібраційні, тощо.

Підбір механізму дозування сипучих речовин сильно залежить від фізико-механічних властивостей речовини, що дозується.

Наприклад, для сипучих речовин з розміром часток 0,02..0,6 мм (наприклад, какао, борошно, порошкові суміші для дитячого харчування) типовим є використання шнекових дозаторів, в яких доза продукту залежить від кроку і частоти обертання шнека. При пакуванні невеликих доз (до 1 кг) використовують дозатори з вертикальною подачею, а для великих доз часто використовують шнекові дозатори з горизонтальним механізмом подачі.

Для сипучих речовин розміром 0,6..6 мм (наприклад, сіль, цукор, крупи) часто використовуються об'ємні дозатори стаканчикowego типу, в яких регулювання дози відбувається зміною розміру стакану. Сипуча речовина подається до наповнення стакану, після чого його вміст переноситься в зону пакування [3, с. 34-35].

Сипучі речовини розміром від 6 мм (наприклад, горіхи, кава, заморожені овочі, печиво) частіше дозують по вазі чи кількості за допомогою вагових, штучних або комбінованих дозаторів.

## 1.2. Фасування насіння

Предметом даної роботи є машини, що використовуються для дозування і пакування насіння, призначеного для посіву, для роздрібної торгівлі. Характерними особливостями такого товару є розміри насіння, що пакується, в діапазоні 2..7 мм, та невеликі дози – 0,5..100 г або 5..20 шт.

Насіння може пакуватися в різнокольорові пакети, що містять на собі всю необхідну інформацію про сорт рослини і кількість насіння, зображення рослини, або в білі пакети, що містять лише необхідну інформацію і можуть

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

пакуватися в картонні коробки з зображенням рослини. Також насіння може пакуватися в банки, коробки, пакети [5].

В залежності від вимог по зберіганню насіння, пакети можуть мати різну товщину і вироблятися як з паперу, так і з композитних матеріалів, в склад яких входить поліетилен, папір, алюміній. Пакети можуть бути додатково ламіновані чи покриті ультрафіолетовим лаком [6].



Рисунок 1.1 – Рулони з пакетами для пакування насіння [6].

Такі пакети продаються як готовими (з незакритим краєм), так і в вигляді рулонів (рис. 1.1). Пакети, виготовлені з паперу, заклеюються, а пакети, виготовлені з композитних матеріалів – запаюються, після чого готовий пакет відрізається від рулона.

В залежності від конкретного виду і розміру насіння, при його фасуванні використовуються об'ємні, вагові і штучні дозатори.

### 1.3. Опис машини, що модернізується, і існуючих прототипів

Ціллю роботи є модернізація існуючої лінії фасування насіння, зображеної на рис. 1.2. Ця лінія призначена для виготовлення пакетів з незакритим краєм з рулонів, або, при підключенні додаткових модулів дозаторів та заміні



нагрівача запайки, для пакування дрібного насіння по об'єму чи крупного насіння поштучно.



Рисунок 1.2 – Існуюча лінія фасування насіння.

Рулон встановлюється на вісь в нижній частині рами, і протягується крізь машину. За один цикл машина наносить на один з пакетів печатку з датою пакування, запаює інший пакет і відрізає один готовий пакет. При використанні дозатора за цикл ще один пакет наповнюється насінням. Після цього плівка зміщується на один пакет, рулон за необхідності додатково розмотується.

Машина, що підлягає модернізації, є задовільною з точки зору механічної конструкції, але має ряд недоліків:

1. машина важка в обслуговуванні і ремонті,
2. підтримка температури нагрівача потребує постійної уваги оператора,
3. неможливо дізнатись кількість виготовлених пакетів за умови випадкового натискання кнопки скидання,
4. всі модулі підключаються до живлення окремо.

Розглянемо ці проблеми детальніше і обговоримо приведені в роботі вирішення.

По-перше, проблеми в обслуговуванні і ремонті обумовлені нестандартною конструкцією машини. Корпус блоків керування не відкривається без розкручування, всередині знаходяться саморобні друковані плати, які складно повторити, якщо необхідно виготовити аналогічну машину. Якщо деталь виходить з ладу, для її заміни необхідно мати значний рівень знань для визначення пошкодженої деталі і часу та умінь для того, щоб демонтувати стару і запаяти нову деталь.

Ця проблема буде вирішена за допомогою переходу на промислове обладнання і оформлення електричної схеми і інструкції, що дозволить легше визначити джерело проблеми і, замовивши відповідник, швидко замінити необхідну деталь.

Другим з основних недоліків існуючої установки є відсутність системи підтримки температури нагрівача. Нагрівач використовується для запайки пакетів. Температура в машині, що підлягає модернізації, регулюється за допомогою зміни потужності, що підводиться до нагрівача, проте при зміні швидкості запайки пакетів, і, відповідно, зміні кількості тепла, що відводиться, є ризик виготовлення браку: або недостатньо спаяних пакетів (рис. 1.3), або перегрітих пакетів (рис. 1.4).

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		





а



б

Рисунок 1.3 – Пакет з насінням, розрізаний після запаювання, а – нормальний, б – недогрітий.



а



б

Рисунок 1.4 – Запаєні пакети з насінням, а – нормальні, б – перегріті.

Для того, щоб зменшити кількість браку і спростити роботу оператора, в модернізованій машині температура нагрівача буде задаватися в цифровому вигляді за допомогою панелі оператора, а потужність, що подається на нагрівач, визначатиметься контролером, виходячи з логіки ПІД-регулювання.

Третій недолік стосується випадкового натискання кнопки скидання. В процесі роботи машина рахує кількість виготовлених пакетів, що дозволяє

простіше керувати кількістю пакетів в партії. При цьому кнопка скидання, необхідна для початку відрахунку пакетів наново, може бути натиснута випадково, що призведе до втрати інформації про кількість вже виготовлених пакетів.

Для зменшення негативного впливу випадкового скидання лічильника, на панелі оператора відображатиметься час останнього скидання і кількість пакетів, що була виготовлена на той момент.

Четвертим недоліком є те, що в першій моделі всі модулі (лінія і дозатори) підключаються до живлення окремо, що впливає на зручність роботи.

В новій моделі робота дозаторів керуватиметься однією централізованою шафою управління, до якої дозатор підключатиметься через універсальний роз'єм, що покращить зручність роботи і естетичний вигляд машини.

При розробці цієї машини також може використовуватися новіший прототип, зображений на рис. 1.5.

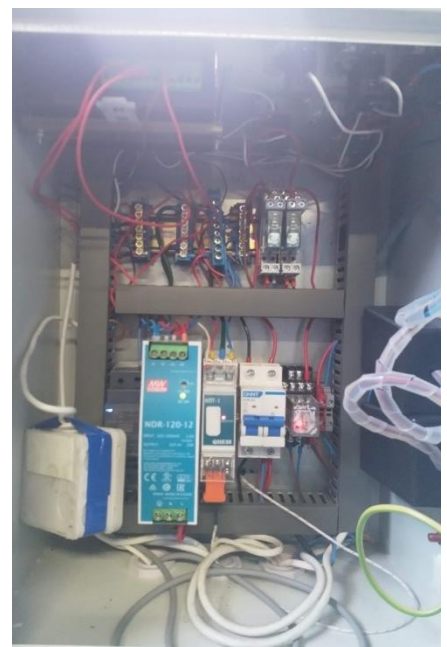


Рисунок 1.5 – Лінія фасування, що може використовуватися, я прототип, при підборі обладнання.

Прототип виконаний в основному з промислового обладнання і добре показав себе в роботі, що дозволяє базувати на ньому підбір обладнання. При цьому, в ньому використовуються декілька датчиків з саморобним перетворювачем рівню сигналу, чого бажано уникнути в новій моделі, оскільки наявність нестандартних компонентів ускладнює ремонт.

Представлений прототип, крім цього, розрахований тільки на роботу без дозатора, та не має системи автоматичної підтримки температури.

#### 1.4. Постановка задачі

Таким чином, завданням роботи є модернізація існуючої лінії фасування насіння з метою розширення її функціоналу, підвищення комфорту роботи, надійності, зручності в обслуговуванні і ремонті.

Спираючись на два існуючих прототипи, необхідно:

- підібрати електричне обладнання,
- розробити електричну і монтажну схеми шафи керування,
- зібрати шафу керування,
- написати програму для контролера,
- оформити документацію на лінію фасування насіння та модулі дозаторів.

## 2. Підбір обладнання

### 2.1. Аналіз завдання

Умовно розділимо завдання на такі області:

- Підтримка температури нагрівача, що використовується для запайки пакетів
- Позиціонування пакета перед запайкою, штамповкою і відрізанням
- Відрізання, штамповка і запайка пакету
- Підтяжка рулону з пакетами для зменшення навантаження на мотор, що позиціонує пакети
- Забезпечення роботи штучного дозатора
- Забезпечення роботи об'ємного дозатора
- Забезпечення правильного порядку спрацювання приводів, живлення, безпеки, зручності в використанні

Розглянемо розрахунок та підбір обладнання, що відповідає за кожну з областей.

### 2.2. Підтримка температури нагрівача

Необхідно підібрати: нагрівач і забезпечити його живлення, перетворювач потужності для керування потужністю нагрівача з контролера, датчик температури і перетворювач сигналу, що дозволить зчитувати його покази.

Для розрахування потужності нагрівача, використаємо такі початкові дані: робоча температура нагрівача 100-200°C, нагрівальний елемент – ніхромова проволочка, розміри алюмінієвого нагрівача згідно з рис. 2.1. Прийmemo допустимий час на досягнення робочої температури 5 хв, кількість тепла, що необхідна для спайки одного пакета – 200 Дж протягом 1 с, мінімальна тривалість циклу 3 с, теплові втрати в навколишнє середовище при робочій температурі 50 Вт.

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

Визначимо масу нагрівача розрахунковим способом.

$$\begin{aligned}
 m &= \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot h = \\
 &= 2700 \cdot (100 \cdot 20 + 10 \cdot 20 + 40 \cdot 20 + 100 \cdot 20) \cdot 10^{-6} \cdot 15 \\
 &\cdot 10^{-3} = 0,2025 \text{ кг} = 203 \text{ г}
 \end{aligned}$$

де  $m$  – маса нагрівача, кг,  $\rho$  – густина алюмінію,  $\rho = 2,7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ,  $V$  – об’єм деталі,  $\text{м}^3$ ,  $S$  – площа профілю нагрівача,  $\text{м}^2$ ,  $h$  – товщина нагрівача, м.

Згідно з тривимірною моделлю (рис. 2.1), вага деталі – 202,5 г, що відповідає обраній формулі розрахунку.

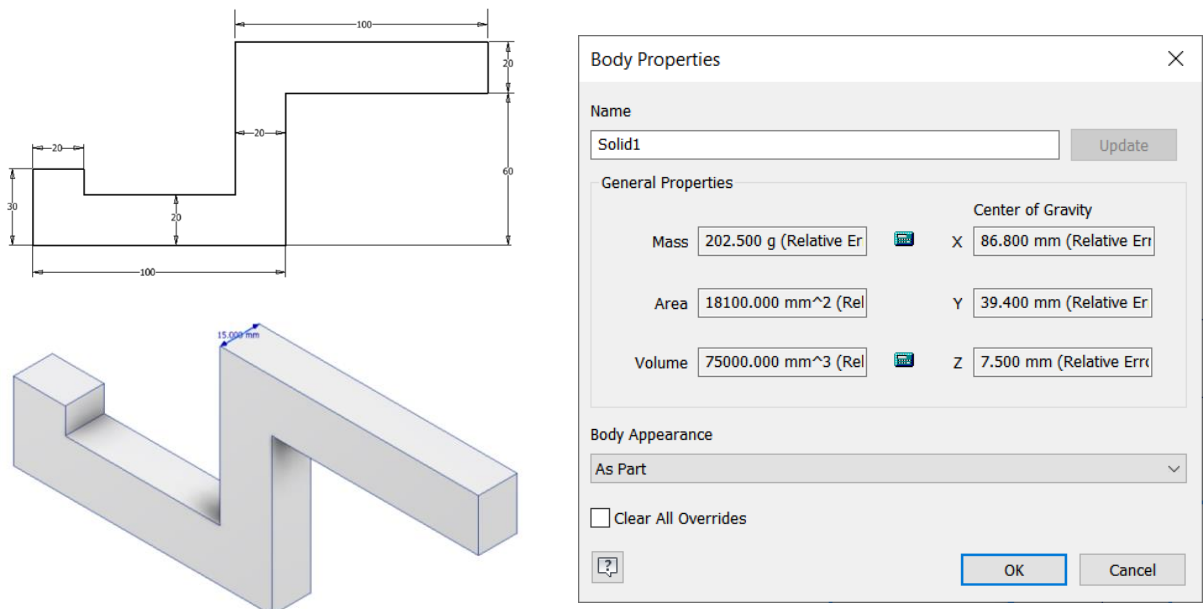


Рисунок 2.1 – Розміри і об’єм нагрівача.

Розрахуємо кількість тепла, необхідну для досягнення нагрівачем температури  $200^\circ\text{C}$  з початкової температури  $10^\circ\text{C}$ .

$$Q_{\text{наг}} = c \cdot m \cdot \Delta t = c \cdot m \cdot (t_{\text{кін}} - t_{\text{поч}}) = 910 \cdot 0,2 \cdot (200 - 10) = 34580 \text{ Дж}$$

де  $Q_{\text{наг}}$  – кількість тепла, Дж,  $c$  – питома теплоємність алюмінію,  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ ,  $m$  – маса тіла, що нагрівається, кг,  $t_{\text{поч}}$  – початкова температура,  $^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{кін}}$  – кінцева температура,  $^\circ\text{C}$ .

Загальна кількість тепла з врахуванням втрат за [7, с. 45]:

$$Q_{\text{заг}} = \frac{Q_{\text{наг}}}{\eta} = \frac{34580}{0,8} = 43225 \text{ Дж}$$

де  $Q_{\text{заг}}$  – необхідна кількість тепла з врахуванням витрат, Дж,  $Q_{\text{наг}}$  – необхідна кількість тепла з врахуванням витрат, Дж,  $\eta$  – КПД нагрівача, для електричних резистивних нагрівачів  $\eta = 0,6 - 0,85$ .

Оскільки допустимий час на досягнення робочої температури 5 хв, можна розрахувати корисну потужність нагрівача.

$$P_{\text{нагк}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{t} = \frac{43225}{5 \cdot 60} = 144 \text{ Вт}$$

де  $P_{\text{нагк}}$  – корисна потужність нагрівача при нагріванні,  $Q_{\text{заг}}$  – необхідна кількість тепла, Дж,  $t$  – час на нагрів, с.

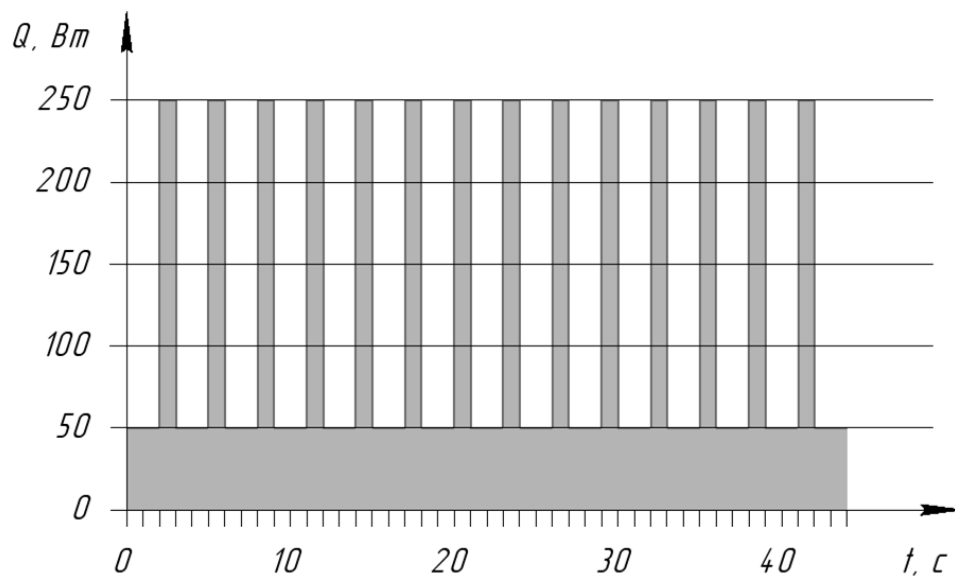


Рисунок 2.2 – Цикл роботи нагрівача при максимально можливому навантаженні при спайці пакетів.

Розглянемо максимальну потужність, необхідну для спайки пакетів, виходячи з циклу роботи, зображеного на рис. 2.2. При цьому тривалість циклу 3 с, з яких 2 с потужність відповідає тепловим втратам в навколишнє середовище, 50 Вт, а 1 с при якому потужність відповідає сумі теплових втрат

і роботі на одну секунду при запайці пакетів  $50 \text{ Вт} + \frac{200 \text{ Дж}}{1 \text{ с}} = 50 \text{ Вт} + 200 \text{ Вт} = 250 \text{ Вт}$ .

Розрахуємо середню потужність під час роботи по такому циклу.

$$P_{\text{спк}} = \frac{P_1 \cdot t_1 + P_2 \cdot t_2}{t_1 + t_2} = \frac{50 \cdot 2 + 250 \cdot 1}{2 + 1} = 117 \text{ Вт}$$

де  $P_{\text{спк}}$  – корисна потужність нагрівача при спайці пакетів,  
 $P_n$  – потужність n-ної частини циклу,  
 $t_n$  – тривалість n-ної частини циклу.

Оберемо нагрівач, виходячи з потужності 144 Вт, розрахованої з умови нагрівання до робочої температури за 5 хв. Виберемо діаметр за [7, с. 46, 49]

$$d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot \rho \cdot P^2}{\pi^2 \cdot U^2 \cdot \beta}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1,25 \cdot 10^{-6} \cdot 144^2}{3,14^2 \cdot 220^2 \cdot 5 \cdot 10^4}} = 1,63 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,16 \text{ мм}$$

де  $d$  – діаметр ніхромового дроту, м,  $\rho$  – питомий опір, Ом, для ніхрома  $\rho = 1,04 - 1,47 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ ,  $P$  – потужність нагрівача, Вт,  $U$  – напруга, з якої працює нагрівач, В,  $\beta$  – допустима питома поверхнева потужність, для низькотемпературних нагрівачів  $4 - 6 \cdot 10^4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ .

Довжина нагрівача за [7, с. 49]

$$l = \sqrt[3]{\frac{P \cdot U^2}{4 \cdot \pi \cdot \rho \cdot \beta^2}} = \sqrt[3]{\frac{144 \cdot 220^2}{4 \cdot 3,14 \cdot 1,25 \cdot 10^{-6} \cdot (5 \cdot 10^4)^2}} = 5,6 \text{ м}$$

де  $l$  – довжина ніхромового дроту, м,  $P$  – потужність нагрівача, Вт,  $U$  – напруга, з якої працює нагрівач, В,  $\rho$  – питомий опір, Ом, для ніхрома  $\rho = 1,04 - 1,47 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ ,  $\beta$  – допустима питома поверхнева потужність, для низькотемпературних нагрівачів  $4 - 6 \cdot 10^4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ .

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

За розрахунками, оптимальним буде нагрівач діаметром 0,16 мм, довжиною 5,6 м. Оскільки такий нагрівач не буде практичним через складність обслуговування такого тонкого дроту, необхідно знайти рішення з використанням дроту діаметром 0,8 мм, що використовується в нагрівачах в інших машинах, що використовуються цією компанією. Оскільки діаметр цього дроту більший, ніж розрахунковий, його погонний опір менше розрахункового, тому довжина має бути більше розрахункової 5,6 м.

Для того, щоб зменшити довжину дроту, використаємо понижуючий трансформатор ДОМУ 250VA. За допомогою трансформатора напруга мережі знижується до 27 В. Визначимо необхідний опір дроту:

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{27^2}{144} = 5,1 \text{ Ом}$$

де  $R$  – опір нагрівача, Ом,  $U$  – напруга, з якої працює нагрівач, В,  $P$  – потужність нагрівача, Вт.

Визначимо довжину дроту:

$$l = \frac{R \cdot S}{\rho} = \frac{R \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot \rho} = \frac{5,1 \cdot 3,14 \cdot (0,8 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 1,25 \cdot 10^{-6}} = 2 \text{ м}$$

де  $l$  – довжина дроту, м,  $R$  – опір нагрівача, Ом,  $S$  – площа перерізу дроту, мм<sup>2</sup>,  $\rho$  – питомий опір, Ом, для ніхрома  $\rho = 1,04 - 1,47 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ ,  $d$  – діаметр дроту, мм.

Для підбору регулятора потужності і перевірки правильності підбраного трансформатора, необхідно визначити силу струму:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{27}{5,1} = 5,3 \text{ А}$$

де  $I$  – сила струму, А,  $U$  – напруга, з якої працює нагрівач, В,  $R$  – опір нагрівача, Ом.

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		



Обраний трансформатор розрахований на струм 10 А, що більше, ніж максимальний струм, отриманий з розрахунків. Для регулювання потужності нагрівача використаємо твердотільне реле, що керує потужністю змінного струму і може керуватися з контролера. Оскільки твердотільні реле, що працюють близько до номінальної потужності, потребують додаткового охолодження, оберемо реле, розраховане на 25 А Fotek SCR-25LA [8, с. 41]. Це твердотільне реле регулює потужність методом фазного регулювання. На вході реле приймає сигнал типу струмова петля 4..20 мА. Опір входу регулюється внутрішньою схемою, тому розраховувати струмообмежуючий резистор необхідності немає.

Датчик температури обираємо резистивний, оскільки це дозволить використати аналоговий вхід контролера без додаткового перетворювача. Оскільки вхід контролера розрахований на опір до 5000 Ом, оберемо резистор Pt1000, виходячи з умови мінімального розміру. Це терморезистор TEWA TEMPERATURE SENSORS TT4-PT1000B-T180-C312-200 [9], що має форму циліндра діаметром 3 мм і довжиною 12 мм.

Підібране обладнання позначено в табл. 2.2 під позиціями E1, T1, U3 і RK1.

### 2.3. Позиціонування пакета

До цієї системи належить електромотор, що приводить в рух привідний ролик, та система його керування, магнітна котушка, що притискає притискний ролик до заготовок пакетів і датчик фотомітки, що сигналізуватиме систему про досягнення пакетами необхідного положення.

Частиною існуючої лінії пакування насіння є оптичний датчик МикРА Ф2Б, що служить як датчик фотомітки, двигун 629875-4 Makita 6281D та магнітна котушка, розрахована на 12 В. Оскільки дані про потужність двигуна і котушки не відомі, але відомо, що в прототипі машина задовільно працювала

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

від блока живлення 120 Вт, системи керування приводів, що живляться від мережі 12 В, можна розраховувати на струм менший, ніж 10 А:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{120}{12} = 10 \text{ А}$$

де  $I$  – сила струму, А,  $P$  – потужність, Вт,  $U$  – напруга, В.

Підбираємо проміжні реле E.NEXT e.control.p1033 [10, с. 120], з котушками керування, розрахованими на 24 В, та трьома групами контактів, розрахованими на 10 А. Для забезпечення ручної зміни швидкості обертання привідного ролика, підбираємо ШІМ-регулятор [11], розрахований на напругу регулювання 10..50 В, та струм до 40 А. Цей ШІМ регулятор обраний з додатковим запасом, тому що це найменший номінал по струму, при якому можна знайти ШІМ-регулятор в перфорованому металевому корпусі, що забезпечить необхідне охолодження компонентів всередині регулятора і його відповідність неперервному режиму роботи.

Підібране обладнання позначено в табл. 2.2 під позиціями BL1, M2, K6, U5, K3 і YA1.

#### 2.4. Відрізка, штамповка, запайка пакета

Відрізка, штамповка і запайка пакетів відбуваються від одного привода. Для запайки мотор приводить в рух кулачок, що притискає нагрівач до пакета в місці, де передбачений шов (рис. 2.3, а). Витримка забезпечується профілем кулачка і регулюється швидкістю обертання мотора.

Ніж, що відповідає за відрізання готового пакета, запаяного в позаминулому циклі, зв'язаний з приводним валом кулачка за допомогою кривошипно-шатунного механізму (рис. 2.3, а). Дата пакування насіння наноситься на пакет за допомогою печатки (рис. 2.3, б) з змінними числами, що приводиться в рух тросом, приєднаним до іншого кулачка (рис. 2.3, а), що знаходиться на тій же осі.

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

Двигун постійного струму 629875-4 Makita 6281D, проміжне реле і ШІМ регулятор підбираємо аналогічно до підрозділу 2.3.

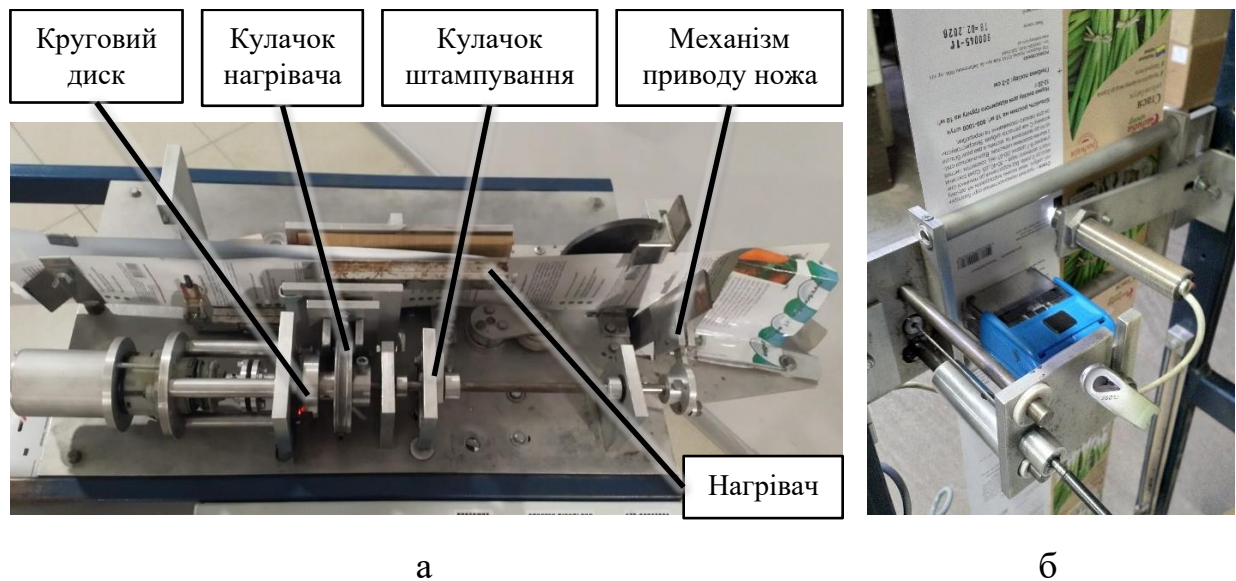


Рисунок 2.3 – Механізми відрізки, штамповки і запайки пакетів, а – вісь приводящого двигуна, б – печатка, що використовується для позначення дати пакування.

Для того, щоб забезпечити проходження вихідним валом двигуна рівно одного оберту, на його осі знаходиться круговий диск (рис. 2.3, а), що містить прорізь, що може використовуватися для позиціонування за допомогою щільового оптичного датчика. Датчик, використаний в оригінальній машині, розрахований на напругу живлення 5 В і потребує пайки для підключення. Замість нього виходячи з необхідного розміру підібрано датчик Panasonic PM-L25-P [12], розрахований на промислове використання і живлення 24 В.

Підібране обладнання позначено в табл. 2.2 під позиціями BL2, M3, K2 і U6.

## 2.5. Підтяжка рулона

Система підтяжки рулона складається з двигуна, що приводить рулон в рух, системи його керування і датчика металевої осі, на якій знаходиться ролик.

Двигун РД-09 [13] є частиною обладнання, що вже присутнє. Він працює від напруги 127 В змінного струму (підключається до мережі 220 В через конденсатори) і споживає потужність 9 Вт. Таким чином, споживаний струм  $I = \frac{P}{U} = \frac{9}{127} = 0,07 \text{ А}$ .

Проміжне реле обираємо E.NEXT e.control.p533 [10, с. 120], з котушкою керування на 24 В і трьома групами контактів, розрахованих на струм до 5 А.

Оскільки ця система має реагувати на положення металевої деталі в зоні, що може мати нестабільне зовнішнє освітлення, підходящим для таких умов буде індуктивний датчик. Вибрано датчик Festo SIEN-M12B-PS-K-L [14], розрахований на живлення 24 В, з номінальною відстанню реагування 2 мм.

Підібране обладнання позначено в табл. 2.2 під позиціями ВІ1, М1 і К5.

## 2.6. Штучний дозатор

Дозатор є додатковим модулем, що може підключатися до машини. Штучний дозатор (рис. 2.4) призначений для пакування крупного насіння, що продається по заданій кількості насінин на пачку. Насіння засипається в воронку (не показана) і переміщується по жолобу під дією вібрації від вібродвигуна і сили тяжіння. Після жолоба насінини рахуються за допомогою оптичного датчика і падають в пакет. Вібрація допомагає насінню більш рівномірно розподілитися по довжині жолоба, щоб мінімізувати вірогідність врахування двох насінин за одну. Після відрахування необхідної кількості насінин у пакеті вібродвигун зупиняється.

Вібродвигун ЭМВ-007 надається замовником як частина штучного дозатора. Регулювання зусилля вібрації, що використовується для зміни швидкості руху насіння по жолобу, в старій моделі відбувалося за допомогою тиристора, що був частиною системи керування. Для підвищення модульності системи, виконаємо регулювання зусилля за допомогою твердотільного реле.

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

Вібродвигун підключається до живлення 220 В і, згідно з виміряним за допомогою амперметра значенням струму, споживає близько 2,2 А. Виходячи з цього, підбираємо твердотільне реле для ручного регулювання зусилля і проміжне реле для виключення вібродвигуна.

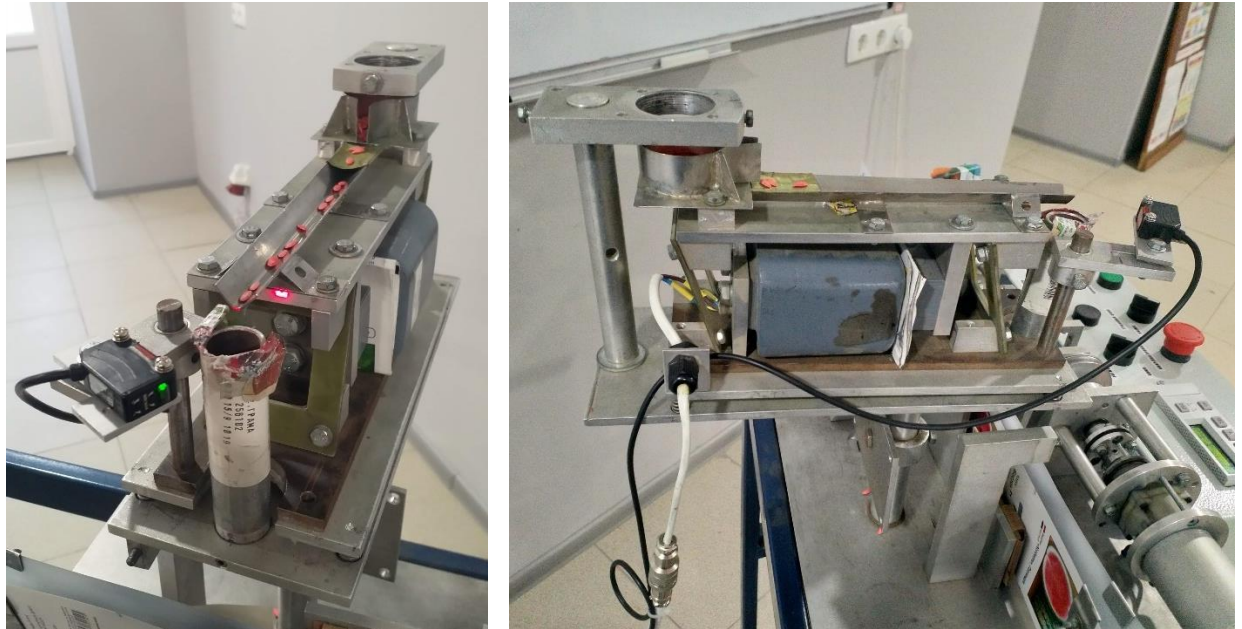


Рисунок 2.4 – Штучний дозатор.

Проміжне реле обираємо E.NEXT e.control.p533 [10, с. 120], з котушкою керування на 24 В і трьома групами контактів, розрахованих на струм до 5 А.

Для регулювання зусилля обираємо твердотільне реле Fotek SSR-10VA [8, с. 41], що дозволяє регулювати змінний струм до 10 А за допомогою змінного резистора 500 кОм.

На практиці при підключенні змінного резистора 500 кОм до твердотільного реле важко встановити необхідну потужність вібродвигуна за допомогою потенціометра, оскільки повна потужність двигуна занадто велика для дозатора. Цю проблему можна вирішити за допомогою схеми з резисторів.

Емпірично знаходимо опір потенціометра, що відповідає корисним рівням потужності вібродвигуна. Двигун запускається при опорі 450 кОм.

Максимальний корисний рівень потужності досягається при опорі потенціометра близько 290 кОм.

Для того, щоб повний діапазон руху потенціометра відповідав діапазону опору від 290 до 450 кОм, необхідно додати до нього два резистори, один з них паралельно потенціометру, другий – послідовно до обох резисторів.

Опір  $R_1$  приймемо 290 кОм, оскільки опір паралельних резисторів дорівнюватиме 0, коли потенціометр буде в крайньому положенні, і сумарний опір дорівнюватиме опору  $R_1$ .

Для визначення опору  $R_2$ , визначимо діапазон зміни опору:

$$450 \cdot 10^3 - 290 \cdot 10^3 = 160 \text{ кОм.}$$

За формулою паралельного з'єднання опорів, визначимо опір  $R_2$ , виходячи з того, що при максимальному опорі  $RP_1$  (500 кОм), загальний опір обох резисторів 160 кОм.

$$R_{R2,RP1} = \frac{RP_1 \cdot R_2}{R_2 + RP_1}$$

де  $R_{R2,RP1}$  – загальний опір резисторів  $R_2$  і  $RP_1$ , Ом,  $R_2$  – опір резистора, встановленого паралельно з потенціометром, Ом,  $RP_1$  – опір потенціометра, Ом.

$$160 \cdot 10^3 = \frac{500 \cdot 10^3 \cdot R_2}{R_2 + 500 \cdot 10^3}$$

$$160 \cdot 10^3 \cdot R_2 + 160 \cdot 10^3 \cdot 500 \cdot 10^3 = 500 \cdot 10^3 \cdot R_2$$

$$R_2 = \frac{160 \cdot 10^3 \cdot 500 \cdot 10^3}{340 \cdot 10^3} = 235 \cdot 10^3 = 235 \text{ кОм}$$

Як значення  $R_1$ , приймемо найближче стандартне значення до 290 кОм,  $R_1 = 300$  кОм. Як значення  $R_2$ , приймемо найближче стандартне значення до

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

235 кОм,  $R_2 = 220$  кОм . Перевіримо правильність розрахунку після підстановки стандартних значень опорів.

Визначимо мінімальний опір суми резисторів:

$$R_{\Sigma} = R_1 + \frac{RP_1 \cdot R_2}{R_2 + RP_1} = 300 \cdot 10^3 + \frac{0 \cdot 220 \cdot 10^3}{220 \cdot 10^3 + 0} = 300 \text{ кОм}$$

де  $R_{\Sigma}$  – загальний опір суми резисторів, Ом,  $R_1$  – опір резистора, встановленого послідовно, Ом,  $R_2$  – опір резистора, встановленого паралельно з потенціометром, Ом,  $RP_1$  – опір потенціометра, Ом.

Визначимо максимальний опір суми резисторів:

$$R_{\Sigma} = R_1 + \frac{RP_1 \cdot R_2}{R_2 + RP_1} = 300 \cdot 10^3 + \frac{500 \cdot 10^3 \cdot 220 \cdot 10^3}{220 \cdot 10^3 + 500 \cdot 10^3} = 453 \text{ кОм}$$

де  $R_{\Sigma}$  – загальний опір суми резисторів, Ом,  $R_1$  – опір резистора, встановленого послідовно, Ом,  $R_2$  – опір резистора, встановленого паралельно з потенціометром, Ом,  $RP_1$  – опір потенціометра, Ом.

Для підрахунку насіння потрібний датчик, призначений для виявлення дрібних об'єктів. Перевагою буде датчик, що поєднує випромінювач і приймач в одному корпусі, оскільки це полегшить налаштування дозатора. Зазвичай штучно пакують насіння розміром більше 3 мм, датчик встановлено на відстані приблизно 15 мм.

Для цього було підібрано конвергентний оптичний датчик Autonics BJ50-BDT-P [15], що розрахований на живлення 12-24 В, визначає об'єкти, що знаходяться на відстані 10-50 мм, діаметр «робочої плями» – 4,5 мм, кількість відображеного світла для спрацювання дискретного виходу налаштовується на корпусі.

Підібране обладнання позначено в табл. 2.2 під позиціями BL3, RP1, R1, R2, K6, U4 і YA2.

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		



## 2.7. Об'ємний дозатор

Об'ємний дозатор (рис. 2.5) це додатковий модуль, призначений для пакування дрібного насіння, що продається на вагу. Необхідна кількість насіння зважується на точних вагах і використовується для налаштування розміру отвору в матриці, що використовується для забирання порції насіння з воронки і перенесення її в пакет. Вихідний вал двигуна має зробити один оберт для перенесення одної порції насіння в пакет. Для забезпечення цього на валу двигуна знаходиться деталь, призначена для визначення оберту оптичним датчиком. Інший оптичний датчик знаходиться на дні воронки для визначення відсутності насіння у воронці і запобігання випуску пустих пакетів.



а



б

Рисунок 2.5 – Об'ємний дозатор, а – прототип, б – модернізований.

Частиною дозатора є двигун постійного струму 629875-4 Makita 6281D, для якого по аналогії з підрозділом 2.3 обираємо проміжне реле E.NEXT e.control.p1033 [10, с. 120] і ШІМ-регулятор. Оптичний датчик визначення одного оберту обирається аналогічно з датчиком з підрозділу 2.4, оптичний щільовий датчик Panasonic PM-F25-P [12].

Оскільки для датчика відсутності насіння критичними є малі розміри, було прийняти рішення використати датчик, що складається з оптоволокна і



підсилювача. Найбільш підходящим по виду кріплення оптоволоконном є Autonics FT-420-10 [16, с. 44], що використовується разом з підсилювачем Autonics BF3RX-P [17]. Оскільки підсилювач Autonics BF3RX-P з виходом типу PNP складно купити, у цьому проекті було використано датчик Autonics BF3RX [17] з виходом типу NPN. Оскільки обраний контролер підтримує тільки PNP датчики, було використано плату перетворення Промсат PSA-NPN [18], що працює як перетворювач між NPN-виходом датчика та PNP-виходом.

Підібране обладнання позначено в табл. 2.2 під позиціями BL4, BL5, U8, M4, K3 і U7.

## 2.8. Контролер і живлення

Для підбору контролера почнемо з визначення необхідної кількості входів і виходів.

Дискретні входи:

1. Кнопка одиничного циклу
2. Кнопка тривалого циклу
3. Кнопка скидання лічильника
4. Перемикач в режим штучного дозатора
5. Перемикач в режим об'ємного дозатора
6. Датчик кругового диска
7. Датчик фотомітки
8. Датчик необхідності розмотування рулона
9. Датчик насінини штучного дозатора
10. Датчик відсутності насіння об'ємного дозатора
11. Датчик кругового диска дозатора
12. Кнопка ручного керування дозатора

Дискретні виходи:

1. Двигун розмотування рулону
2. Двигун відрізання, штамповки і запайки пакета
3. Катушка прижимного ролика протяжки

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

4. Вібродвигун штучного дозатора

5. Двигун об'ємного дозатора

Аналогові входи:

1. Температура нагрівача (опір 0..5000 Ом)

Аналогові виходи:

1. Нагрівач (4..20 мА)

Таким чином, необхідно підібрати порівняно недорогий контролер для систем малої/середньої автоматизації, що поєднуватиме в собі контролер, панель оператора, 12 дискретних входів, 5 дискретних виходів, 1 аналоговий вхід для сигналу 0..5000 Ом та один аналоговий вихід для сигналу 4..20 мА.

Цю роль може виконати програмоване реле ОВЕН ПР200-24.2.0.0 [19, 20], що має 8 дискретних входів, 8 дискретних виходів, 4 дискретно-аналогових входи, що можуть працювати в режимах 4..20 мА, 0..10 В, 0..4000 Ом чи дискретного входу і 2 аналогові виходи типу струмова петля 4..20 мА. Крім цього, частиною програмованого реле є монохромний текстовий рідкокристалічний екран розміром 60×15 мм (2 рядки по 16 символів), 2 світлодіодних індикатори (зелений і червоний) та 6 механічних кнопок, що забезпечують навігацію екраном.

При такому підборі контролера, йому не вистачатиме одного дискретного входу. Цю проблему можна вирішити, додавши модуль розширення до програмованого реле, але простішим рішенням буде об'єднати сигнали датчиків насінини і відсутності насіння, оскільки ці датчики фізично не можуть бути підключені одночасно.

Для підбору блока живлення на 12 В розглянемо цикл роботи машини, зображений на рис. 2.6. На ньому зображено роботу машини в трьох можливих режимах: без дозатора, зі штучним і з об'ємним дозатором.

Від блока живлення на 12 В живляться привід ножа, двигун протяжки, привід об'ємного дозатора і катушка прижимного ролика. З рисунку можна

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

бачити, що, незалежно від режиму, одночасно працювати можуть максимум два приводи: двигун протяжки і один з двигунів чи катушка. Таким чином, додавання дозатора в систему не змінює умови роботи блока живлення в порівнянні з прототипом. Обираємо блок живлення 12 В Mean Well NDR-120-12 [21, с. 31] по аналогії.

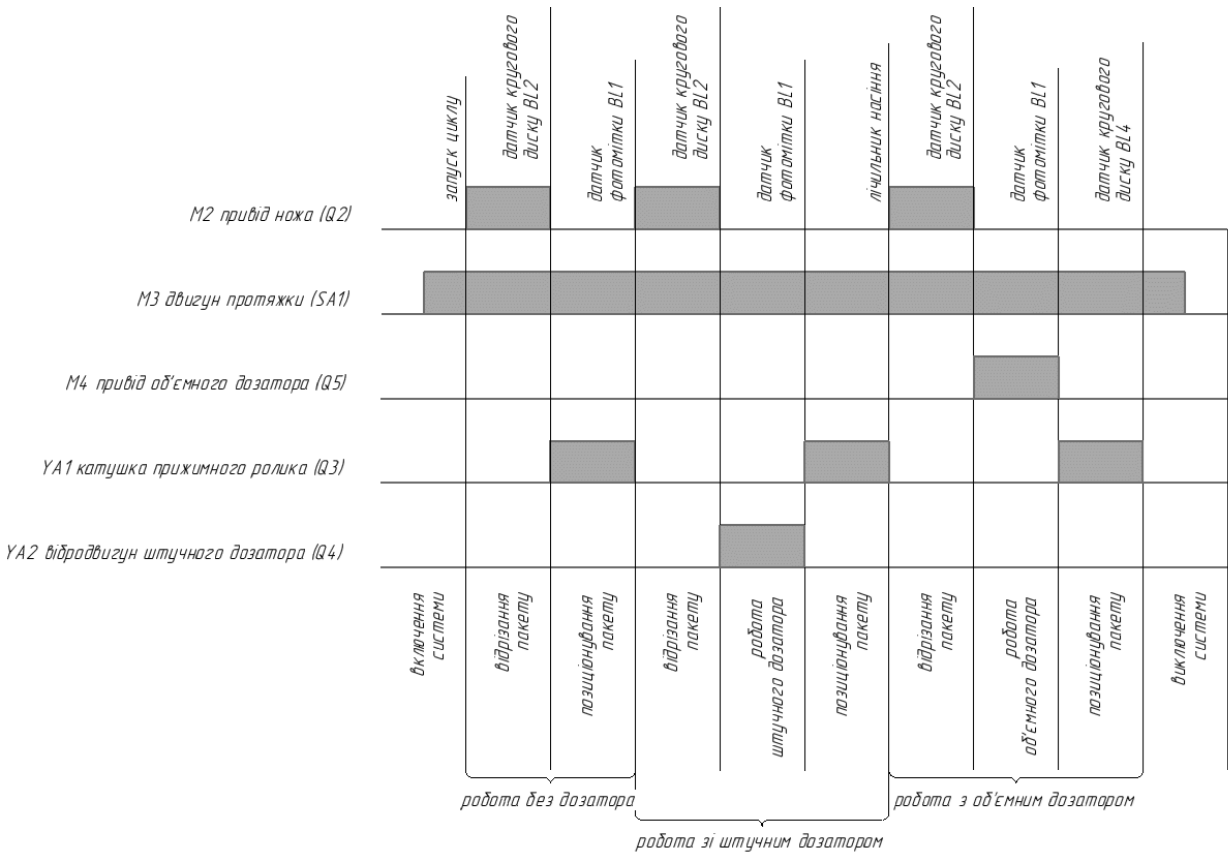


Рисунок 2.6 – Цикл роботи основних приводів машини.

Для підбору блока живлення 24 В необхідно розглянути всіх споживачів, що приєднані до нього в системі. Приведемо список споживачів і споживану ними потужність в табл. 2.1.

Просумувавши споживані потужності пристроїв, підключених до мережі 24 В, отримуємо потужність 30,76 Вт. Для того, щоб забезпечити безперебійну роботу сигнальної частини схеми, обираємо блок живлення з помірним запасом по потужності: блок живлення 24 В Mean Well HDR-60-24 [21, с. 27], потужністю 60 Вт.

Таблиця 2.1. Споживачі, підключені до блока живлення 24 В

Поз.	Назва	Кількість	Напруга живлення, В	Споживана потужність, Вт
ВІ1	Датчик індуктивний Festo SIEN-M12B-PS-K-L	1	24	4,8
ВL1	Датчик оптичний МикРА Ф2Б	1	24	2,4
ВL2	Датчик оптичний Panasonic PM-L25-P	1	24	1,2
ВL3	Датчик оптичний Autonics BJ50-BDT-P	1	24	2,4
ВL4	Датчик оптичний Panasonic PM-F25-P	1	24	1,2
ВL5	Датчик оптичний оптоволоконний Autonics BF3RX Autonics FT-420-10	1	24	0,96
D1	Реле програмоване ОВЕН ПР200-24.2.0.0	1	24	10
K2,3,5,6	Реле проміжне E.NEXT e.control.p1033	4	24	1,3
K1,4	Реле проміжне E.NEXT e.control.p533	2	24	1,3
Сумарна потужність, Вт:				30,76

Підібране обладнання приведено в табл. 2.2 під позиціями D1, U1, U2.

## 2.9. Аксесуари

Для того, щоб забезпечити захист системи від короткого замикання і перенавантаження проводки, підберемо автоматичний вимикач і контактор для реалізації функції кнопки аварійної зупинки.

Визначимо загальну потужність установки.

Загальну потужність приводів, що живляться від джерела постійного струму напругою 12 В приймемо за потужністю блока живлення, 120 Вт, оскільки більш точна інформація не є доступною.

Потужність апаратури, що живиться від джерела 24 В визначено в підрозділі 2.9, вона дорівнює 31 Вт.

Напряму від джерела змінного струму живляться нагрівач (144 Вт за розрахунками підрозділу 2.2), двигун розмотування рулону (9 Вт за паспортом двигуна, підібраного в підрозділі 2.5) та вібродвигун дозатора (що за вимірами підрозділу 2.6 має потужність  $P = I \cdot U = 2,2 \cdot 220 = 484$  Вт).

Таким чином, загальна потужність установки:

$$\Sigma P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 120 + 31 + 144 + 9 + 484 = 788 \text{ Вт}$$

Що відповідає струму:

$$I_n = \frac{P}{U} = \frac{788}{220} = 3,6 \text{ А}$$

Виходячи з цього, підбираємо автоматичний вимикач, що по номіналу передре розрахованому значенню струму, а контактор – наступний по номіналу. Контактор обираємо ІЕК КМ20-20, розрахований на 20 А.

Перевіримо, чи підходить двополісний автоматичний вимикач, розрахований на номінальний струм 3 А, ІЕК ВА47-29 2Р 3 А х-ка В [22]. Для цього розрахуємо максимальний короткочасний піковий струм, помноживши номінальний струм на коефіцієнт k, що за [7, с. 91] для автоматичних вимикачів з номінальним струмом до 100 А варто приймати не менше 1,4.

$$I_n \cdot k = 3,6 \cdot 1,4 = 5,04 \text{ А}$$

За характеристикою обраного вимикача (рис. 2.7), знайдемо час відключення при струмі 5 А. Відношення струму 5 А до номінального струму вимикача 3 А:

$$\frac{I}{I_n} = \frac{5}{3} = 1,7$$

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

Для обраного вимикача час відключення при струмі 5 А – 10 с, що вважаємо допустимим.

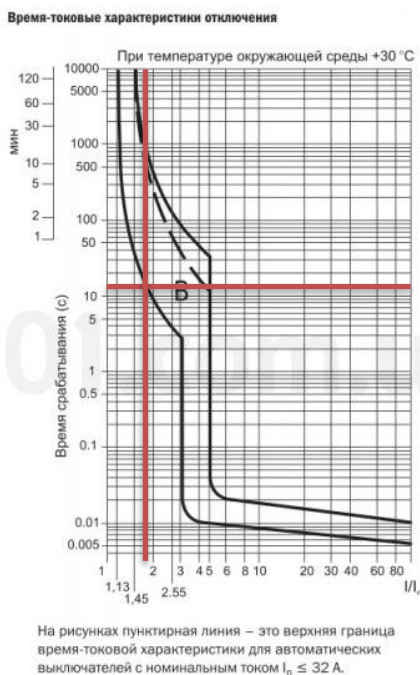


Рисунок 2.7 – Часово-струмова характеристика обраного автоматичного вимикача з позначенням на ній піковим струмом і часом спрацювання.

Для захисту системи від зворотного струму котушок реле підберемо діоди, розраховані на 1 А, 1N4001. Для захисту від зворотного струму двигунів і магнітної котушки, використаємо діод, розрахований на 10А, 10A10.

Підберемо шини живлення, виходячи з кількості апаратури, підключеної до них. Для лінії змінного струму використаємо дві ізольовані шини на 8 отворів ІЕК ШНИ-8х12-8-КС-С, а для постійного струму – ізольовані шини на 16 отворів, ІЕК ШНИ-6х9-16-К-С (синя), ІЕК ШНИ-6х9-16-К-З (зелена).

Для покращення зручності підключення і заміни датчиків, використаємо 6 контактних зажимів АСКО-УКРЕМ JXB 2,5/35 (3 сірих і 3 червоних).

Дозатори підключаються за допомогою двох роз'ємів на 9 контактів SP1310/P9 (вилка, монтаж на кабель), та відповідної розетки (SP1312/P9) на шафі керування.

Оскільки контролер ПР200 має невелику панель, яку не зручно використовувати для керування, панель контролера використовується тільки для відображення значень температури і лічильників та налаштування параметрів. Для керування машиною використовуються кнопки. Кнопки без фіксації використаємо: одиничний цикл – АСКО-УКРЕМ ХВ2-ЕА135 (зелена), скидання лічильника – АСКО-УКРЕМ ХВ2-ЕА125 (чорна), тестування дозатора – АСКО-УКРЕМ ХВ2-ЕА155 (жовта).

Також використаємо дві кнопки з фіксацією в формі поворотних перемикачів на два положення АСКО-УКРЕМ LAY5-ED21, призначені для переключення між одиничним і тривалим циклом та для ввімкнення двигуна протяжки, та одну кнопку з фіксацією в формі поворотного перемикача на три положення АСКО-УКРЕМ LAY5-ED33.

Крім цього, виберемо кнопку аварійної зупинки в вигляді червоного перемикача форми «грибок» АСКО-УКРЕМ LAY5-ES542.

Підібране в підрозділі обладнання відображено в табл. 2.2 під позначеннями F1, KM1, VD1-6, VD7-10, SA1, SA2, SA3, SB1, SB2, SB3, SB4, X1, X2, X3.

## 2.10. Список підібраного обладнання

Підведемо підсумок підібраного обладнання в таблиці 2.2. Шини живлення і контактні зажими не відображені в таблиці, оскільки не будуть показані на принциповій електричній схемі. Крім них, в табл. 2.2 так само не відображені кабельні наконечники і кабельна продукція, вилка для включення пристрою в мережу, тощо.

В таблиці 2.1 для опису характеристик підібраного обладнання використовуються наступні позначення:  $I_{ном}$  – номінальний струм,  $I_{max}$  – максимальний струм,  $U_{ном}$  – номінальна напруга,  $P_{ном}$  – номінальна потужність,  $R$  – опір, АС – змінний струм, DC – постійний струм.

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2. Електрична апаратура

Поз.	Назва	К- кість	Примітка
ВІ1	Датчик індуктивний Festo SIEN-M12B-PS-K-L	1	Робоча відстань 2 мм, коеф. алюмінію 0.4, PNP, $I_{\max}$ 200 мА, $U_{\text{ном}}$ 24 В DC
ВL1	Датчик оптичний МикРА Ф2Б	1	Розмір фотомітки від 4x8 мм, робоча відстань 3-12 мм, $I_{\max}$ 100 мА, $U_{\text{ном}}$ 18-27 В DC
ВL2	Датчик оптичний Panasonic PM-L25-P	1	Робоча відстань 6 мм, PNP, $I_{\max}$ 50 мА, $U_{\text{ном}}$ 5-30 В DC
ВL3	Датчик оптичний Autonics BJ50-BDT-P	1	Конвергентний датчик, PNP, $I_{\max}$ 100 мА, $U_{\text{ном}}$ 12-24 В DC
ВL4	Датчик оптичний Panasonic PM-F25-P	1	Робоча відстань 6 мм, PNP, $I_{\max}$ 50 мА, $U_{\text{ном}}$ 5-30 В DC
ВL5	Датчик оптичний оптоволоконний Autonics BF3RX Autonics FT-420-10	1	Оптоволокну 2000 мм, кріплення оптоволокну М4x0.7, довжина 12 мм, PNP, $I_{\max}$ 40 мА, $U_{\text{ном}}$ 12-24 В DC
D1	Реле програмоване ОВЕН ПР200-24.2.0.0	1	8 диск. вх., 8 диск. вих., 4 ан. вих., 2 ан. вих., $U_{\text{ном}}$ 24 В DC
E1	Нагрівач	1	Нагрівач резистивний
F1	Автоматичний вимикач ІЕК ВА47-29 2Р 3А	1	$I_{\text{ном}}$ 3 А, х-ка В, $U_{\text{ном}}$ 230 В AC, 2 полюси
K2-3, K5-6	Реле проміжне E.NEXT e.control.p1033	4	$I_{\text{ном}}$ 10 А, $U_{\text{ном}}$ 24 В, контакти 3 НВ, тримач e.control.p103s



Поз.	Назва	К- кість	Примітка
K1,4	Реле проміжне E.NEXT e.control.p533	2	I <sub>ном</sub> 5 А, U <sub>ном</sub> 24 В, контакти 3 НВ, тримач e.control.p53s
KM1	Контактор ІЕК КМ20-20	1	Контакти 2 НВ, I <sub>ном</sub> 20 А, U <sub>ном</sub> 230 В АС
M1	Двигун з редуктором РД-09	1	Асинхронний двигун, 30 об/хв, U <sub>ном</sub> 127 В АС
M2-4	Двигун 629875-4 Makita 6281D	3	Двигун постійного струму, U <sub>ном</sub> 14,4 В DC
R1	Резистор 220 кОм, 0.25 Вт	1	R 220 кОм, P <sub>ном</sub> 0.25 Вт
R2	Резистор 300 кОм, 0.25 Вт	1	R 300 кОм, P <sub>ном</sub> 0.25 Вт
RK1	Терморезистор TEWA TEMPERATURE SENSORS TT4-PT1000B- T180-C312-200	1	Датчик температури Pt1000 двухпроводний Ø3x12мм, діапазон температур -40°C-180°C
RP1	Потенціометр 500 кОм	1	R 500 кОм, P <sub>ном</sub> 0.06 Вт
SA1, 2	Перемикач АСКО-УКРЕМ LAY5-ED21	2	Перемикач 1 НО, I <sub>мах</sub> 2,5 А, U <sub>ном</sub> 24 В DC, отвір Ø22мм
SA3	Перемикач АСКО-УКРЕМ LAY5-ED33	1	Перемикач 1+1 НО, I <sub>мах</sub> 2,5 А, U <sub>ном</sub> 24 В DC, отвір Ø22мм
SB1	Кнопка аварійної зупинки АСКО-УКРЕМ LAY5-ES542	1	Кнопка «грибок» 1 НЗ, I <sub>мах</sub> 2,5 А, U <sub>ном</sub> 24 В DC, отвір Ø22мм
SB2	Кнопка без фіксації зелена АСКО-УКРЕМ ХВ2-ЕА135	1	Кнопка 1НО + 1НЗ, I <sub>мах</sub> 2,5 А, U <sub>ном</sub> 24 В DC, отвір Ø22мм

Поз.	Назва	К- кість	Примітка
SB3	Кнопка без фіксації чорна АСКО-УКРЕМ XB2-EA125	1	Кнопка 1НО + 1НЗ, $I_{\max}$ 2,5 А, $U_{\text{ном}}$ 24 В DC, отвір Ø22мм
SB4	Кнопка без фіксації жовта АСКО-УКРЕМ XB2-EA155	1	Кнопка 1НО + 1НЗ, $I_{\max}$ 2,5 А, $U_{\text{ном}}$ 24 В DC, отвір Ø22мм
T1	Трансформатор DOMY 250VA	1	Вхід: $U_{\text{ном}}$ 220 В AC, Вихід: $U_{\text{ном}}$ 2x27 В AC, $I_{\text{ном}}$ 4,6 А
U1	Блок живлення 12В Mean Well NDR-120-12	1	Вхід: $U_{\text{ном}}$ 220 В AC, Вихід: $U_{\text{ном}}$ 12 В DC, $I_{\text{ном}}$ 10 А
U2	Блок живлення 24В Mean Well HDR-60-24	1	Вхід: $U_{\text{ном}}$ 220 В AC, Вихід: $U_{\text{ном}}$ 24 В DC, $I_{\text{ном}}$ 2,5 А
U3	Перетворювач потужності Fotek SCR-25LA	1	Вхідний сигнал 4-20 мА, $U_{\text{ном}}$ 90-250 В DC, $I_{\max}$ 25 А
U4	Твердотільне реле Fotek SSR-10VA	1	Вхідний сигнал 500 кОм, $U_{\text{ном}}$ 24-380 В DC, $I_{\max}$ 10 А
U5-7	ШИМ-регулятор	3	$I_{\text{ном}}$ 40 А, $U_{\text{ном}}$ 10-50 В
U8	Промсат PSA-NPN	1	$I_{\max}$ 150 мА, $U_{\text{ном}}$ 10-30 В DC
VD1-6	Діод 1N4001	6	$I_{\max}$ 1 А
VD7-10	Діод 10A10	4	$I_{\max}$ 10 А
X1	Роз'єм SP1312/P9	1	Розетка, 9 контактів, монтаж на корпус
X2, 3	Роз'єм SP1310/P9	2	Вилка, 9 контактів, монтаж на кабель
YA1	Котушка магнітна	1	$U_{\text{ном}}$ 12 В DC
YA2	ЭМВ-007	1	Вібродвигун, $U_{\text{ном}}$ 220 В AC



Для підбору шафи керування було розроблено тривимірну модель монтажно́ї схеми, що дозволило підібрати найменшу шафу, що безпечно вмістила все обладнання, розміщене в шафі керування.

Ця схема показана на рис. 2.9. На ній відображено не все обладнання, оскільки частина обладнання розміщена на рамі машини.

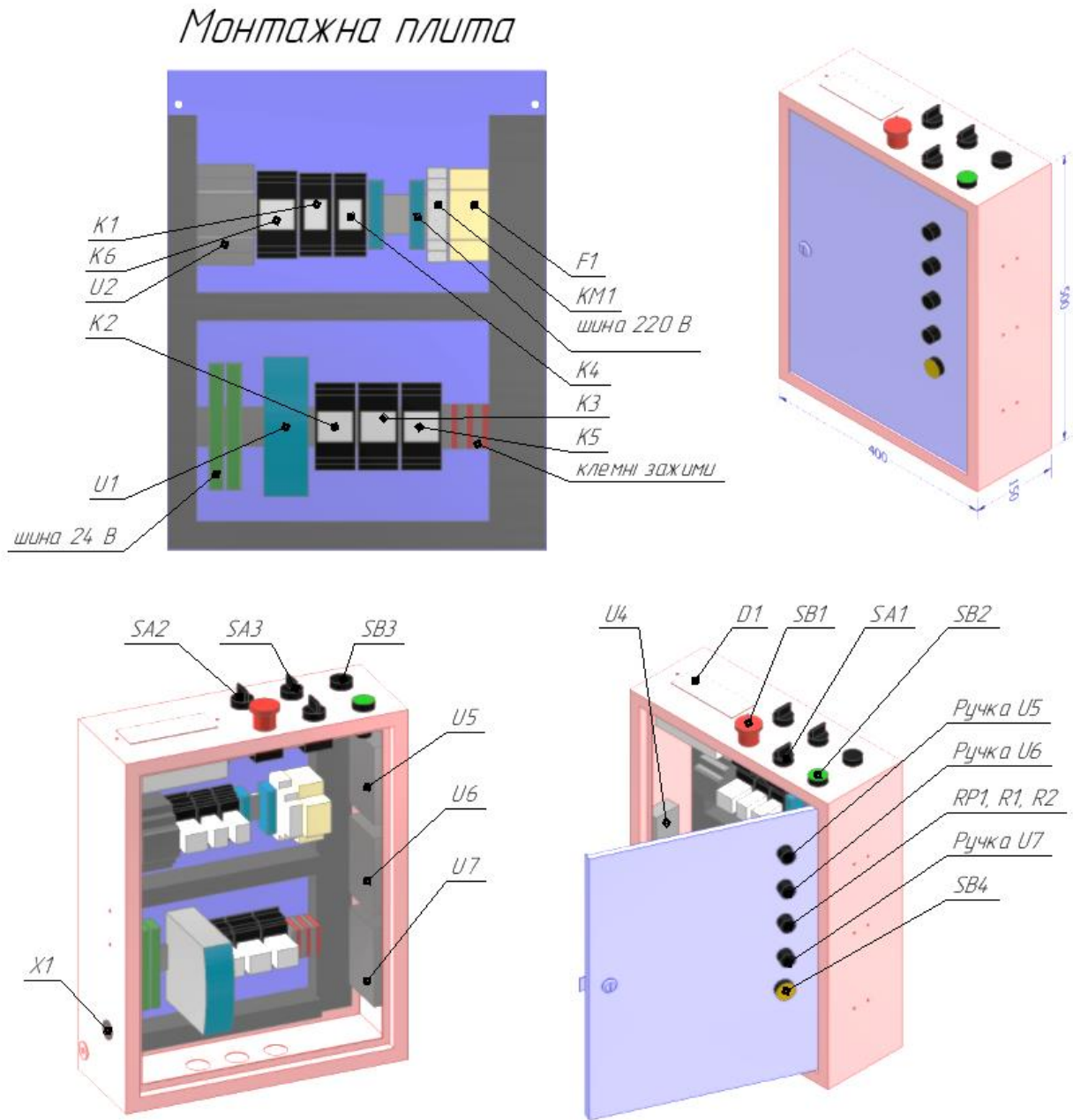


Рисунок 2.9 – Схема монтажу обладнання в шафі керування.

Як корпус шафи керування обрано металевий корпус ІЕК ЩМП-2-1 36 УХЛЗ ІР31, з зовнішніми розмірами 400×500×150 мм і монтажною панеллю

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

розміром 340×430 мм. Корпус передбачає заземлення оболонки і дверцяти шафи. Для виходу кабелів в нижній частині знаходяться три отвори діаметром 31 мм. Для захисту провідників від механічних пошкоджень і захисту апаратури в шафі від проникнення пилу і вологи в ці отвори встановлені кабельні вводи PG 21, що не ідуть в комплекті.

## 2.12. Висновки по підбору обладнання

В цьому розділі було виконано необхідні розрахунки і підібрано обладнання, необхідне для автоматизації модернізованої лінії пакування насіння. Результати були зведені в таблицю обладнання, електричну і монтажну схеми шафи автоматизації та підбір кабелю. Отримані результати дозволяють провести збірку шафи автоматизації та перейти до розробки відповідного програмного забезпечення.

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

### 3. Автоматизація

#### 3.1. Розробка програми для ПЛК

Програмоване реле, що обрано в якості контролера в цій машині, програмується на FBD-подібній мові в середовищі OwenLogic [23], призначеному для задання алгоритмів роботи програмованих реле ОВЕН ПР100, ПР110, ПР114, ПР200 і інформаційної програмованої панелі ОВЕН ІПП120.

Програмування відбувається за допомогою логічних блоків, що представлені в середовищі графічно і мають вхідні і вихідні сигнали і внутрішню логіку, та макросів, що складаються з логічних блоків і призначені для виконання більш складних функцій. В середовищі вбудована бібліотека макросів, деякі з яких використовуються в цьому проекті.

Робота з екранами реалізована через вбудований менеджер екранів, що дозволяє додавати на екран статичний і динамічний текст, вводити і виводити значення змінних різних типів. Змінні задаються в таблиці змінних і є середовищем обміну даними між екранами і кодом.

Розділимо програму на незалежні системи: підтримка температури нагрівача, підтяжка рулону, забезпечення роботи циклу позиціонування, запайки, штамповки, відрізання, забезпечення роботи дозаторів, скидання лічильника і запис останніх значень. Розглянемо кожну із систем окремо.

##### 3.1.1. Підтримка температури нагрівача

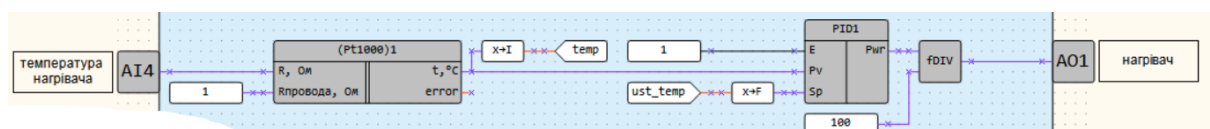


Рисунок 3.1 – Частина програми, що відповідає за підтримку температури нагрівача.

Для підтримки температури нагрівача необхідно перетворити значення опору датчика температури в значення температури в градусах, отримати

значення заданої температури з екрану, і подати відповідний сигнал на вихід нагрівача за допомогою ПІД-регулятора. На рис. 3.1 показано частину коду програми, що відповідає за підтримку температури нагрівача.

Блок Pt1000 відповідає за переведення значення аналогового входу AI4 з опору в Ом в температуру в градусах, виходячи з заданого опору проводів і типу термоопору (Pt1000). Блок X→I перетворює отримане значення температури в ціле значення, що дозволяє записати його в змінну temp, що відповідає за відображення дійсної температури на екрані. Значення заданої температури читається зі змінної ust\_temp і перетворюється в значення з плаваючою комою за допомогою блока X→F.

Значення дійсної і заданої температур передаються в блок PID, що видає значення необхідної потужності нагрівача, виходячи з вхідних значень і коефіцієнтів, заданих в налаштуваннях блока. Оскільки блок PID видає вихідні значення від 0 до 100, а аналоговий вихід AO1 приймає значення від 0 до 1, блок fDIV використовується для узгодження.

### 3.1.2. Підтяжка рулону

Оскільки для контролю підтяжки рулону використовується тільки один датчик, двигун включається за датчиком, а виключається за таймером. Кількість пакетів, що розмотується за певний час, залежить від зовнішнього діаметра рулону, що змінюється в процесі роботи, тому необхідно дозволити змінювати час затримки на екрані.

Блок TIME U/D виводить час в секундах, що пройшов з початку роботи таймера, і отримує на вході сигнал En початку відрахування часу, сигнал U/D, що визначає, чи збільшується чи зменшується значення вихідного сигналу з часом і сигнал R, що скидає вихідне значення.

Цикл роботи системи підтяжки рулону:

Сигнал датчика → Запуск двигуна і таймера → Значення таймера більше, ніж задане на екрані → Виключення двигуна, скидання таймера

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

На рис. 3.2 зображено програму, що відповідає за функцію підтяжки рулону.

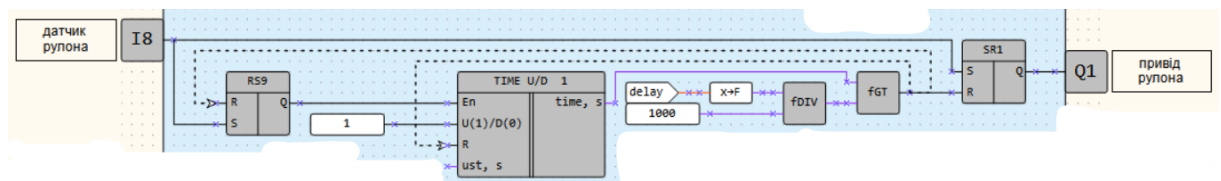


Рисунок 3.2 – Частина програми, що відповідає за підтяжку рулону.

Виходячи з цього циклу:

$E_n \leq$  Сигнал датчика

$\overline{E_n} \leq$  Вихідний сигнал таймера

$M \leq$  Сигнал датчика

$\overline{M} \leq$  Вихідний сигнал таймера

$R \leq$  Вихідний сигнал таймера

Сигнал завершення відліку часу є вихідним сигналом блока fGT, що видає дискретну одиницю на виході, якщо вихідний час таймера більше, ніж уставка. Уставка задається в мс на екрані за допомогою змінної delay, що перетворюється в дробове значення за допомогою блока  $X \rightarrow F$ , що дозволяє перевести уставку в секунди за допомогою блока fDIV.

Блок RS відповідає за включення входу таймера  $E_n$  при появі сигналу датчика I8 і виключенні чого при появі сигналу про завершення відліку часу таймером. Вихідний сигнал Q1 управляється аналогічно, але блоком SR з пріоритетом на включення.

### 3.1.3. Забезпечення циклу позиціонування, запайки, штамповки, відрізання

На рис. 2.6 зображено цикл позиціонування, запайки, штамповки, відрізання. При роботі без дозатора, по сигналу запуску циклу, включається привід ножа, що виключається по сигналу від датчика кругового диска. По цьому ж сигналу, включається котушка прижимного ролика, що виключається по сигналу датчика фотомітки, що подає сигнал про завершення циклу. При



роботі з дозатором, датчик кругового диска подає сигнал на запуск дозування, а сигнал на включення котушки прижимного ролика подається дозатором.

На рис. 3.3 показано частину програми, що відповідає за реалізацію цього циклу. Сигнал на початок циклу складається з двох умов, поєднаних через «або». При роботі в одиничному циклі чи при першому циклі тривалого циклу, він запускається за сигналом start, що отримується по передньому фронту кнопки одиничного циклу. При роботі в тривалому циклі, він запускається від сигналу run, що є сигналом дозволу на роботу, та сигналу про закінчення циклу.

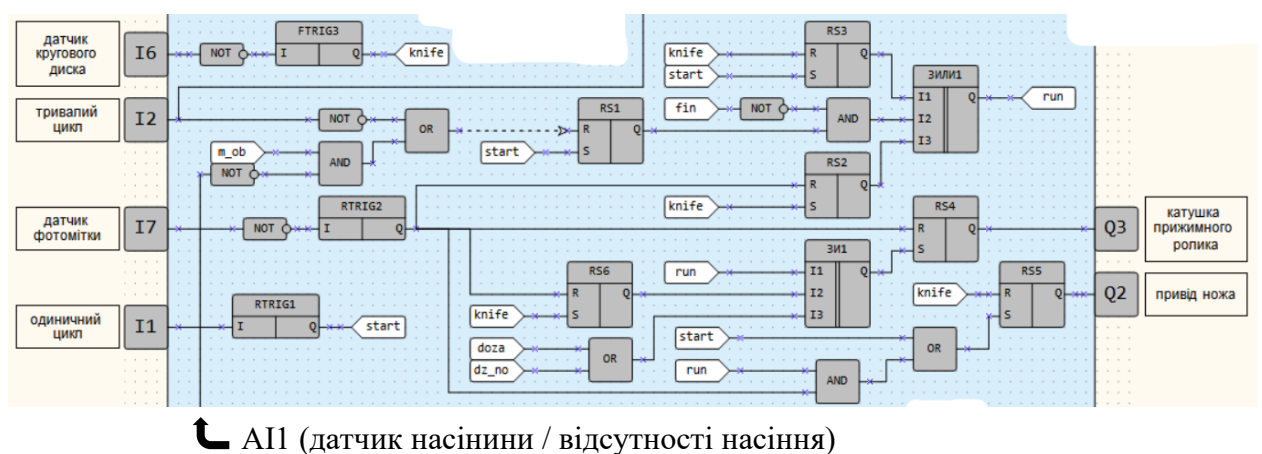


Рисунок 3.3 – Частина програми, що відповідає за позиціонування, запайки, штамповки, відрізання.

Привід ножа запускається за сигналом на початок циклу і вимикається за сигналом knife, що є заднім фронтом запереченого сигналу датчика кругового диска, що допомагає понизити вірогідність хибного спрацювання в порівнянні з використанням переднього фронту сигналу.

Котушка прижимного ролика запускається при виконанні трьох умов: дозатор вже відпрацював або режим без дозатора, ніж вже відпрацював в цьому циклі, є дозвіл на роботу. Вимикається по датчику фотомітки.

#### 3.1.4. Забезпечення роботи дозаторів

Для дозаторів необхідно реалізувати автоматичний і ручний режими роботи.

Штучний дозатор складається з датчика насінини і вібродвигуна штучного дозатора.

Автоматичний режим для штучного дозатора працює по циклу:

Сигнал, що дозволяє роботу дозатора → Включення вібродвигуна → Запуск лічильника, що рахує кількість сигналів від датчика насінини → Значення лічильника більше або дорівнює уставці → Виключення вібродвигуна, скидання лічильника → Сигнал на продовження основного циклу

В ручному режимі штучний дозатор має включатися і виключатися за допомогою відповідної кнопки без фіксації. При включенні вібродвигуна, лічильник насіння має запуснутися, а при виключенні – бути скинутим. При значенні лічильника, що більше або дорівнює уставці, дозатор зупиняється.

Об'ємний дозатор складається з датчика відсутності насіння, датчика кругового диска дозатора і двигуна об'ємного дозатора.

Автоматичний режим для об'ємного дозатора працює по циклу:

Сигнал, що дозволяє роботу дозатора → Включення двигуна → Сигнал датчика кругового диска → Виключення двигуна → Сигнал на продовження основного циклу. При наявності сигналу від датчика відсутності насіння, дозатор має припинити роботу в автоматичному режимі.

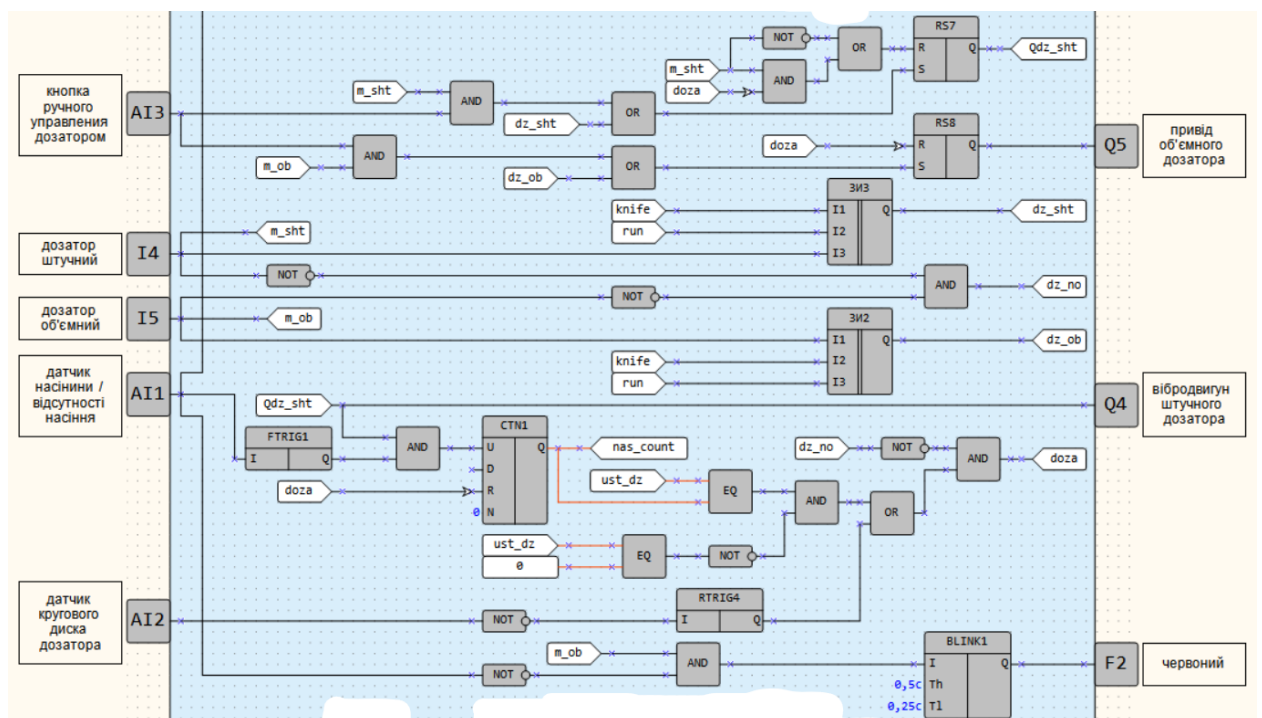


Рисунок 3.4 – Частина програми, що відповідає за роботу дозаторів.

В ручному режимі двигун дозатора запускається за допомогою відповідної кнопки без фіксації, а виключається – по датчику кругового диска дозатора. В ручному режимі дозатор працює не залежно від наявності сигналу від датчика відсутності насіння.

На рис. 3.4. показано код, що забезпечує коректну роботу штучного і об'ємного дозаторів.

### 3.1.5. Скидання лічильника і запис останніх значень

Для забезпечення більш комфортної роботи з машиною, реалізовано зупинку при досягненні кількістю вироблених пакетів уставленого значення і записування значень лічильників при останньому скиданні.

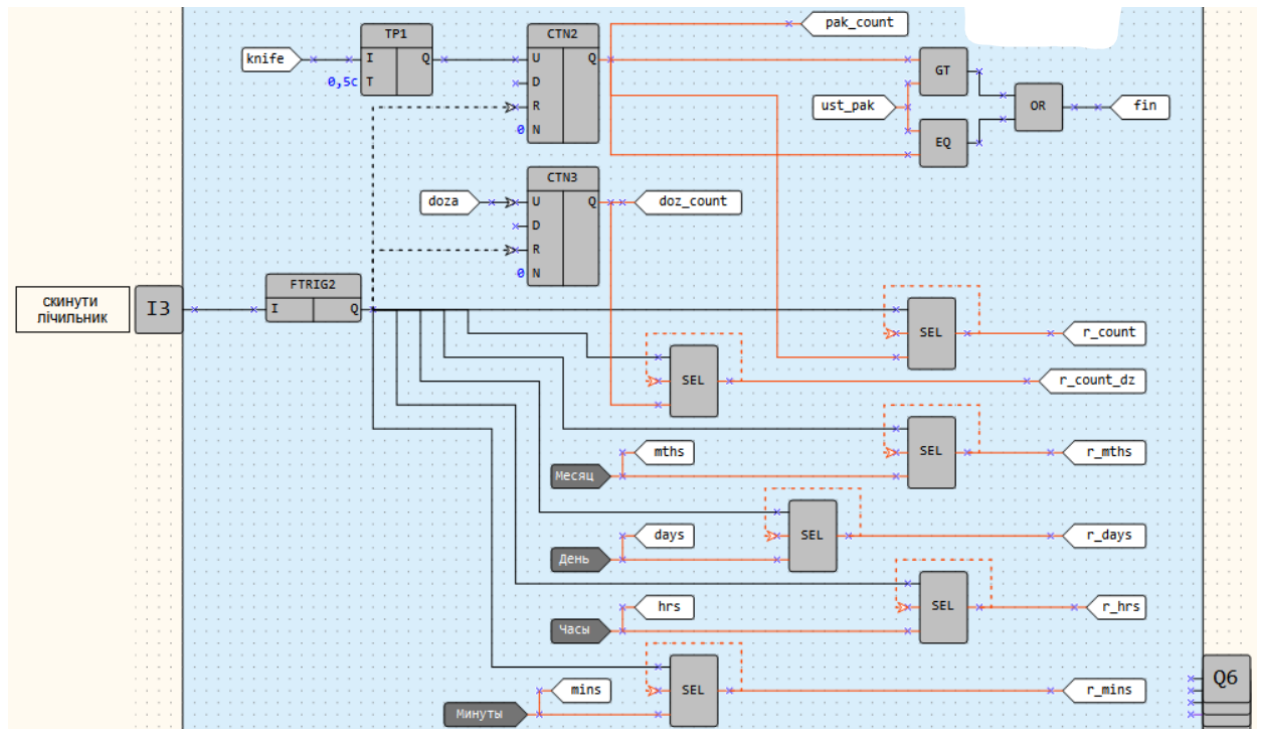


Рисунок 3.5 – Частина програми, що відповідає за скидання лічильника і запис останніх значень.

На рис. 3.5. показано відповідну програму. Якщо кількість пакетів `pak_count` більша або рівна уставленій кількості `ust_pak`, подається сигнал про завершення роботи.

По кнопці скидання лічильника за допомогою блока вибору записується значення лічильників і часу в відповідні змінні, при відсутності сигналу в них записується їх же значення. В наступному циклі відбувається скидання лічильників. Час приладу записується в окремі змінні для відображення.

### 3.2. Налаштування і керування автоматизованою системою пакування насіння

#### 3.2.1. Керування приладом

На верхній панелі розташовано екран, кнопки керування екраном (ALT, ↑, ↓, SEL, OK, ESC), два світлодіоди (зелений F1 і червоний F2) і кнопки.



Рисунок 3.6 – Верхня панель приладу.

Верхній ряд: двопозиційний перемикач, що вмикає мотор протяжки, кнопка без фіксації, призначена для скидання значення лічильника дози і пакетів, трипозиційний перемикач дозатора, що перемикає режим роботи з об'ємним дозатором, без дозатора і зі штучним дозатором.














а



б

Рисунок 3.7 – Передня панель приладу (а), підключення дозатора (б).

### 3.2.2. Робота з екраном

1. При запуску програмованого реле екран знаходиться в режимі відображення. В цьому режимі можна переглядати меню користувача, переміщуючись між рядками меню за допомогою кнопок  та .
2. Для переходу в режим редагування необхідно натиснути на кнопку . В цьому режимі можна змінювати значення уставок температури, кількості пакетів та кількість насінин в пакеті.
3. Після переходу в режим редагування останнє число вибраного для редагування значення почне блимати.
4. Змінити вибране значення можна за допомогою кнопок  та .
5. Для переходу між розрядами вибраного значення використовується комбінація кнопок  +  та  + .
6. Для збереження зміненого значення і переходу між значеннями, вибраними для редагування, потрібно повторно натиснути кнопку .
7. Для скидання зміненого значення і виходу з режиму редагування необхідно натиснути кнопку .

8. Для збереження змінених значень і виходу з режиму редагування необхідно натиснути кнопку .

### 3.2.3. Робота в режимі без дозатора

1. Перевірити стан механічної частини приладу і установки швидкостей на передній панелі, завантажити рулон з упаковкою.
2. Підключити прилад до живлення, ввімкнувши в розетку ~220в вилку, що виходить з нижньої частини електричної шафи.
3. Відповідно до розділу «робота з екраном» виставити значення необхідної температури нагрівача та кількість пакетів, після виготовлення якої тривалий цикл має зупинитися (для безперервної роботи необхідно виставити максимально можливу кількість пакетів - 65535).
4. Дочекатися, коли дійсне значення температури буде достатнім для роботи.

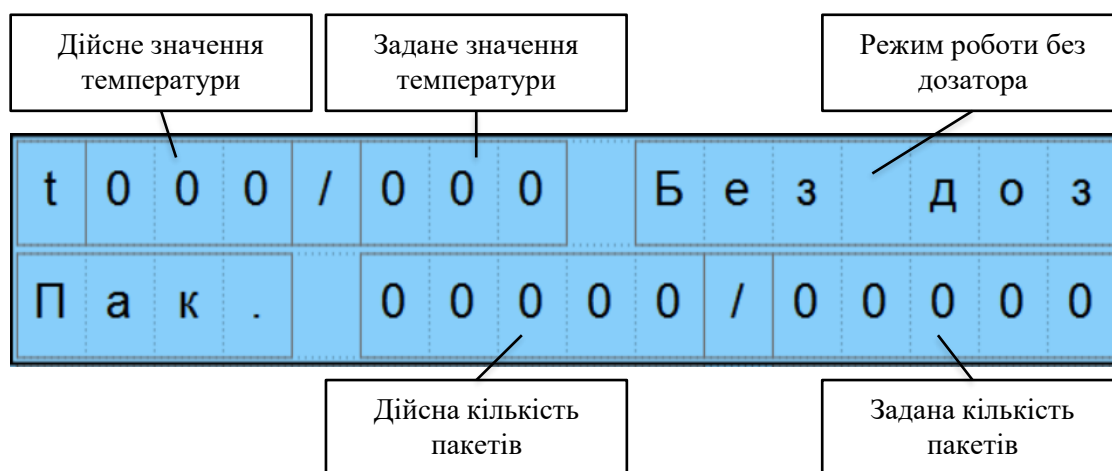


Рисунок 3.8 – Значення позначок на початковому дисплеї при роботі без дозатора.

5. Установити перемикач вибору дозатора в положення «без дозатора».
6. Увімкнути привод протяжки, перевівши перемикач «протяжка» в положення «увімк».
7. Для запуску одиничного циклу (виготовлення одного пакета), необхідно при перемикачі «тривалий цикл» в положенні «вимк» (зелений



світлодіод при роботі в одиничному циклі не має горіти) натиснути на кнопку «одиничний цикл». Після виготовлення одного пакета система зупиниться.

8. Для запуску тривалого циклу (виготовлення пакетів в циклі до заданої кількості пакетів) необхідно при перемикачі «тривалий цикл» в положенні «увімк» (зелений світлодіод показує, що система знаходиться в режимі тривалого циклу) натиснути на кнопку «одиничний цикл». Коли дійсна кількість пакетів дорівнюватиме заданій, пристрій зупиниться. Для того, щоб зупинити роботу пристрою в режимі тривалий цикл, достатньо перевести перемикач «тривалий цикл» в режим «вимк». Тоді система завершить виготовлення даного пакета і зупиниться.

9. Для того, щоб скинути значення, що відповідає кількості виготовлених пакетів, необхідно натиснути на кнопку скинути лічильник.



10. У випадку випадкового скидання лічильника, його останнє значення і час скидання можна побачити, натиснувши двічі на кнопку .



Рисунок 3.9 – Значення позначок на початковому дисплеї при роботі без дозатора.

11. Третє натискання на кнопку  показує час і дату зараз, що дозволяє перевірити правильність внутрішнього годинника.

12. Якщо час внутрішнього годинника не відповідає реальному часу, його можна налаштувати за розділом «зміна дати і часу приладу»

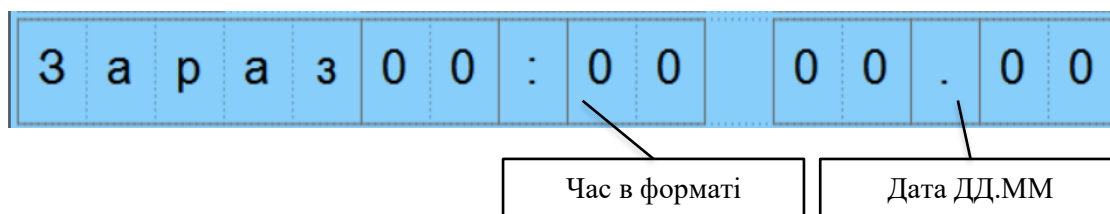


Рисунок 3.10 – Значення позначок на початковому дисплеї при роботі без дозатора.

### 3.2.4. Робота в режимі з об'ємним дозатором

Робота з об'ємним дозатором аналогічна до роботи без дозатора, окрім п. 5 і деяких пунктів меню. Для роботи з об'ємним дозатором необхідно підключити кабель дозатора до роз'єму «підключення дозатора» в лівій стінці шафи і перевести перемикач вибору дозатора в положення «об'ємний».

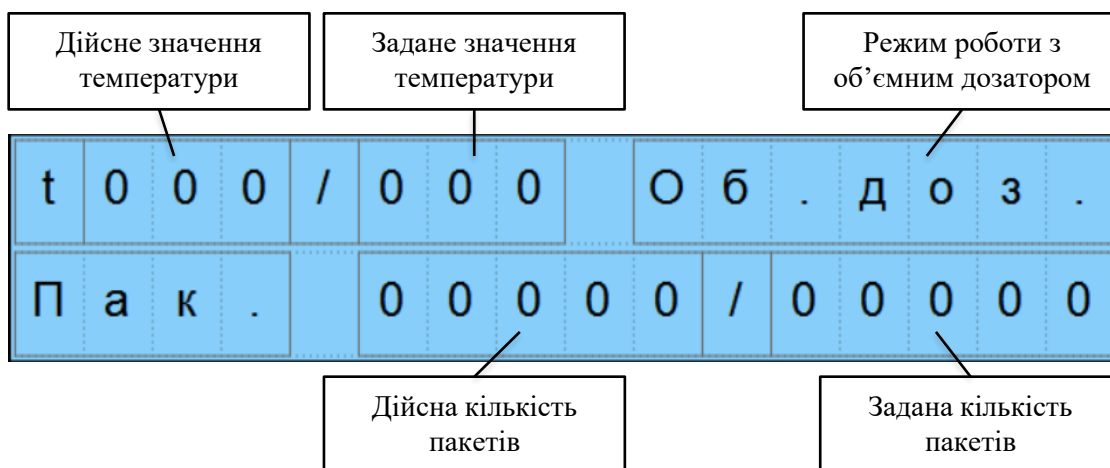



Рисунок 3.11 – Значення позначок на початковому дисплеї при роботі з об'ємним дозатором.

Для контролю кількості пакетів за датчиком дозатора, необхідно натиснути на кнопку .



П	а	к	.		0	0	0	0	0	/	0	0	0	0	0
К	-	к	і	с	т	ь		д	о	з	0	0	0	0	0

Дійсна кількість пакетів за датчиком дозатора

Рисунок 3.12 – Значення позначок на екрані контролю кількості пакетів.

П	а	к	0	0	0	0	0	Д	о	з	0	0	0	0	0
Ч	а	с			0	0	:	0	0		0	0	.	0	0


Значення лічильника за основним датчиком при останньому скиданні

Значення лічильника за датчиком дозатора при останньому скиданні

Час скидання в форматі ГГ:ХХ

Дата скидання ДД.ММ

Рисунок 3.13 – Значення позначок на екрані контролю часу скидання і значень лічильників.

У випадку випадкового скидання лічильника, можна побачити останнє значення обох лічильників кількості пакетів і час скидання, натиснувши на кнопку  три рази.

### 3.2.5. Робота в режимі зі штучним дозатором

Робота зі штучним дозатором аналогічна до роботи без дозатора, окрім п. 5 і деяких пунктів меню. Для роботи зі штучним дозатором необхідно підключити кабель дозатора до роз'єму в лівій стінці шафи і перевести перемикач вибору дозатора в положення «штучний».

Відповідно до розділу «робота з екраном», необхідно виставити значення необхідної кількості насінин в пакеті. Правильність налаштування зусилля дозатора і датчика кількості насінин можна перевірити, натиснувши на кнопку ручного керування об'ємного дозатора. Дозатор ввімкнеться за

натисканням кнопки і вимкнеться, коли дійсне значення кількості насінин дорівнюватиме заданій кількості. Для того, щоб вимкнути дозатор передчасно, необхідно перевести перемикач вибору дозатора в положення «без дозатора».

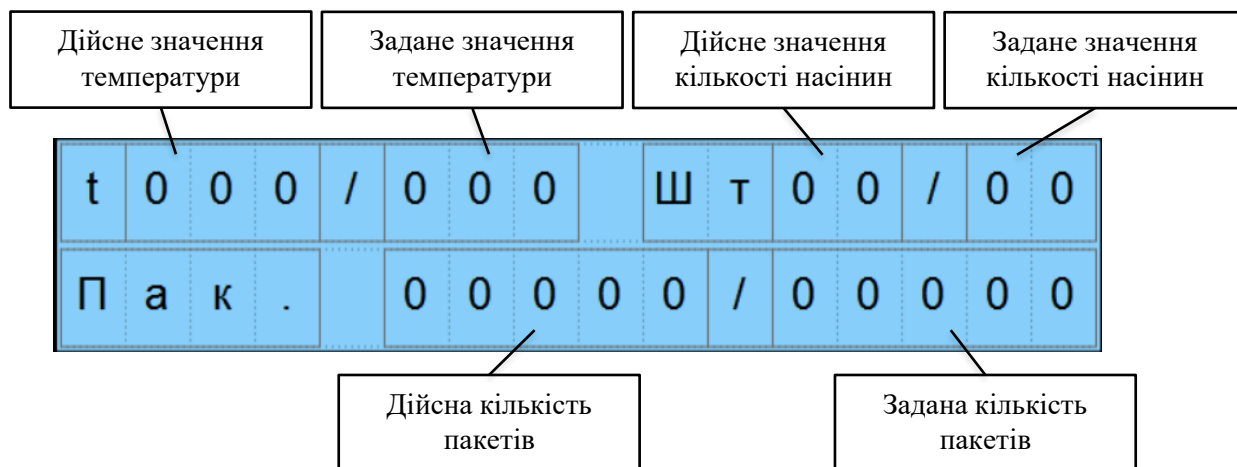


Рисунок 3.14 – Значення позначок на початковому дисплеї при роботі зі штучним дозатором.

Контроль кількості пакетів за датчиком дозатора аналогічно до розділу «робота зі штучним дозатором».

### 3.2.6. Зміна дати і часу приладу

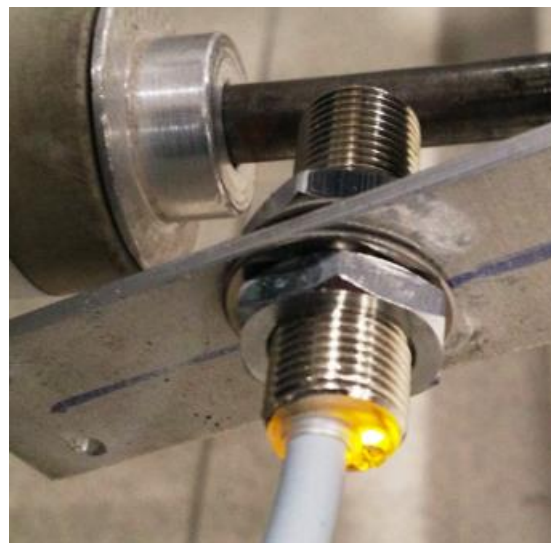
Якщо час внутрішнього годинника не відповідає реальному часу, його можна налаштувати. При цьому не зміниться значення часу останнього скидання.

1. Натиснути і утримувати кнопку **[ALT]** три секунди.
2. На екрані з'явиться меню «Прибор». Натиснути кнопку **[OK]**.
3. На екрані з'явиться меню «Версия». Натискати кнопку **[v]** доти, поки не з'явиться меню «Часы».
4. Натиснути кнопку **[OK]**. З'явиться меню «Время/Дата».
5. Натиснути кнопку **[SEL]** і змінити значення часу і дати відповідно до розділу «Робота з екраном».
6. Після введення необхідного значення, вийти з системного меню, утримуючи кнопку **[ESC]** три секунди.

### 3.2.7. Налаштування датчиків



а



б

Рисунок 3.15 – Налаштування датчика натяжного ролика. Вигляд датчика і жовтого індикатора при (а) відсутності натяжного ролика, (б) присутності натяжного ролика.

Чутливість датчика натяжного ролика (рис. 3.15) налаштовується за допомогою зміни відстані між датчиком і роликом. Жовтий індикатор загорається при наближенні натяжного ролика до датчика.

Чутливість датчика фотомітки (рис. 3.16) налаштовується за допомогою зміни відстані між датчиком і упаковкою та настроєчного гвинта. Червоний індикатор загорається при відсутності фотомітки.



а



б

Рисунок 3.16 – Налаштування датчика фотомітки. Вигляд датчика і червоного індикатора при а – чорному кольорі упаковки, б – білому кольорі упаковки.

Датчик кількості насіння (рис. 3.17) повинен бути точно позиціонований. Промінь від датчику повинен бути точно встановлений відносно місця виходу насіння, згідно з зображенням (рис. 3.17, в).

Червоний індикатор загорається у випадку присутності насінини. Зелений індикатор загорається, якщо сигнал датчика стабільний. За відсутності сигналу зеленого індикатора при відсутності чи присутності насіння, датчик може працювати некоректно. Перемикач «D/L» на корпусі датчика має бути в положенні «L», а настроєчний гвинт «MIN/MAX» необхідно настроїти так, щоб за відсутності насіння стабільно світився зелений індикатор і не світився червоний, а при появі насіння стабільно світився зелений індикатор і червоний.



а



б



в

Рисунок 3.17 – Налаштування датчика кількості насіння. Вид датчика і індикаторів при а – відсутності насінини, б – виявленні насінини; в – правильне позиціонування датчика відносно жолоба з насінням.

Датчики кругового диска (рис. 3.18, а, б) і об'ємного дозатора (рис. 3.18, в) не настраюються, але мають індикатор, що загоряється, коли ніщо не заважає проходженню променю між двома частинами датчика.



а



б



в

Рисунок 3.18 – Налаштування датчиків кругового диска та об'ємного дозатора. Вид датчика кругового диску при а – присутності диску, б – відсутності диску; в – вигляд і положення датчика об'ємного дозатора.

### 3.3. Висновки по розділу автоматизація

В розділі розглянуто автоматизацію розробленої лінії фасування. Приведено програмний код, що записано в контролер, та пояснення щодо його роботи. Для зручності розуміння, код розбито на декілька частин, що відповідають за роботу окремих систем в складі машини.

Крім цього, приведено детальний опис роботи і налаштування лінії, її інтерфейсу, пояснено значення і механізм роботи всіх позначень на панелі оператора та призначення кнопок.

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		



## 4. Технологія машинобудування

### 4.1. Опис деталі для виготовлення

Оберемо для виготовлення деталь, що використовується для кріплення воронки штучного дозатора і сенсорів відсутності насіння. На рис. 4.1. показано існуючу деталь, що має недостатню товщину стінки в місці кріплення датчиків, оскільки була розрахована на інший тип датчиків.

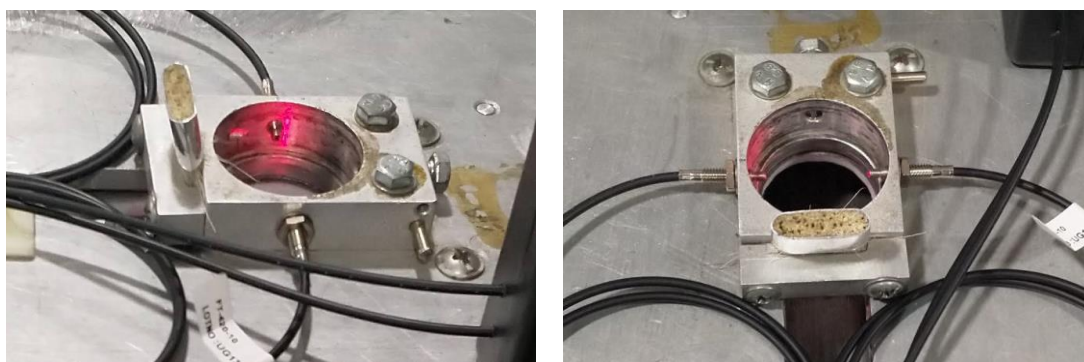


Рисунок 4.1 – Існуючий прототип деталі.

На рис. 4.2. показано запропонований варіант покращення деталі.

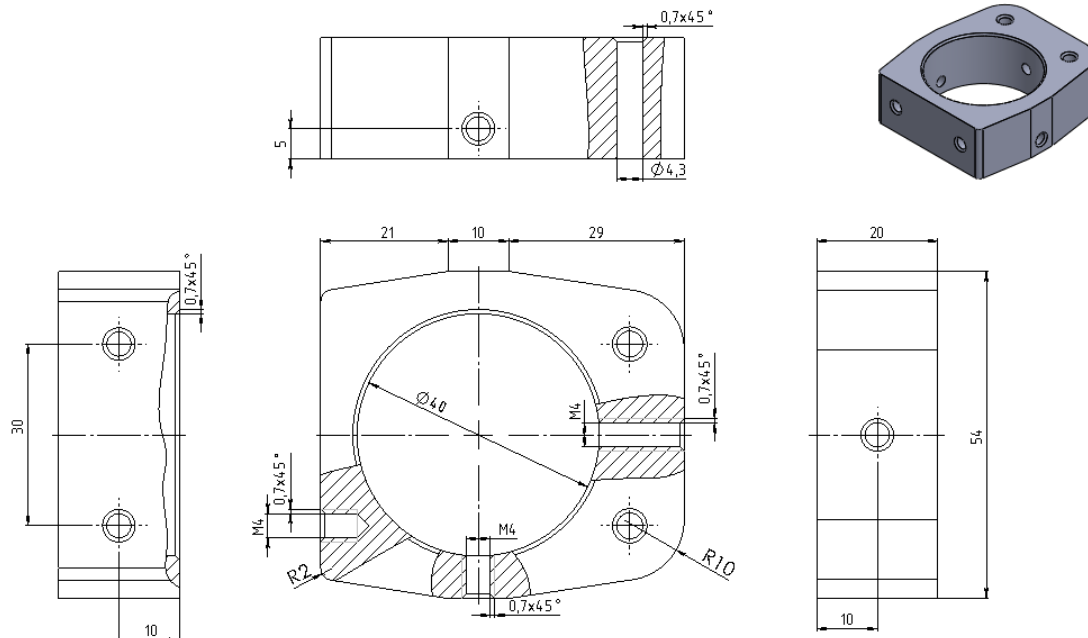


Рисунок 4.2 – Запропонована деталь.

За завданням необхідно розрахувати час і ціну виготовлення партії з 500 деталей. Матеріал деталі – алюміній.

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		63

## 4.2. Вибір заготовок

Визначимо розмір заготовки, виходячи з моделі деталі, показано на рис. 4.3.

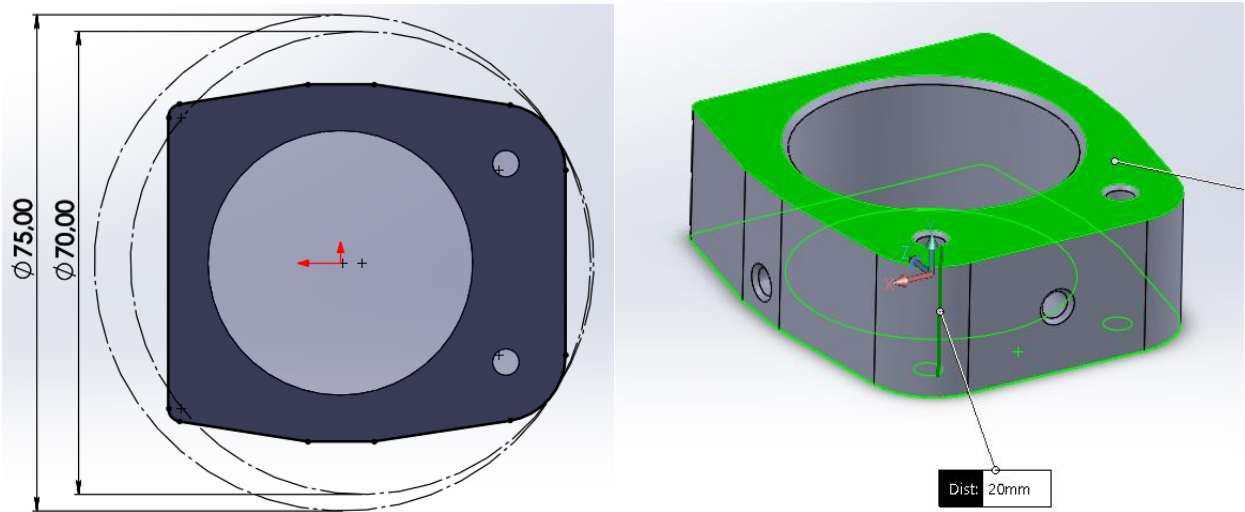


Рисунок 4.3 – Визначення розміру заготовки.

Для виготовлення деталей використаємо циліндричну заготовку діаметром 75 мм. Висота деталі – 20 мм, розрахуємо висоту заготовки з припуском 1 мм з обох сторін на різ та обробку поверхні.

Таким чином, довжина заготовки 22 мм, кількість заготовок на метр  $\frac{1 \text{ м}}{22 \text{ мм}} = \frac{1000 \text{ мм}}{22 \text{ мм}} = 45 \frac{\text{шт}}{\text{м}}$ . Оскільки партія 500 шт, необхідно замовити  $\frac{500 \text{ шт}}{45 \frac{\text{шт}}{\text{м}}} = 12 \text{ м}$  круга діаметром 75 мм.

## КРУГ АЛЮМИНИЕВЫЙ 75 2024 Т3

### Технические характеристики товара



Стандарты:  
Марки: 0  
12.97388  
Цена 1 погонного метра (розн.): 2529.04 грн  
Длина/раскрой: 3 м.

Артикул	Кол-во	Ед.	кг	шт	п.м/ кв.м	м2	лист	Розничная цена
Ц0000008313	12	м	155.69	4.00	12.00			30349.10

Купить

Рисунок 4.4 – Замовлення 12 м алюмінієвого круга.



Необхідна кількість металу для заготовок – 12 м круглого алюмінієвого профілю 75 2024 Т3, що важить 155,69 кг і коштує 30 349,10 грн (рис. 4.4). Склад знаходиться в Києві, тому доставку не враховуємо.

#### 4.3. Розробка технологічного процесу

Розробимо покроковий опис технологічного процесу. Сторони позначені на рис. 4.5.

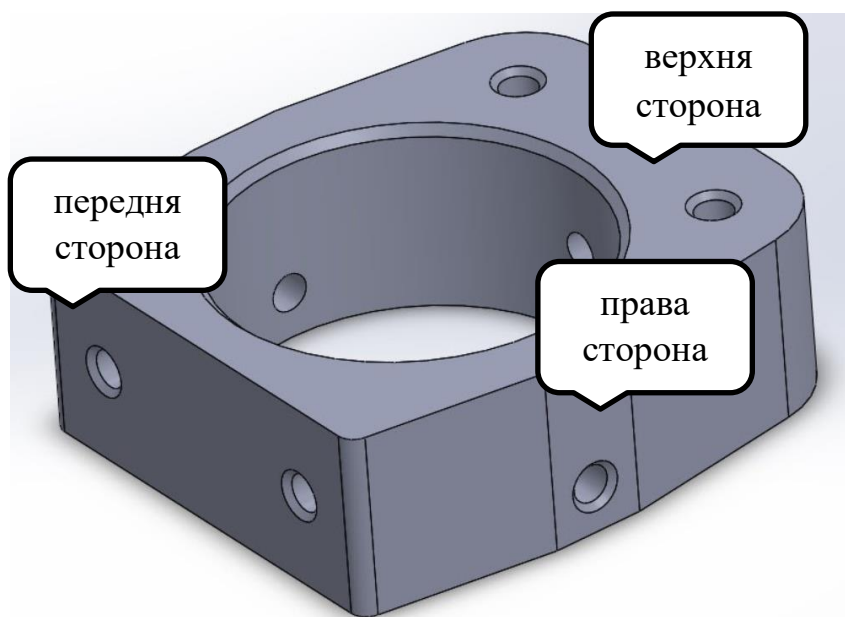


Рисунок 4.5 – Позначення сторін, що використовуються в описі технологічного процесу

1. Пруток нарізується на циліндричні заготовки за допомогою болгарки і відрізного круга.
2. Заготовка встановлюється верхньою стороною вверх і затискається лещатами ззовні.
  - а. За допомогою торцевої фрези вирівнюється верхня площина.
  - б. За допомогою кінцевої фрези виконується центральний отвір.
  - с. Свердлом 4,3 мм виконуються два наскрізних отвори.
  - д. За допомогою зенківки виконується фаска на центральному отворі і наскрізних отворах.
3. Заготовка встановлюється нижньою стороною вверх і фіксується за центральний отвір на відстані від поверхні цанговим зажимом з шайбою.

- a. За допомогою торцевої фрези вирівнюється нижня площина.
  - b. За допомогою кінцевої фрези досягається зовнішній контур деталі.
4. Заготовка встановлюється правою стороною вверх і затискається лещатами ззовні.
- a. Свердлом 3,6 мм виконується отвір під різьбу М4.
  - b. Зенківкою робиться фаска.
  - c. За допомогою різьбової фрези нарізується різьба.
5. Заготовка встановлюється лівою стороною вверх і затискається лещатами ззовні.
- a. Свердлом 3,6 мм виконується отвір під різьбу М4.
  - b. Зенківкою робиться фаска.
  - c. За допомогою різьбової фрези нарізується різьба.
6. Заготовка встановлюється задньою стороною вверх і затискається лещатами ззовні.
- a. Свердлом 3,6 мм виконується наскрізний отвір під М4.
  - b. Зенківкою робиться фаска.
  - c. За допомогою різьбової фрези нарізується різьба.
7. Заготовка встановлюється передньою стороною вверх і затискається лещатами ззовні.
- a. Свердлом 3,6 мм виконуються два глухі отвори під різьбу М4.
  - b. Зенківкою робляться дві фаски.
  - c. За допомогою різьбової фрези нарізується різьба в двох отворах.
8. Невказані скруглення виконуються слюсарем вручну.

#### 4.4. Вибір різального інструменту і оснащення

Виходячи з розділу 4.3, необхідно підібрати: відрізний круг, свердла 3.6 і 4.3 мм, зенківку, торцеву фрезу, кінцеву фрезу і різьбову фрезу.

Відрізний круг обираємо так, щоб розмір заготовки був меншим за половину різниці діаметра круга  $D$  і посадочного діаметра  $W$ .  $\frac{D - W}{2} =$

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

$\frac{230 \text{ мм} - 22.23 \text{ мм}}{2} = 103.885 \text{ мм} < 75 \text{ мм}$ . Обираємо відрізний круг DRONCO 612027 0230 (рис. 4.6), що поставляється упаковками по 25 штук.

#### AS 46 T INOX stainless steel cut-off wheel

- For thin panels and profiles in stainless steel
- Low cutting burr formation, no tarnishing due to cool cutting
- Free of iron, chlorine and sulphur

D mm	W mm	S mm	Rotational speed max. r/min	art.no.	€	Offs t art.no.	€
115	22.23	1.6	13,285	25 612019 1150	1,60		
125	22.23	1.6	12,200	25 612019 1250	1,68		
180	22.23	1.6	8,600	25 612027 0180	2,33		
230	22.23	1.9	6,600	25 612027 0230	2,96		



Рисунок 4.6 – Відрізний круг DRONCO 612027 0230.

Свердла підбираємо для алюмінію діаметром 3.6 мм та 4.3 мм. Обираємо свердла 3.6 мм і 4.3 мм SARA 1114100036 і SARA 1114100043 (рис. 4.7).

**SARA ALU solid carbide high-performance drill bit**

VHM DIN 6537 Typ W 140° 30° 5xD DIN 6535 HA ZrN Vc/fz

- Twisted coolant bore
- Cutting material: solid carbide, ZrN-coated
- Special rounded-off cutting edges to minimise micro-nicks

Aluminium

material	very well suited	well suited	steel	stainless steel	cast iron	aluminum alloys	superalloys Fe/NiCo-based	aluminum	copper	graphite	hardened steel
			< 700 N/mm²	< 1000 N/mm²	< 1000 N/mm²	< 300 N/mm²	< 300 N/mm²	< 150 N/mm²	< 150 N/mm²	< 150 N/mm²	< 150 N/mm²
			60	60	60	35-50	35	35	260	150	

Cutting speed Vc m/min. Please adjust these guidelines according to clamping operation and machine set-up.

D mm	D1 mm	L1 mm	L3 mm	L mm	Feed f aluminum < 8 % Si mm/rev	art.no.	€
3.0	6	28	23	66	0.14	111410 0030	68.50
3.1	6	28	23	66	0.14	111410 0031	68.50
3.2	6	28	23	66	0.14	111410 0032	68.50
3.3	6	28	23	66	0.14	111410 0033	68.50
3.4	6	28	23	66	0.14	111410 0034	68.50
3.6	6	28	23	66	0.14	111410 0036	68.50
3.8	6	36	29	74	0.14	111410 0038	72.50
3.9	6	36	29	74	0.14	111410 0039	72.50
4.0	6	36	29	74	0.14	111410 0040	72.50
4.1	6	36	29	74	0.14	111410 0041	72.50
4.3	6	36	29	74	0.14	111410 0043	72.50

Рисунок 4.7 – Свердла 3.6 мм і 4.3 мм SARA 1114100036 і SARA 1114100043.

**SARA Solid carbide deburring countersink**

VHM Werks-norm 90° Z 3 TiAlN Vc/fz

- 3 cutting edges, radially relief-ground
- Cutting material: solid carbide TiAlN
- Made entirely of solid carbide
- Countersink Ø match the respective countersink DIN screw heads (DIN 903, 904, 905, 906, 7991)

material	very well suited	well suited	steel	stainless steel	cast iron	aluminum alloys	superalloys Fe/NiCo-based	aluminum	copper	graphite	hardened steel
			< 700 N/mm²	< 1000 N/mm²	< 1000 N/mm²	< 300 N/mm²	< 300 N/mm²	< 150 N/mm²	< 150 N/mm²	< 150 N/mm²	< 150 N/mm²
			3050	2540	820	1528	1530	60100	4005	5-10	412

Cutting speed Vc m/min. Please adjust these guidelines according to clamping operation and machine set-up.

D mm	D5 mm	D1 mm	L mm	Feed f steel < 1000 N/mm² mm/rev	art.no.	€
4.3	1.5	4	40	0.05	150166 0430	84.50
4.3	2.0	5	45	0.06	150166 0430	84.50
8.3	2.0	6	50	0.07	150166 0830	84.50

Рисунок 4.8 – Зенківка SARA 150166 0830.

Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата

МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ

Арк.

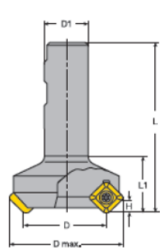
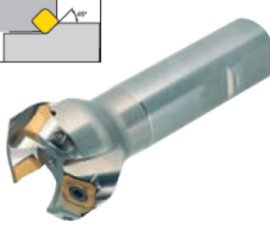
67

Швидкість обираємо за каталогом 260 м/хв і 0.14 мм/об для обох свердл. Розраховуємо кількість свердл виходячи з періоду стійкості для твердосплавних конструкцій 60 хв.

Зенківку підбираємо для алюмінію діаметром більшим, ніж діаметр отвору + подвійна фаска  $4.3 \text{ мм} + 0.7 \text{ мм} + 0.7 \text{ мм} = 5.7 \text{ мм}$ . Обираємо зенківку SARA 150166 0830 (рис. 4.8). Швидкість обираємо за каталогом 80 м/хв і 0.07 мм/об. Розраховуємо кількість зенківки виходячи з періоду стійкості для твердосплавних конструкцій 60 хв.

Фрезу торцеву підбираємо для алюмінію. Обираємо фрезу торцеву Atorn 2608010032 204 і вставки Atorn 284225 3001 (рис. 4.9). Кількість вставок – 3 шт. Швидкість обираємо за каталогом для алюмінію 300 м/хв і  $0.3 \cdot 3 = 0.9$  мм/об. Розраховуємо кількість вставок виходячи з періоду стійкості 15 хв на одну різальну кромку пластини. Пластини мають 4 кромки і продаються упаковками по 10 шт.

**ATORN® 45° end milling cutter, SE.T 1204**


- For ISO milling inserts, type SE.T 1204
- Highly positive rake angle
- Welded shank
- Easy-action, low-noise milling
- Large insert thickness
- For plunge milling and face milling
- Supplied with clamping screws and wrench
- Can be used on machines with low drive power and in unstable conditions
- Cutting angle:** Tool cutting edge angle 45°, axial rake angle 16°, radial rake angle 45°

D mm	D1 mm	D max. mm	L mm	H mm	L1 mm	Z	Weight kg	Tightening torque max. N.m			art.no.	€
25	25	30	110	6	54	3	0.45	7.93	A1	B1	260801 0032 204	11,70
32.0	25	45.0	110	6	54	3	0.45	7.93	A1	B1	260801 0032 204	11,70
40.0	30	50.0	110	6	54	3	0.60	10.00	A1	B1	260801 0032 204	15,00

**SEET**

F finishing	M medium	R roughing	ISO designation	ISO P	ISO M	ISO K	ISO N	ISO S	ISO H	Quality	art.no.	€
			SEET 1204 AFFN							HW 4410	10 284225 3001	8,20
										HC 4620	10 284225 3005	9,80
										HC 4540	10 284225 3007	9,80

Universal application



ISO	HC 4540	HC 4620	HW 4410
ISO P steel	Vc = 200 - 255	Vc = 205 - 280	
ISO M stainless steel	Vc = 120 - 150	Vc = 120 - 165	
ISO K cast iron	Vc = 190 - 240	Vc = 190 - 265	Vc = 125 - 145
ISO N Al/nonferrous			Vc = 125 - 680

$V_c = \text{m/min}$   
 $f_z = \text{mm/z}$   
 $a_p = \text{mm}$

$f_z = 0.1 \text{ to } 0.4 \text{ per cutting edge}$   
 $a_p = \text{max. } 6.0$

Рисунок 4.9 – Фреза торцева Atorn 2608010032 204 і вставки Atorn 284225 3001.

Фрезу кінцеву підбираємо для алюмінію так, щоб довжина різальної кромки була більше, ніж висота деталі  $26 \text{ мм} > 20 \text{ мм}$ . Обираємо фрезу

кінцеву SARA 254052 0120 (рис. 4.10). Швидкість обираємо за каталогом для алюмінію 350 м/хв і 0.032 мм/об для виконання внутрішнього отвору і 0.04 мм/об для обробки зовнішнього контуру деталі. Розраховуємо кількість фрез виходячи з періоду стійкості для твердосплавних конструкцій 60 хв.

**ATORN® End milling cutters**

VHM 45° e8 h5 DIN 6535 HB Z3 TiAlN HPC Vc/fz

- With clearance
- First-rate chip removal due to extremely smooth surface
- Cutting material: ultra-fine grain solid carbide, TiAlN-Ultra-coated

material	very well suited	well suited	steel	stainless steel	cast iron	titanium alloys	superalloys Fe/NiCo-based	aluminium	copper	graphite	hardened steel
	< 700 N/mm²	< 1000 N/mm²	< 1400 N/mm²	50-65	50-65	40-50	40-50	30-40	300-400	200-300	100-140

Cutting speed Vc m/min. Please adjust these guidelines according to clamping operation and machine set-up.

D mm	L1 mm	L2 mm	L mm	D1 mm	D3 mm	F x 45° mm	Feed fz steel < 1400 N/mm² mm/tooth	Feed fz steel < 1400 N/mm² mm/tooth	art.no.	€
3.0	8	15	57	6.0	2.8	0.1	0.012	0.015	254052 0030	25,30
3.5	11	15	57	6.0	3.3	0.1	0.012	0.015	254052 0035	26,70
4.0	11	15	57	6.0	3.8	0.1	0.012	0.015	254052 0040	24,70
4.5	13	21	57	6.0	4.3	0.1	0.024	0.03	254052 0045	26,70
5.0	13	21	57	6.0	4.8	0.1	0.024	0.03	254052 0050	24,70
5.5	13	21	57	6.0	5.3	0.1	0.024	0.03	254052 0055	26,70
6.0	13	21	57	6.0	5.8	0.1	0.024	0.03	254052 0060	24,70
6.5	16	27	63	8.0	6.3	0.1	0.024	0.03	254052 0065	33,10
7.0	16	27	63	8.0	6.8	0.1	0.024	0.03	254052 0070	32,40
7.5	19	27	63	8.0	7.3	0.1	0.024	0.03	254052 0075	31,--
8.0	21	27	63	8.0	7.7	0.1	0.024	0.03	254052 0080	31,50
8.5	21	32	72	10.0	8.3	0.1	0.032	0.04	254052 0085	49,10
9.0	21	32	72	10.0	8.8	0.1	0.032	0.04	254052 0090	48,30
9.5	22	32	72	10.0	9.3	0.1	0.032	0.04	254052 0095	53,--
10.0	22	32	72	10.0	9.8	0.1	0.032	0.04	254052 0100	46,30
12.0	26	38	83	12.0	11.8	0.1	0.032	0.04	254052 0120	68,50

ULTRA

Рисунок 4.10 – Фреза кінцева SARA 254052 0120.

**SG V-MRT-B machine forming tap**

M 60° HSS-E DIN 371 ISO 2 6HX 2 2,5xD TiCN Vc/fz

- ISO 6HX metric thread
- Type C, 2-thread chamfer
- For blind-hole threads
- Cutting material: HSS-E TiCN

material	very well suited	well suited	steel	stainless steel	cast iron	titanium alloys	superalloys Fe/NiCo-based	aluminium	copper	graphite	hardened steel
	< 700 N/mm²	< 1000 N/mm²	< 1400 N/mm²	50-65	50-65	40-50	40-50	30-40	300-400	200-300	100-140

Cutting speed Vc m/min. Please adjust these guidelines according to clamping operation and machine set-up.

D mm	Pitch mm	L mm	L1 mm	L2 mm	D1 mm	C mm	Tapping hole Ø mm	art.no.	€
M2	0.4	45	8	8	2.8	2.1	1.85	133320 0020	32,90
M2.2	0.45	45	9	8	2.8	2.1	2.00	133320 0022	35,--
M2.5	0.45	50	9	9	2.8	2.1	2.30	133320 0025	32,30
M3	0.5	56	11	18	3.5	2.7	2.75	133320 0030	30,80
M3.5	0.5	61	12	20	4.0	3.0	3.00	133320 0035	35,--
M4	0.7	63	13	21	4.5	3.4	3.65	133320 0040	31,30

Рисунок 4.11 – Фреза різьбова SARA 1333200040.

Фрезу різьбову підбираємо для алюмінію так, щоб довжина різальної кромки разом з тонкою частиною фрези (L2) була більше, ніж висота деталі 25 мм > 20 мм. Обираємо фрезу різьбову SARA 1333200040 (рис. 4.11). Швидкість обираємо за каталогом для алюмінію 60 м/хв і 0.7 мм/об.

Розраховуємо кількість фрез виходячи з періоду стійкості для твердосплавних конструкцій 60 хв. Підведемо підсумок підібраного інструменту в таблиці 4.1.

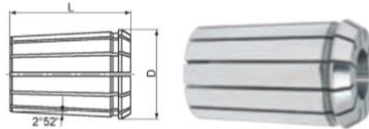
Таблиця 4.1. Різальний інструмент

Тип інструменту	Діаметр	Довжина	Артикул	Ціна
Відрізний круг	125 мм	1,6 мм	DRONCO 612027 0230	€ 2,96
Свердло 3.6 мм	3,6 мм	23 мм	SARA 1114100036	€ 68,50
Свердло 4.3 мм	4,3 мм	29 мм	SARA 1114100043	€ 72,50
Зенківка	8,3 мм	90°	SARA 150166 0830	€ 88,00
Фреза торцева	32 мм	6 мм	Atorn 2608010032 204	€ 204,00
Вставки фрези	-	-	Atorn 284225 3001	€ 8,20/10
Фреза кінцева	12,0 мм	26 мм	SARA 254052 0120	€ 68,50
Фреза різьбова	4 мм	21 мм	SARA 1333200040	€ 31,30

**FAHRION® OZ collets**

**DIN 6388-B**

- Exceptionally flexible double-slotted version
- Higher contact area ratio, increased rigidity and holding forces, greater system concentricity
- Collapse 0.5 mm
- For clamping tools and twist drill bits on the chamfer
- True-running accuracy:
  - 415E: 6 µm
  - 462E: 6 µm
  - 467E: 10 µm



Clamp Ø mm	415E L = 40 mm D = 25.5 mm		462E L = 52 mm D = 35.05 mm		467E L = 60 mm D = 43.7 mm	
	art. no.	€	art. no.	€	art. no.	€
2	433015 0020	30,-	433016 0020	34,-		
2.5	433015 0025	35,-	433016 0025	39,-		
3	433015 0030	21,30	433016 0030	25,10		
3.5	433015 0035	27,-	433016 0035	30,50		
4	433015 0040	21,30	433016 0040	25,10	433017 0040	44,-
4.5	433015 0045	27,-	433016 0045	30,50	433017 0045	55,-
5	433015 0050	21,30	433016 0050	25,10	433017 0050	32,50
5.5	433015 0055	27,-	433016 0055	30,50	433017 0055	42,-
6	433015 0060	21,30	433016 0060	25,10	433017 0060	32,50
6.5	433015 0065	27,-	433016 0065	30,50	433017 0065	42,-
7	433015 0070	21,30	433016 0070	25,10	433017 0070	32,50
7.5	433015 0075	27,-	433016 0075	30,50	433017 0075	42,-
8	433015 0080	21,30	433016 0080	25,10	433017 0080	32,50
8.5	433015 0085	27,-	433016 0085	30,50	433017 0085	42,-
9	433015 0090	21,30	433016 0090	25,10	433017 0090	32,50
9.5	433015 0095	27,-	433016 0095	30,50	433017 0095	42,-
10	433015 0100	21,30	433016 0100	25,10	433017 0100	32,50
10.5	433015 0105	27,-	433016 0105	30,50	433017 0105	42,-
11	433015 0110	21,30	433016 0110	25,10	433017 0110	32,50
11.5	433015 0115	27,-	433016 0115	30,50	433017 0115	42,-
12	433015 0120	21,30	433016 0120	25,10	433017 0120	32,50
12.5	433015 0125	27,-	433016 0125	30,50	433017 0125	42,-
13	433015 0130	21,30	433016 0130	25,10	433017 0130	32,50
13.5	433015 0135	27,-	433016 0135	30,50	433017 0135	42,-
14	433015 0140	21,30	433016 0140	25,10	433017 0140	32,50
14.5	433015 0145	27,-	433016 0145	30,50	433017 0145	42,-
15	433015 0150	21,30	433016 0150	25,10	433017 0150	32,50
15.5	433015 0155	27,-	433016 0155	30,50	433017 0155	42,-
16	433015 0160	21,30	433016 0160	25,10	433017 0160	32,50
17			433016 0170	25,10	433017 0170	32,50
18			433016 0180	25,10	433017 0180	32,50
20			433016 0200	25,10	433017 0200	32,50
21			433016 0210	25,10	433017 0210	32,50
22			433016 0220	25,10	433017 0220	32,50
23			433016 0230	25,10	433017 0230	32,50
24			433016 0240	25,10	433017 0240	32,50
25			433016 0250	25,10	433017 0250	32,50
26					433017 0260	32,50
27					433017 0270	32,50
28					433017 0280	32,50
29					433017 0290	32,50
30					433017 0300	32,50
31					433017 0310	32,50
32					433017 0320	32,50

Рисунок 4.12 – Обрані цанги 433017 0045, 433017 0060, 433017 0120, 433017 0250.



**DIN ISO 7388-1 / DIN 69871 AD**  
• Internal coolant supply

### Precision grinding and inspection vices

- 

Jaw width mm	Length mm	Jaw opening mm	Jaw height mm	art.no.	€
60	155	45	25	463024 0050	143,-
63	190	85	32	463024 0063	194,-
73	210	100	35	463024 0073	215,-

### Mitutoyo IP67 digital sliding calliper



- „ABSOLUTE“ scale
- Inductive operating principle
- Switches off automatically after 20 minutes of inactivity
- New, high-contrast display
- Digit height 9 mm
- Battery life approx. 5 years
- Battery change possible without a screwdriver
- **Functions:** ZERO/ORIGIN, automatic ON/OFF, battery check
- Supplied with SR44 battery (no. 500534 0001) and factory certificate
- **Optional accessories:** Digmatic cable type A, no. 563100 0001 [1 m], no. 563100 0002 [2 m]; USB cable type A-USB, no. 563110 0001



Measure of range mm	Jaw length mm	Depth bar	Data output	net, mm	€	Calibration net, mm	€
150	40	Flat	No	500514 7150	148,-	07/0101 0001	7,25
200	50	Flat	No	500514 7200	225,-	07/0101 0001	1,25
150	40	Ø 1.9 mm	No	500515 7150	148,-	07/0101 0001	7,25
150	40	Flat	Yes	500516 7150	205,-	07/0101 0001	7,25



МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ

Для контролю лінійних розмірів обираємо штангенциркуль Mitutoyo 5005147150 (рис. 4.15) з діапазоном вимірювання більше, ніж розмір деталі, і достатньою точністю.

Підведемо підсумок підібраної оснастки в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Верстатні, інструментальні і вимірювальні пристрої

Тип інструменту	Артикул	Кількість	Ціна
Цанга 4.5 мм	Fahrion 433017 0045	1	€ 55,00
Цанга 6 мм	Fahrion 433017 0060	3	€ 32,50
Цанга 12 мм	Fahrion 433017 0120	1	€ 32,50
Цанга 25 мм	Fahrion 433017 0250	1	€ 32,50
Оправка	Fahrion 431503 4032	6	€ 64,00
Лещата	Röhm 463024 0063	1	€ 194,00
Штангенциркуль	Mitutoyo 5005147150	1	€ 160,00

#### 4.5. Написання управляючої програми

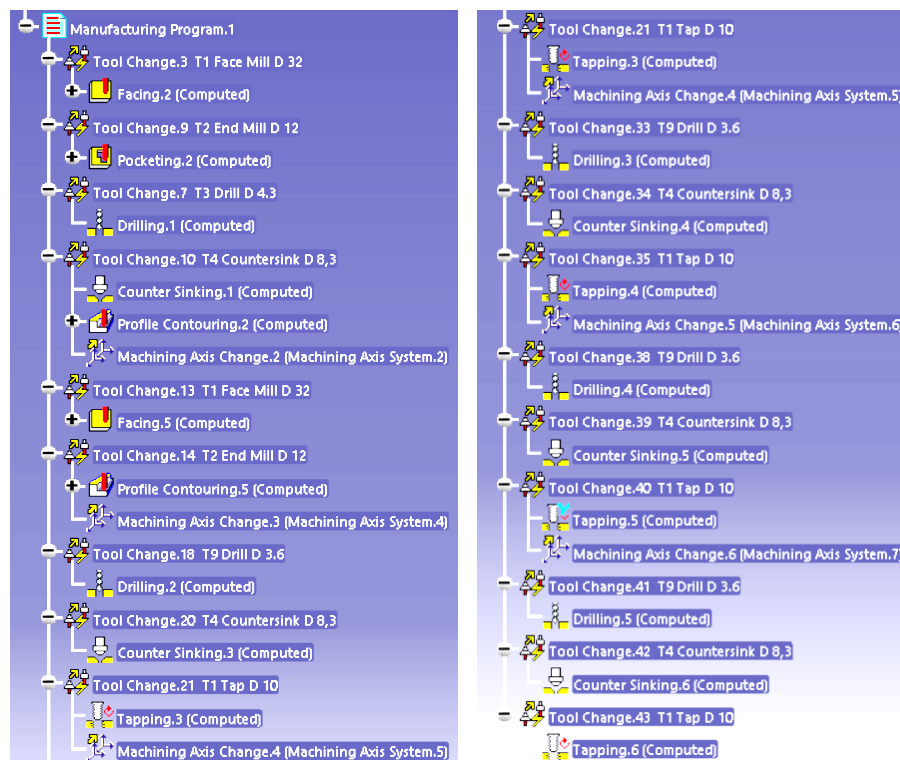


Рисунок 4.16 – Управляюча програма.



Відповідно до розділу 4.3 і обраних інструментів, розробляємо управляючу програму, структура якої показана на рис. 4.16.

За допомогою симуляції по обраним швидкостям різання, визначаємо час обробки.

1. Свердло 3.6 мм

4а) Час обробки 1 с, загальний час 1 с

5а) Час обробки 1 с, загальний час 1 с

6а) Час обробки 1.5 с, загальний час 1.5 с

7а) Час обробки 1.5 с, загальний час 1.5 с

2. Свердло 4.3 мм

2с) Час обробки 3.8 с, загальний час 3.9 с

3. Зенківка

2d) Час обробки 12.6 с, загальний час 12.7 с

4b) Час обробки 1.1 с, загальний час 1.1 с

5b) Час обробки 1.1 с, загальний час 1.1 с

6b) Час обробки 1 с, загальний час 1 с

7b) Час обробки 1 с, загальний час 1 с

4. Фреза торцева

2а) Час обробки 1.7 с, загальний час 2.2 с

3а) Час обробки 1.7 с, загальний час 2.2 с

5. Фреза кінцева

2b) Час обробки 50.6 с, загальний час 61.7 с

3b) Час обробки 117 с, загальний час 195.9 с

6. Фреза різбова

4с) Час обробки 0.5 с, загальний час 0.5 с

5с) Час обробки 0.5 с, загальний час 0.5 с

6с) Час обробки 0.7 с, загальний час 0.7 с

7с) Час обробки 0.7 с, загальний час 0.7 с

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

Результат симуляції обробки показано на рис. 4.17, що показує, що контур деталі відповідає заданій моделі.

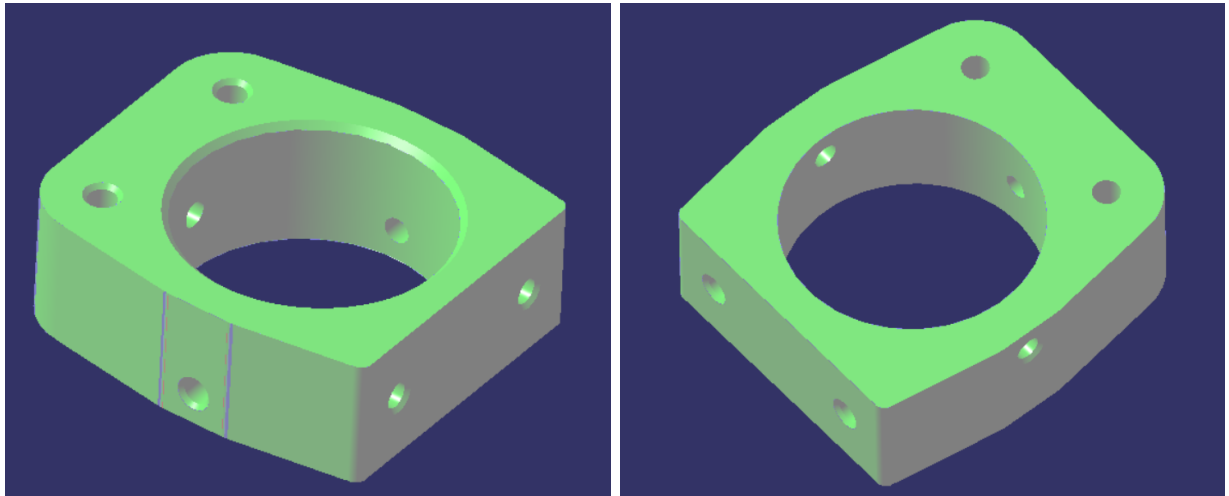


Рисунок 4.17 – Результат симуляції обробки.

#### 4.6. Розрахування загальної вартості і часу обробки

Виходячи з розділу 4.5, визначаємо час обробки і кількість інструментів, виходячи з періоду стійкості, визначеного в розділі 4.4. Результати приведемо в табл. 4.3.

Таблиця 4.3. Розрахування часу виготовлення 500 деталей

Назва інструменту	Час обр./1, с	Заг. час/1, с	Період стійк., хв	Час обр./500, хв	К-кість інстр.	Заг. час/500, хв
Свердло 3.6 мм	5	5	60	41,7	1	41,7
Свердло 4.3 мм	3.8	3.9	60	31,7	1	32,5
Зенківка	16.8	16.9	60	140,0	3	140,8
Фреза торцева	3.4	4.4	60/3	28,3	3	36,7
Фреза кінцева	167.6	257.6	60	1396,7	24	2146,7
Фреза різьбова	2.4	2.4	60	20,0	1	20,0
Загальний час						41 год

Виходячи з ціни та кількості матеріалів, інструментів і оснастки, визначимо загальну вартість виготовлення партії деталей. Результати приведемо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4. Розрахування вартості виготовлення 500 деталей

Назва	Ціна	К-кість	Вартість
Алюмінієвий круг 75 2024 T3	₴ 2529,04	12	₴ 30349,10
Відрізний круг DRONCO 612031 0125	€ 2,96	25	€ 74
Свердло 3.6 мм SARA 1114100036	€ 68,50	1	€ 68,50
Свердло 4.3 мм SARA 1114100043	€ 72,50	1	€ 72,50
Зенківка SARA 150166 0830	€ 88,00	3	€ 264,00
Фреза торцева Atorn 2608010032 204	€ 204,00	1	€ 204,00
Вставки фрези Atorn 284225 3001	€ 8,20	3	€ 24,60
Фреза кінцева SARA 254052 0120	€ 68,50	24	€ 1 644,00
Фреза різьбова SARA 1333200040	€ 31,30	1	€ 31,30
Цанга 4.5 мм Fahrion 433017 0045	€ 55,00	1	€ 55,00
Цанга 6 мм Fahrion 433017 0060	€ 32,50	3	€ 97,50
Цанга 12 мм Fahrion 433017 0120	€ 32,50	1	€ 32,50
Цанга 25 мм Fahrion 433017 0250	€ 32,50	1	€ 32,50
Оправка Fahrion 431503 4032	€ 64,00	6	€ 384,00
Лещата Röhм 463024 0063	€ 194,00	1	€ 194,00
Штангенциркуль Mitutoyo 5005147150	€ 160,00	1	€ 160,00
Сума			₴ 93 475
Ціна 1 шт			₴ 187

Таким чином, партію деталей можна виготовити за 41 годину (6 робочих днів). Собівартість одної деталі – 187 грн, виходячи з ціни партії 93 475 грн.

## 5. Охорона праці

### 5.1. Аналіз умов праці

Дипломна робота полягає в модернізації лінії фасування насіння (рис. 5.1). Робота виконується на базі лабораторії 06 в першому корпусі НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського. В цій лабораторії проведено трифазне живлення (380 В) і знаходиться гідравлічне обладнання, проте в процесі роботи над установкою використовувалося тільки однофазне електричне живлення побутового рівня (220 В), і не виконувалися інші роботи.

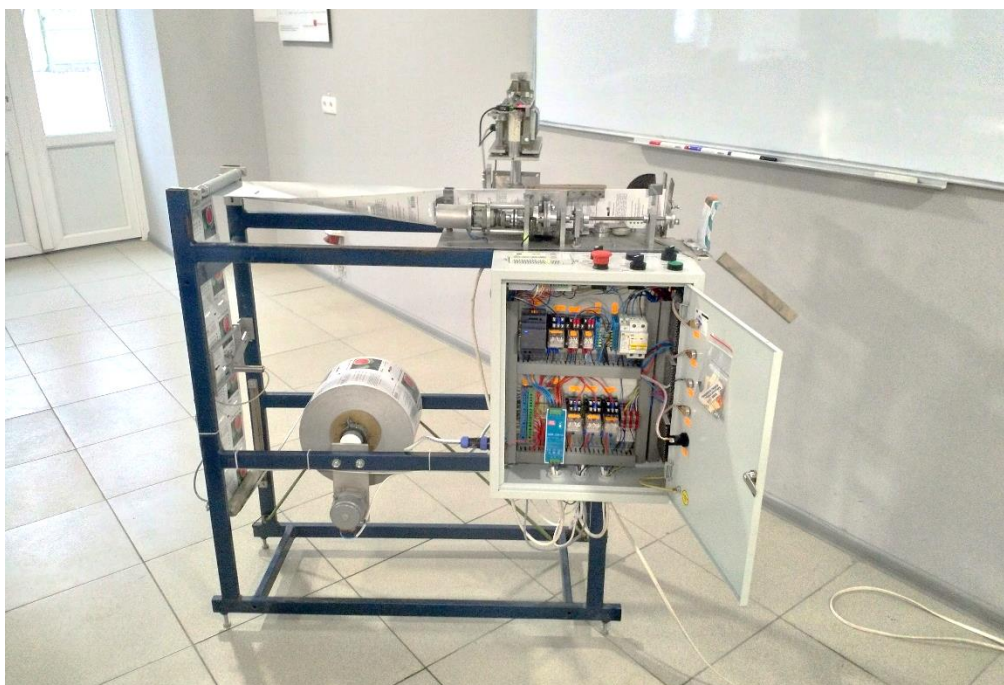


Рисунок 5.1 – Лінія, що модернізується, в лабораторії КПІ.

Роботу над цим проектом можна розділити на три частини: робота за комп'ютером, збирання електричної шафи і тестування лінії.

До всієї роботи відносяться фізичні фактори небезпеки, такі як мікроклімат та освітлення в приміщенні, та психофізіологічні фактори, такі як нервово-фізичні перевантаження.

Під час збирання електричної шафи і в меншій мірі під час тестування і роботи за комп'ютером може виникнути електробезпека.

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

В процесі тестування лінії діють фізичні фактори небезпеки, такі як наявність гострих кромek (ніж, що використовується для відрізання готових пакетів), підвищена температура поверхонь обладнання (нагрівач, що використовується для запайки пакетів), рухомі частини виробничого обладнання (ніж для відрізання пакетів, нагрівач, що запаює пакети, пасова передача підтяжки рулону, тощо).

## 5.2. Освітлення в лабораторії

Оскільки неправильне освітлення може негативно впливати на зір та стомлюваність людини, важливо провести розрахунок відповідного рівня освітлення, щоб запевнитися, чи відповідає реальне освітлення нормам.

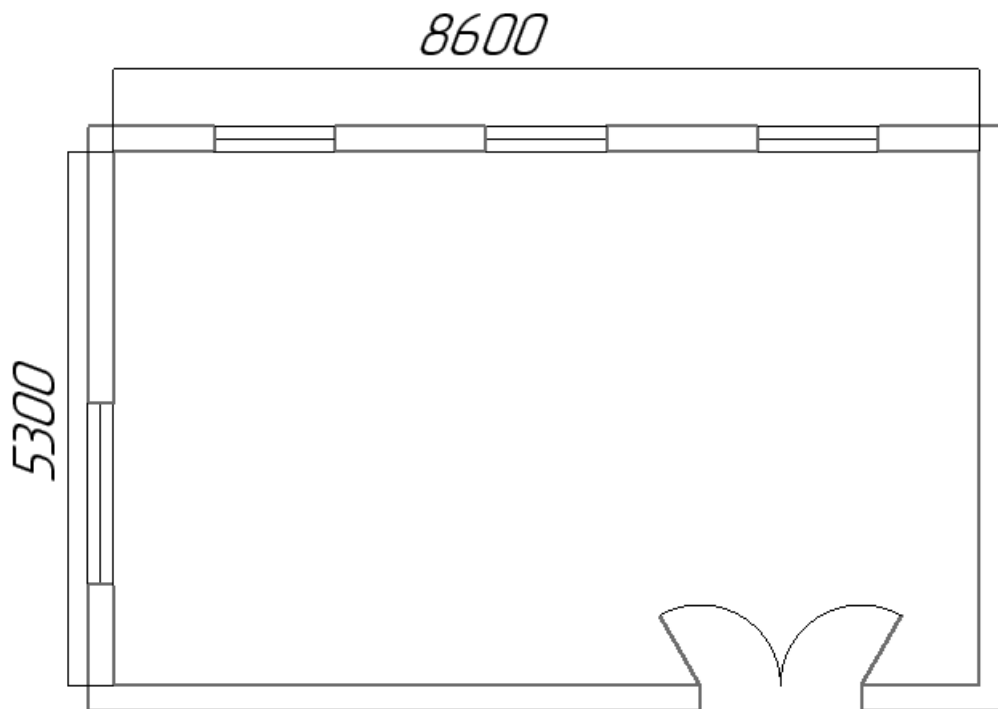


Рисунок 5.2 – Розмір приміщення.

Розміри приміщення (рис. 5.2) – довжина 8,6 м, ширина 5,3 м, висота 4 м, висота робочої поверхні 0,8 м. Площа приміщення:  $S = a \cdot b = 8,6 \cdot 5,3 = 45,58 \text{ м}^2$ . Приміщення освітлюється 12 світильниками, кожен з яких містить по 4 лампи. Кожна з ламп випромінює світловий потік 1550 лм.

Згідно з ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення, визначимо розряд зорових робіт. Найменший розмір об'єкта розрізнення приймемо більше 0.5 мм, середній контраст і середній колір фону. Виходячи з табл. 1 ДБН В.2.5-28:2018, розряд зорових робіт IVв, якому відповідає нормоване значення освітленості на робочому місці  $E_n = 400$  лк.

Для розрахунку розрахункової освітленості, визначимо коефіцієнт використання світлового потоку. Висота підвісу світильника над робочою поверхнею  $h_c = h - h_p = 4 - 0,8 = 3,2$ м, визначаємо індекс приміщення  $i = \frac{a \cdot b}{h_c \cdot (a+b)} = \frac{8,6 \cdot 5,3}{3,2 \cdot (8,6+5,3)} = 1,025$ . Виходячи з цього,  $\eta = 0,41$ .

Розрахуємо розрахункову освітленість, лк, для загального штучного освітлення:

$$E_{\Phi} = \frac{F_{\text{л}} \cdot N \cdot n \cdot \eta}{S \cdot k_3 \cdot z} = \frac{1550 \cdot 12 \cdot 4 \cdot 0,41}{45,58 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 405,6 \text{ лк}$$

де  $F_{\text{л}}$  – світловий потік, який випромінює кожна з ламп, лм,  $N$  – кількість світильників,  $n$  – кількість ламп в світильнику,  $\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку,  $S$  – площа кімнати, м<sup>2</sup>,  $k_3$  – коефіцієнт запасу, приймемо 1,5,  $z$  – коефіцієнт нерівномірності, приймемо 1,1.

Перевіримо відношення розрахунковим і нормованим рівнями освітлення:

$$\frac{E_{\Phi} - E_n}{E_n} \cdot 100\% = \frac{405,6 - 400}{400} \cdot 100\% = 1,4\%$$

Таким чином, загальне штучне освітлення задовольняє вимогам ДБН В.2.5-28:2018.

### 5.3. Мікроклімат

Мікроклімат робочої зони нормується ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						78
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

Визначимо категорію роботи за важкістю на основі загальних енерговитрат організму. Роботи над дипломом включають в собі як роботу за комп'ютером, так і роботу по збиранню шафи, що включає в себе роботу стоячи, ходіння, переніс легких вантажів, тощо. За ДСН 3.3.6.042-99 до категорії Іб (легка) належать роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням.

Температура повітря в кімнаті під час виконання робіт знаходилася в діапазоні від 17°C до 20°C, вологість повітря 55-49%, протяги відсутні.

За табл. Е.1 в робочій зоні виробничих приміщень для категорії робіт Іб, оптимальна норма температури 21-23°C, а допустима для непостійних робочих місць 17-25°C. Оптимальна вологість повітря 60-40%, швидкість руху повітря не більше 0,1 м/с.

Таким чином, швидкість руху і вологість повітря знаходяться в межах оптимальних значень, а температура не відповідає оптимальним значенням. Температура в аудиторії відповідає допустимій температурі для непостійних робочих місць.

#### 5.4. Аналіз фізичних та психофізіологічних факторів небезпеки

Вимоги з електробезпеки виконуються при роботі з установкою. В лабораторії встановлено електричний щит з ввідним автоматичним вимикачем, розрахованим на 40 А, що захищає проводку від перегріву і вимикає струм в кімнаті, окрім освітлення, що заведено через три окремих автоматичних вимикачі на 8 А. Кожна пара розеток окремо захищена автоматичними вимикачами на 25 А. Заземлення виконано за схемою TN-C-S. Як трифазні, так і однофазні розетки мають контакт заземлення.

Розроблюване обладнання приєднується до електричного живлення за допомогою вилки з контактом заземлення і мідним багатожильним кабелем з трьома жилами, провід від заземлення використовується для заземлення

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						79
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

апаратури в шафі керування, оболонки і дверцят шафи, металевих деталей корпусу. При роботі з шафою керування використовуються викрутки з електрично ізольованими рукоятками. Робота зі струмопровідними частинами машини виконується тільки при відключеному живленні. Частиною установки є власна кнопка аварійного відключення електричного живлення.

Для запобігання нервово-фізичним перевантаженням, робота проводиться з перервами кожні дві години, та, при роботі з комп'ютером, більш частими короткими перервами для запобігання перевтомі очей.

### 5.5. Висновки по розділу охорони праці

В процесі роботи було визначено основні фактори небезпеки, до яких відносяться мікроклімат і освітлення в приміщенні, в якому виконуються роботи, фізичні фактори небезпеки, пов'язані з установкою, та психофізіологічні фактори.

Було показано, що освітлення в приміщенні відповідає вимогам ДБН В.2.5-28:2018. Швидкість руху і вологість повітря в приміщенні оптимальні згідно з вимогами ДСН 3.3.6.042-99. Температура повітря не є оптимальною, проте для непостійного робочого місця є допустимою. Електрична та психо-фізіологічна безпека роботи над установкою забезпечена.

					МА 7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						80
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		



## Висновок

В роботі розглянуто автоматизацію процесу фасування насіння. Задача полягає в розробці і збиранні шафи керування лінією фасування на основі двох існуючих прототипів, які не задовольняють всім потребам замовника, а також оформленні необхідної технічної документації.

Приведено опис лінії фасування і механізму її роботи, описано існуючі проблеми і вимоги до лінії. Проведено розробку електричної схеми і підбір обладнання, що підкріплено інженерними розрахунками і порівнянням з прототипами. Розроблена електрична схема складається з автоматизації основної лінії, що виготовляє пакети для насіння з рулонів, та двох додаткових модулів дозаторів – об'ємного, призначеного для пакування дрібного насіння на вагу, на штучного, призначеного для пакування заданої кількості крупних насінин. Виконано монтажну схему, на основі якої було зібрано підібране обладнання в шафу керування.

Розглянуто написання програми для контролера, що керує роботою лінії. Розписані можливі режими роботи (без дозаторів, з об'ємним дозатором, зі штучним дозатором, режим ручного керування), приведено код, в якому реалізуються всі ці режими роботи, та пояснення до нього. Описано роботу і налаштування готової лінії.

Було запропоновано змінити одну з деталей об'ємного дозатора, щоб покращити умови кріплення датчика. Приведено технологічний процес виготовлення такої деталі, розраховано час і вартість виготовлення партії таких деталей.

Обґрунтовано безпечність виконання даної роботи з точки зору охорони праці, розглянуто освітлення і мікроклімат в лабораторії, в якій виконувався проект.

Таким чином, поставлені задачі були вирішені в роботі.

					МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						81
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

## Література

1. Керженцев В. А. Технологическое оборудование пищевых производств. Часть 3. Дозировочное и упаковочное оборудование / В. А. Керженцев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. – 76 с.
2. Jeffrey H. Hooper. Confectionery Packaging Equipment / Jeffrey H. Hooper., 2012. – 268 с.
3. Чернов М. Е. Упаковка сыпучих продуктов: Учебное пособие / М. Е. Чернов. – Москва: ДеЛи, 2000. – 163 с.
4. Frank A. Paine. A Handbook of Food Packaging / Frank A. Paine, Heather Y. Paine. – Glasgow: Springer Science, 1992. – 497 с.
5. Виды упаковки семян [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://sad-i-ogorod.com/vashi\\_voprosy/vidy\\_upakovki\\_semyan/](https://sad-i-ogorod.com/vashi_voprosy/vidy_upakovki_semyan/).
6. Упаковка для семян [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://vipgraphics.com.ua/ru/upakovka-dlya-nasinnya-ofochevih-ta-kvitkovih-kultur/>.
7. Дьяков В. И. Типовые расчеты по электрооборудованию. / Василий Иванович Дьяков. – Москва: Издательство "Высшая школа", 1991. – 160 с.
8. Fotek. Приборы и средства промышленной автоматизации. Каталог продукции [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.saa.su/Manual/Fotek/>.
9. Specification of Temperature Probe [Электронный ресурс] // Tewa Temperature Sensors Ltd. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.tme.eu/Document/6a30a819400a770af477b40435e43fad/TT4-PT1000B-T180-C312-200.pdf>.
10. E.NEXT. Низьковольтне обладнання. Каталог [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://enext.ua/upload/iblock/5b5/Low-voltage-2018.pdf>.

					<i>МА7103.ДП01.00.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		82

11. ШИМ регулятор швидкості 40А [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uamper.com/Регулятор-скорости-движения-мотора-40А-ШИМ>.
12. РМ-25/45/65 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www3.panasonic.biz/ac/e/dl/catalog/index.jsp?series\\_cd=3436&part\\_no=PM-L25-P](https://www3.panasonic.biz/ac/e/dl/catalog/index.jsp?series_cd=3436&part_no=PM-L25-P).
13. Двигатели асинхронные управляемые с короткозамкнутым ротором, встроенные в редуктор, типа РД-09, РД-09-А, РД-09-П, РД-09-ПА, РД-09-П2, РД-09-П2А. Паспорт 002.618ПС [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.td-electroprivod.ru/files/330/rd-09\\_ps.pdf](https://www.td-electroprivod.ru/files/330/rd-09_ps.pdf).
14. Proximity switches SIEN..., inductive [Електронний ресурс] // Festo. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.festo.com/cat/ru-uk\\_ua/data/doc\\_engb/PDF/EN/SIEN\\_EN.PDF](https://www.festo.com/cat/ru-uk_ua/data/doc_engb/PDF/EN/SIEN_EN.PDF).
15. BJ Series. Miniature and built-in amplifier for long sensing distance [Електронний ресурс] // Autonics. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.autonicsonline.com/image/pdf/BJ.pdf>.
16. Fiber Optic Cable [Електронний ресурс] // Autonics. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.autonicsonline.com/product/product&product\\_id=914](https://www.autonicsonline.com/product/product&product_id=914).
17. BF3RX. High accuracy fiber optic amplifier with twin adjuster [Електронний ресурс] // Autonics. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.autonicsonline.com/product/product&product\\_id=869](https://www.autonicsonline.com/product/product&product_id=869).
18. Преобразователь дискретных сигналов одноканальный PNP(NPN)... [Електронний ресурс] // ООО «ПРОМСАТ». – Режим доступу до ресурсу: [http://www.promsat.com/content/files/cat/promsat/NPN\\_PNP\\_univ\\_2.pdf](http://www.promsat.com/content/files/cat/promsat/NPN_PNP_univ_2.pdf).
19. ОВЕН ПР200. Пристрій керуючий багатofункціональний. Настанова щодо експлуатації [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: [https://owen.ua/uploads/112/re\\_oven\\_pr200\\_2-uk-59018-1.8.pdf](https://owen.ua/uploads/112/re_oven_pr200_2-uk-59018-1.8.pdf).

20. ОВЕН ПР200-24.2.X.X. Пристрій керуючий багатофункціональний. Коротка настанова [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: [https://owen.ua/uploads/112/kr\\_oven\\_pr200-24.2.x.x\\_2-uk-66176-1.3\\_a4.pdf](https://owen.ua/uploads/112/kr_oven_pr200-24.2.x.x_2-uk-66176-1.3_a4.pdf).
21. Mean Well Catalog. August 2020 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.meanwell.com/catalog/product/index.html#p=2>.
22. Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков ВА47-29. Краткое руководство по эксплуатации [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.iek.ru/products/catalog/modulnoe\\_oborudovanie/avtomaticheskie\\_vyklyuchateli/avtomaticheskie\\_vyklyuchateli\\_karat/avtomaticheskie\\_vyklyuchateli\\_va47\\_29/avtomaticheskie\\_vyklyuchateli\\_va47\\_29\\_khar\\_ka\\_b/vyklyuchatel\\_avtomaticheskii\\_va47\\_29\\_2r\\_3a\\_4\\_5ka\\_v\\_iek](https://www.iek.ru/products/catalog/modulnoe_oborudovanie/avtomaticheskie_vyklyuchateli/avtomaticheskie_vyklyuchateli_karat/avtomaticheskie_vyklyuchateli_va47_29/avtomaticheskie_vyklyuchateli_va47_29_khar_ka_b/vyklyuchatel_avtomaticheskii_va47_29_2r_3a_4_5ka_v_iek).
23. OWEN Logic (версия 1.13). Руководство пользователя [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://owen.ua/uploads/103/rp\\_owen\\_logic\\_13.pdf](https://owen.ua/uploads/103/rp_owen_logic_13.pdf).
24. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник / Фрайден Дж. – Москва: Техносфера, 2005. – 592 с.
25. Усатенко С. Т. Выполнение электрических схем по ЕСКД / С. Т. Усатенко, Т. К. Каченюк, М. В. Терехова. – Москва: Издательство стандартов, 1989. – 325 с.
26. Правила устройства электроустановок. Главы 1.1, 1.2, 1.7–1.9, 2.4, 2.5, 4.1, 4.2, 6.1–6.6, 7.1, 7.2, 7.5, 7.6, 7.10. – 7е изд. – М. : ЭНАС, 2013. – 552 с. – (Нормативная база).
27. <https://kompas.ru/>
28. <https://www.autodesk.com/products/inventor/>
29. <https://www.solidworks.com/>
30. <https://www.microsoft.com/en/microsoft-365/word>