

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет транспорту та механічної інженерії
Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»
ВДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТУ Ш25.1-АУА ДЛЯ
ФАСУВАННЯ ЦУКРУ – ПІСКУ**

спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМм-21
ЛЕВКОВ Віталій Ярославович

(підпис)

Керівник: к.т.н., доцент
Валецький Богдан Петрович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«___» _____ 2025р.
к.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: магістр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ПМ та М

_____ Р.РЕДЬКО

«_____» _____ 2025р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Левкову Віталію Ярославовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема кваліфікаційної роботи: *Вдосконалення автомату Ш25.1-АУА для фасування цукру - піску,*

Керівник роботи: *Валецький Богдан Петрович, доцент, к.т.н., затверджені наказом вищого навчального закладу від «14» червня 2025 р. № 391/01-07.*

1. Строк подання студентом роботи 01.12.2025 р

3. Вихідні дані до роботи: літературні джерела, патенти

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

Вступ. 1 Технічна частина, 2 Технологічна частина. 3 Конструкторська частина. 4.Експлуатаційна частина. Висновки та пропозиції

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Загальний вигляд автомату Ш25.1-АУА – лист ф.А1

Принципова пневматична , електрична та принципова схеми 1 лист ф.А1

Загальний вигляд вагового дозатора – лист ф.А1

Загальний вигляд лінії фасування – лист ф.А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

03.09.2025 р _____*КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН*

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми, огляд літератури із досліджуваної проблеми</i>	<i>15.09.25</i>	
2.	<i>Технічна частина</i>	<i>01.10.25</i>	
3.	<i>Технологічна частина</i>	<i>15.10.25</i>	
4.	<i>Конструкторська частина</i>	<i>25.10.25</i>	
5.	<i>Експлуатаційна частина</i>	<i>03.11.25</i>	
6.	<i>Розробка транспортно- складської системи ділянки</i>	<i>10.11.25</i>	
7.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>20.11.25</i>	
8.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>25.11.25</i>	
9	<i>Представлення кваліфікаційної роботи магістра до захисту</i>	<i>01.12.25</i>	

Студент _____
(підпис)*Левков В.Я.*
(прізвище та ініціали)Керівник роботи _____
(підпис)*Валецький Б.П.*
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Левков В.Я.: Вдосконалення автомату Ш 25.1- АУА для фасування цукру - піску. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота магістра складається із вступу, 5 розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел.

Робота спрямована на удосконалення системи автоматизованого керування фасувальним обладнанням, до складу якого інтегровано блок керування ваговим дозатором типу «Дискрет-46». Зазначений блок виконує функції регулювання та контролю технологічного процесу фасування цукру, забезпечуючи точність дозування та стабільність продуктивності.

Контроль рівня заповнення здійснюється за допомогою датчика рівня, встановленого безпосередньо у бункері. Сигнали від цього датчика надходять до системи керування, яка формує команди для електродвигуна конвеєра, регулюючи інтенсивність подачі продукту.

Блок керування ваговим дозатором отримує інформацію від датчика ваги, що забезпечує вимірювання маси порцій цукру. На основі цих даних система здійснює керування електродвигунами вібраційних механізмів дозуючого пристрою. Це дозволяє реалізувати високоточне фасування відповідно до заданої програми, зберігаючи при цьому необхідну продуктивність та якість процесу. Удосконалена система керування забезпечує комплексну автоматизацію процесу фасування, підвищує точність дозування, оптимізує роботу конвеєрного обладнання та сприяє стабільному функціонуванню виробничої лінії.

Ключові слова: фасувальний автомат, ваговий дозатор, блок керування, технологічний процес, тара.

ANNOTATION

Levkov V.Ya.: Improvement of the machine Sh25.1-AUA for packing sugar - sand. – Manuscript.

Qualification work of the master's degree in Applied Mechanics, speciality 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The master's thesis consists of an introduction, 5 chapters, conclusions and recommendations, and a list of references.

The thesis aims to improve the automated control system for packaging equipment, which includes a Discrete 46 weight dosing control unit. This unit regulates and controls the sugar packaging process, ensuring accurate dosing and stable performance.

A level sensor installed directly in the hopper controls the filling level. Signals from this sensor are sent to the control system, which generates commands for the conveyor motor, regulating the intensity of product feed.

The weight dosing unit control unit receives information from a weight sensor, which measures the mass of sugar portions. Based on this data, the system controls the electric motors of the dosing device's vibration mechanisms. This allows for high-precision packaging in accordance with the specified program, while maintaining the required productivity and quality of the process. The improved control system provides comprehensive automation of the packaging process, increases dosing accuracy, optimizes the operation of conveyor equipment, and contributes to the stable operation of the production line.

Keywords: automatic packaging machine, weighing dispenser, control unit, technological process, packaging.

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ	2
АНОТАЦІЯ	4
ЗМІСТ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Аналіз вихідних даних.....	10
1.2 Огляд аналогів вузлів, їх недоліки та шляхи удосконалення.....	11
1.3 Постановка задачі атестаційної роботи	15
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	16
2.1 Аналіз пакованої продукції та опис технології її пакування.....	16
2.2 Вибір пакувального матеріалу.....	17
2.3 Проектування споживчої та транспортної упаковки	20
2.4 Розробка технологічної схеми пакування	22
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	24
3.1 Опис конструкції та роботи технологічної лінії.....	24
3.2 Опис пневматичної та електричної схеми машини	29
3.3 Розрахунок продуктивності лінії.....	31
3.4 Опис конструкції та роботи модернізованого вузла машини	32
3.5 Розрахунок виконавчого механізму	35
РОЗДІЛ 4. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА	46
4.1 Монтаж, ремонт і умови експлуатації машини, особливості експлуатації модернізованого вузла	46
4.2 Розрахунок кількості обслуговуючого персоналу.....	50
4.3 Розрахунок матеріальних потоків	51
4.4 Розрахунок періодичності поповнення запасів матеріалів.....	52
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ТРАНСПОРТНО- СКЛАДСЬКОЇ СИСТЕМИ	
ДІЛЬНИЦІ.....	54
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	58
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
ДОДАТКИ.....	61

ВСТУП

Автоматизація виробництва являє собою найвищий етап розвитку машинної техніки, коли регулювання та керування виробничими процесами здійснюється без прямої участі людини, а лише під її контролем. Вона базується на створенні нових систем машин, оснащених засобами керування, що використовують електронні обчислювальні машини, прилади та автоматичні пристрої, і є одним із ключових напрямів науково-технічного прогресу.

Сучасний етап розвитку автоматизації характеризується формуванням комп'ютерно-інтегрованих виробництв. Основою таких систем виступають мікропроцесорні системи керування, функціональні можливості яких визначаються принципами інтеграції, розподіленого керування та застосування програмних комплексів. Об'єктом автоматизації є не окремий технологічний процес чи агрегат, а цілісний технологічний комплекс із багаторівневими взаємозв'язками між його підсистемами.

Досягнення в галузі автоматики та обчислювальної техніки зумовили появу апаратного підходу до автоматизації, який передбачає заміну функцій людини відповідними пристроями керування та контролю. При цьому технологічний процес і конструкція машини залишаються незмінними. Недоліком такого підходу є те, що традиційні технологічні процеси формувалися з урахуванням обмежених можливостей людини, що заклало низький потенціал для інтенсифікації виробництва, концентрації та суміщення операцій, а також використання спеціальних фізико-хімічних ефектів. Це призвело до появи значної кількості невдалих зразків обладнання, функціональні вузли яких лише копіювали дії людини.

Зростаючі вимоги до ефективності та надійності процесів фасування стимулюють широке застосування мікроконтролерів у системах керування фасувальних машин. Проектування таких систем є складним завданням, що потребує пошуку компромісів між технічними вимогами до якості керування

та обмеженнями щодо ваги, вартості й надійності. Розробка та вдосконалення методів проектування систем керування, які забезпечують отримання задовільних характеристик у прийнятні терміни, є актуальною науково-технічною проблемою.

У процесі фасування цукру його подача здійснюється конвеєрним шляхом у бункер накопичення з подальшою передачею продукту. Оператор повинен контролювати показники фасувальної машини та вручну здійснювати її запуск і зупинку, забезпечуючи безперервність подачі цукру. Пакування виконується двома робітниками на пакувальній машині, де з рулонного полімерного матеріалу формується пакет, наповнюється продуктом, здійснюється запаювання поперечного шва та його відрізання вручну за допомогою спеціального пристрою, після чого готова продукція відводиться транспортером.

Метою атестаційної роботи магістранта є вибір та обґрунтування системи автоматики, оптимальної для автоматичного регулювання процесу фасування та пакування цукру. Об'єктом дослідження виступає процес фасування та пакування сипких дрібноштучних продуктів у плівкову упаковку. Предметом дослідження є фасувально-пакувальна машина, зокрема вузли формування упаковки, фасування та пакування.

Теоретичні дослідження виконувалися із застосуванням класичних положень теоретичної механіки, опору матеріалів, а також теорії механізмів і машин, що забезпечує наукове підґрунтя для аналізу та проектування систем автоматичного керування.

Наукова новизна отриманих результатів – розроблено концепцію автоматизації процесу фасування та пакування цукру, що передбачає перехід від ручного керування оператором до інтегрованої системи автоматичного регулювання, Запропоновано оптимальну систему автоматики, яка забезпечує синхронізацію роботи вузлів подачі, фасування та пакування, що раніше виконувалося із значною участю людини, вдосконалено технологічну схему пакувальної машини шляхом введення автоматизованого вузла формування та

запаювання упаковки, що зменшує трудомісткість операцій та підвищує якість герметизації.

Особистий внесок магістранта: Основні результати і висновки, що становлять суть магістерської роботи, належать автору. Визначено мету і завдання досліджень, проведено розрахунок виконавчих механізмів удосконаленої системи керування, зокрема фасувального автомата, до якого підключено блок керування ваговим дозатором «Дискрет-46».

Результати дослідження були представлені на V студентській науково-технічній конференції факультету транспорту та механічної інженерії «Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії», 13 листопада 2025 р., м.Луцьк. Тема доповіді: «Шляхи вдосконалення автомата для фасування цукру-піску» [11].

У результаті детального аналізу існуючої схеми лінії фасування та пакування цукру і принципу її роботи було виявлено низку недоліків. Основними проблемами є ручне регулювання подачі продукту та ручне регулювання процесу зважування, що призводить до значних витрат часу та зниження коефіцієнта корисної дії робочої гілки.

Для усунення зазначених недоліків і забезпечення покращення умов праці, скорочення витрат часу та підвищення ефективності виробничого процесу пропонується впровадження автоматичного електронного дозатора. Такий пристрій дозволить здійснювати регулювання подачі цукру та його дозування в автоматичному режимі, що забезпечить стабільність технологічного процесу та підвищить рівень автоматизації системи керування фасуванням і пакуванням.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз вихідних даних

У сучасних умовах виробництва швидке зростання вимог до ефективності та надійності процесів фасування зумовлює широке застосування мікроконтролерів у системах керування фасувальними машинами. Проектування таких систем є складним завданням, що потребує пошуку оптимального балансу між технічними вимогами до якості керування та обмеженнями, пов'язаними з масою, вартістю й надійністю обладнання. Саме тому розробка та вдосконалення методів проектування систем керування, які дозволяють у прийнятні терміни отримати рішення з необхідними експлуатаційними характеристиками, є актуальною науково-технічною проблемою.

Вихідними даними дипломного проекту є лінія фасування та пакування цукру у полімерну упаковку. У процесі фасування продукт подається конвеєрним шляхом у бункер накопичення з подальшою передачею до фасувальної машини. Робітник повинен контролювати показники роботи обладнання та вручну здійснювати його запуск і зупинку, забезпечуючи безперервність подачі цукру.

Пакування здійснюється двома операторами на пакувальній машині. Технологічний процес включає формування пакета з рулонного полімерного матеріалу, його наповнення продуктом, запаювання поперечного шва та ручне відрізання за допомогою спеціального пристрою. Готова продукція відводиться транспортером.

Метою атестаційної магістерської роботи є вибір та обґрунтування системи автоматизації, яка забезпечить автоматичне регулювання процесів фасування та пакування цукру, що дозволить підвищити продуктивність, знизити витрати часу та покращити умови праці.

1.2 Огляд аналогів вузлів, їх недоліки та шляхи удосконалення

Електронні дозатори сипучих продуктів типу «ЕДСП-100» та «ЕДСП-200» призначені для реалізації дискретного дозування сипучих матеріалів у виробничих процесах. Їх функціональні можливості охоплюють формування дози у бункері з подальшим вимірюванням та цифровим відображенням її ваги. Дозатори забезпечують видачу сигналів типу «сухий контакт», що дозволяє інтегрувати їх у систему автоматичного керування, а також здійснюють керування електродвигунами живильника та шибера. Крім того, вони передають інформацію про вагу відпущених доз у систему контролю, що забезпечує точність і стабільність технологічного процесу..

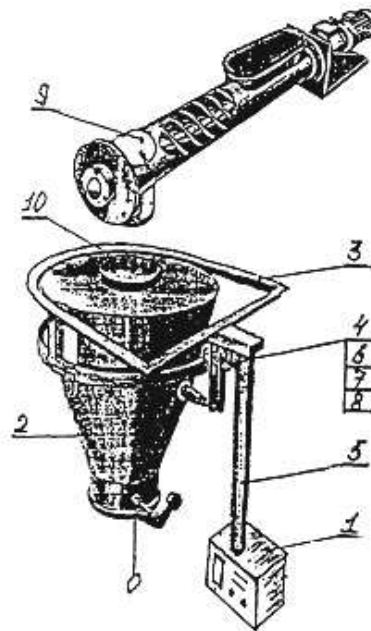


Рисунок 1.1 – Ваговий дозатор сипучих продуктів ЕДСП 100/200

Дозатор сипучих продуктів конструктивно складається з бункера з підвіскою та важільної системи ручного дозатора типу МД-100 або МД-200, а також пульта-контролера для керування його роботою. Пульт-контролер включає мікропроцесорний блок (контролер), датчик ваги (сили), клавіатуру керування та кабелі зв'язку, що забезпечують інтеграцію всіх елементів у єдину систему.

Основними складовими дозатора є бункер (поз. 2), система важелів (великий і малий важелі — поз. 4 та 6) та пульт-контролер (поз. 1), закріплений на стояку (поз. 5). Верхня частина бункера закрита кришкою, у якій під час монтажу вирізається отвір і приварюється патрубок (поз. 10), призначений для завантаження сипучого продукту, зокрема цукру-піску.

Подальший розгляд системи автоматизації доцільно здійснити на прикладі дозаторів із вібраційними живильниками, зокрема моделі СБ-71А, яка використовується для більш точного та стабільного дозування сипучих матеріалів (рис 1.2).

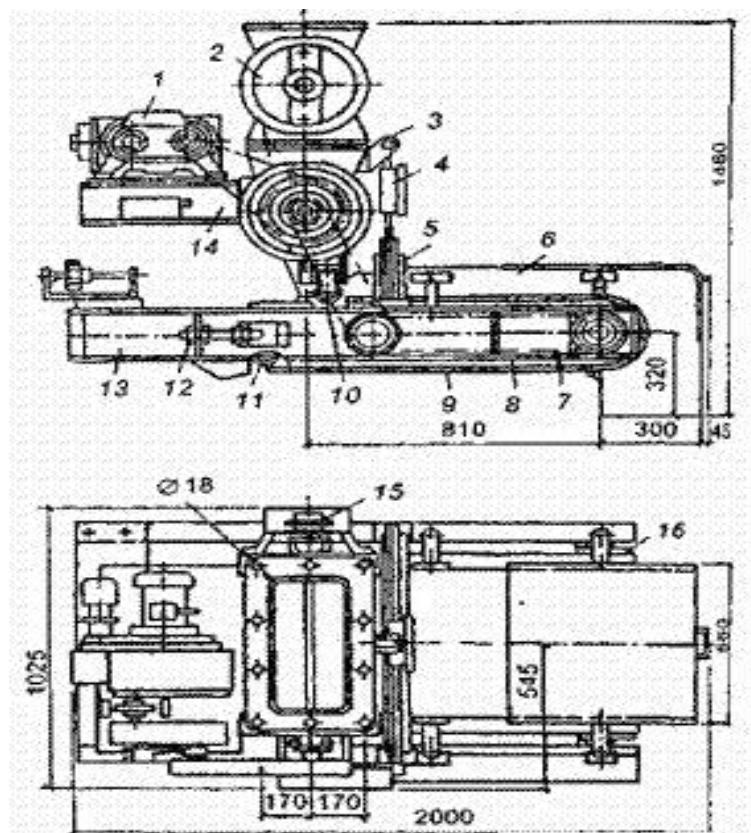


Рисунок 1.2 – Дозатор СБ-71 А. 1 - привід дозатора; 2 - живильник двухбарабанный; 3 - кронштейн; 4 - датчик зусилля; 5 - кронштейн на щоках конвеєра; 6 - навіс; 7 - ланцюгова передача; 8 - щока; 9 - стрічка; 10 - опори шарнірні; 11 - натяжна барабан; 12 - натяжна гвинт; 13 - ваговий конвеєр; 14 - двоступенева ланцюгова передача; 15 - ланцюгова передача, 16 - барабан привідний

Електромагнітні вібраційні живильники забезпечують високу точність та плавність регулювання подачі сипучого матеріалу завдяки можливості

змінювати амплітуду коливань. Їхня конструкція характеризується малою інерційністю та коротким часом спрацювання автоматичних систем, що дозволяє досягати швидкої реакції та високої точності дозування. Водночас основним недоліком таких живильників є обмежена продуктивність, яка не дозволяє використовувати їх у процесах із великим обсягом матеріалу.

Дозатор типу ДМ-3А (рис.1.3) призначений для випуску з бункера та дозування сипких, у тому числі пилоподібних продуктів. Його корпус виконаний як зварна конструкція, що складається з двох боковин із підшипниками, передньої та задньої стінок, одна з яких обладнана оглядовими люками для контролю роботи. Основним робочим органом є дозуючий барабан, який має шість секцій, розташованих уздовж його довжини та зміщених відносно одна одної на 10° по гвинтовій лінії. Привід барабана здійснюється переривчастим обертовим рухом від загального привода через храповий механізм, систему важелів і тяг, що забезпечує дозовану подачу матеріалу.

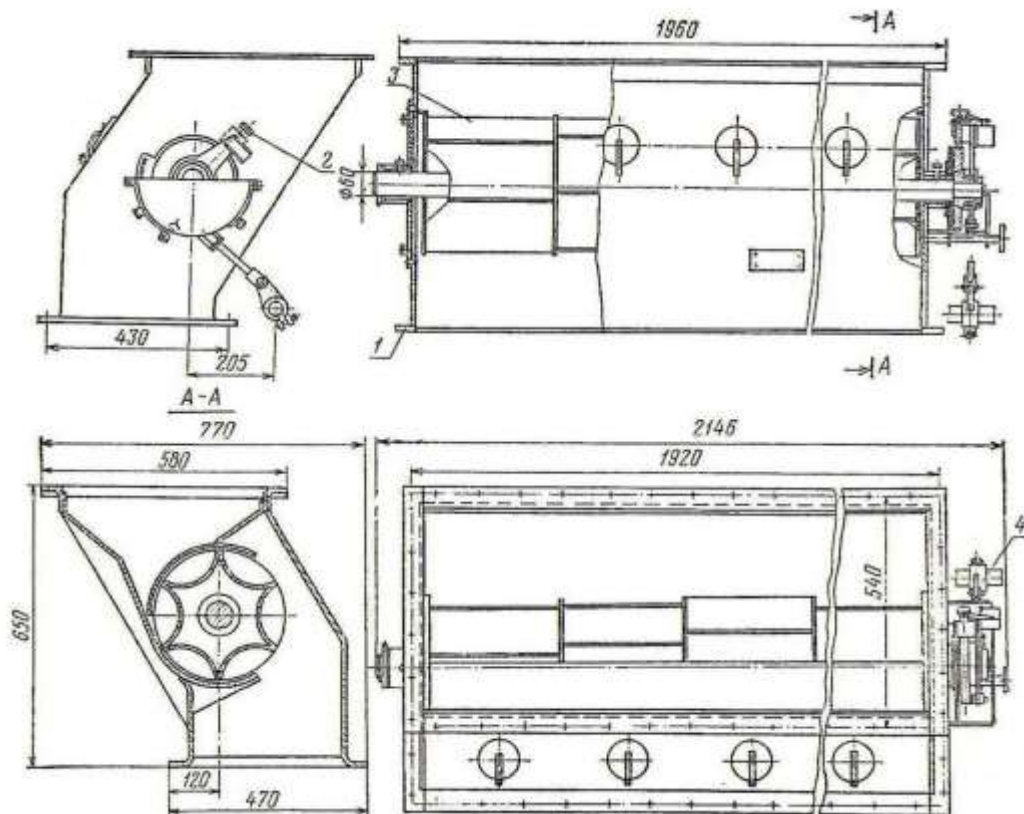


Рисунок 1.3 – Дозатор ДМ-3А: 1 – корпус; 2 – регулятор подачі; 3 – дозуючий барабан; 4 – привідний механізм.

Регулятор подачі 2 виконує функцію зміни величини кута повороту дозуючого барабана під час кожного робочого циклу. При ввімкненні привода продукт виходить із дозатора, а якщо дозатор встановлений безпосередньо над бункером, він одночасно виконує роль запірною та живильного пристрою. Конструктивне виконання дозатора може бути як з лівим, так і з правим розташуванням регулятора подачі, що визначається умовами монтажу та експлуатації.

До основних недоліків такого типу обладнання належать значні габаритні розміри (довжина перевищує 2 метри) та велика маса (понад 250 кг), що ускладнює його використання у виробничих лініях із обмеженим простором.

Подальший розгляд доцільно здійснити на прикладі шнекових дозаторів із вертикальним розташуванням шнека, яке є найбільш поширеним варіантом виконання. Такі дозатори забезпечують більш компактну конструкцію та стабільність подачі сипучих продуктів, що робить їх ефективними для автоматизованих систем фасування та пакування.

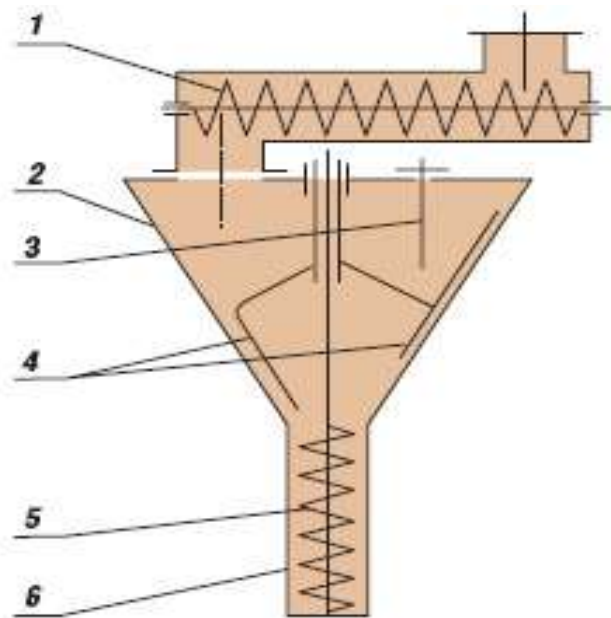


Рисунок 1.4 – Схема шнекового дозатора: 1 - живильний шнек;
2 - конічний бункер; 3 - датчик рівня продукту; 4 - лопатні мішалки;
5 - розташування шнеків; 6 - корпус дозуючого шнека

Шнекові дозатори з вертикальним розташуванням робочого органа застосовуються переважно для дозування важкосипких продуктів, які складно подавати іншими типами живильників. Навіть у класичному виконанні вони мають два суттєві недоліки: відносно низьку продуктивність та найменшу точність серед інших типів дозаторів.

Разом із тим, їхні переваги роблять конструкцію конкурентною у певних виробничих умовах. До основних переваг належать можливість роботи з продуктами специфічної структури, простота конструкції, що забезпечує легкість обслуговування, а також низька вартість виготовлення та експлуатації. Саме ці характеристики зумовлюють широке поширення шнекових дозаторів у галузях, де точність дозування не є критичною, але важливими є економічність та універсальність обладнання.

1.3 Постановка задачі кваліфікаційної роботи

У результаті аналізу існуючої схеми лінії фасування та пакування цукру було виявлено суттєві недоліки, пов'язані з ручним регулюванням подачі та зважування продукту. Такий підхід призводить до значних витрат часу та зниження коефіцієнта корисної дії робочої гілки.

Для усунення цих недоліків і підвищення ефективності виробничого процесу доцільним є встановлення автоматичного електронного дозатора. Його застосування дозволить:

- здійснювати регулювання подачі цукру в автоматичному режимі;
- забезпечити точне дозування продукту без участі оператора;
- знизити трудомісткість процесу та покращити умови праці;
- підвищити продуктивність і коефіцієнт корисної дії робочої гілки;
- удосконалити систему керування фасуванням і пакуванням за рахунок інтеграції сучасних засобів автоматики.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз пакованої продукції та опис технології її пакування

Цукор є одним із найважливіших харчових продуктів, який використовується щоденно як у чистому вигляді, так і як основний або допоміжний компонент у виробництві кондитерських, хлібобулочних та кулінарних виробів. Він широко застосовується у виготовленні карамелі, помадних цукерок, мармеладу, ірису, шоколаду, мучних кондитерських виробів, напоїв та морозива. Завдяки своїм поживним і смаковим властивостям цукор займає важливе місце в раціоні харчування людини, сприяючи гармонійному розвитку та підвищенню працездатності.

Основною сировиною для виробництва цукру є цукровий буряк відповідно до вимог ДСТУ 17421, а також цукор-сирець, що використовується згідно з технічними умовами контрактів. Цукор-пісок виготовляється з кристалами розміром від 0,2 до 2,5 мм, при цьому допускаються відхилення до 5% від маси продукту за межами зазначеного діапазону.

За органолептичними показниками цукор-пісок повинен відповідати встановленим вимогам: бути безбарвним, складатися з блискучих кристалів однакового розміру та мати характерний солодкий смак без сторонніх присмаків чи запахів.

Таблиця 2.1 – Органолептичні показники цукру – піску

Назва показника	Характеристика для	
	цукру - піску	цукру – піску для промислової переробки
Смак і запах	Солодкий, без по стороннього смаку та запаху, як в сухому цукрі, так і в його водному розчині	
Сипучість	Сипкий	Сипкий, допускаються грудки, які руйнуються при легкому дотику
Колір	Білий	Білий з жовтим відтінком
Чистота розчину	Розчин цукру повинен бути прозорим, без нерозчинного осаду або інших побічних домішок	

Якість цукру формується комплексом чинників, серед яких визначальними є якість вихідної сировини, дотримання технології виробництва, умови пакування, транспортування, зберігання та реалізації.

Оцінювання якості здійснюється за двома основними групами показників:

Органолептичні показники:

- зовнішній вигляд та колір;
- смак і запах;
- сипучість;
- розчинність та прозорість розчину.

Фізико-хімічні показники:

- масова частка цукрози;
- масова частка вологи;
- масова частка золи;
- показник забарвленості.

2.2 Вибір пакувального матеріалу

2.2.1 Вибір пакувального матеріалу для споживчої упаковки

Правильно організоване пакування продукції передбачає гармонійну відповідність між продуктом та його упаковкою. Для створення пакування, яке відповідає всім технічним та споживчим вимогам, необхідно здійснювати комплексний аналіз, що дозволяє оптимально визначити ключові елементи: вибір пакувального матеріалу, конструкцію та дизайн, метод виготовлення і пакування, особливості використання, умови розповсюдження та утилізації використаної тари.

Для забезпечення належних споживчих властивостей під час зберігання цукру застосовується поліпропіленова плівка, яка має низку переваг. Вона є антиоксидантною, характеризується високими бар'єрними властивостями, що гарантують тривале збереження харчових продуктів, має блискучу глянцевою поверхню та водостійкість. Матеріал придатний для використання в

автоматизованих системах пакування, зручний у застосуванні, економічний та забезпечує високі показники зварювання.

Поліпропіленова плівка ефективно захищає продукт під час транспортування та зберігання від негативних зовнішніх впливів, проникнення газів, парів води, рідин та комах. Вона є світло- та теплостійкою, повністю інертною щодо продукту, а також характеризується добрими оптичними та підвищеними фізико-механічними властивостями, що робить її оптимальним матеріалом для пакування цукру.

Таблиця 2.2 – Властивості поліпропілену

Властивість	Поліпропілен
Густина, т/м ²	0,910
Міцність під час розтягування, МПа	30
Відносне видовження, %	600
Модуль пружності, МПа	1400
Теплостійкість	80-130
Морозостійкість	-20

Споживча тара та упаковка призначені безпосередньо для реалізації товару населенню. Вони є невід'ємною складовою товару, входять у його вартість і після придбання переходять у повну власність споживача. Як правило, така упаковка не використовується для самостійного транспортування, а переміщується у складі транспортної тари, що забезпечує збереження продукції під час перевезення та логістичних операцій.

2.2.2 Вибір типу матеріалу для транспортної упаковки

Транспортна упаковка являє собою самостійну транспортну одиницю, яка використовується для перевезення товарів у споживчій упаковці або продукції без індивідуальної тари. Вона включає транспортну тару та допоміжні пакувальні засоби, що забезпечують збереження продукції під час транспортування.

Для перевезення цукру застосовується транспортна тара у вигляді ящика, виготовленого з тришарового гофрокартону з гофром типу «Т». Такий матеріал складається з двох плоских і одного гофрованого шару, що забезпечує високу міцність та надійність конструкції.

Основні переваги гофрованого картону та тари з нього:

- висока міцність при стискуванні;
- стійкість до ударних та вібраційних навантажень;
- підвищена стійкість до вологи та жиру;
- можливість штабелювання гофроящиків, що забезпечує ефективне використання об'єму транспортних засобів;
- простота маніпуляцій під час пакування та розпакування продукції;
- зниження транспортних витрат завдяки легкій вазі тари;
- універсальність застосування;
- можливість повторного використання;
- простота утилізації та повторної переробки як вторинної сировини.

Гофрований картон є універсальним пакувальним матеріалом, який можна різати та складати у різні конфігурації без обмежень щодо розмірів. Він поєднує високу структурну міцність із добрими амортизаційними властивостями, що забезпечує надійний захист продукції під час транспортування та зберігання. Виготовлений із натуральних матеріалів, гофрокартон легко піддається переробці, що робить його найбільш екологічно безпечним матеріалом у пакувальній промисловості.

Альтернативним видом транспортної упаковки є термоусадкова плівка. Її ключовою властивістю є здатність до термоусадки — процесу зменшення розмірів при нагріванні попередньо обробленої полімерної плівки. Товщина таких матеріалів варіюється: поліолефінові плівки мають товщину від 12,5 до 30 мкм, а полівінілхлоридні — близько 50 мкм. Плівки зварюють, а в обгортці роблять отвори для видалення повітря під час усадки.

Термоусадкова плівка ефективно запобігає механічним пошкодженням вантажів у процесі транспортування, має стерильність та високі бар'єрні властивості. Недоліком полівінілхлоридних плівок є необхідність їх зберігання та використання лише при кімнатній температурі. Поліолефінові плівки, навпаки, характеризуються високою стабільністю розмірів навіть при тривалому зберіганні.

Таким чином, гофрований картон і термоусадкова плівка є двома найбільш поширеними матеріалами для транспортної упаковки, які поєднують захисні, технологічні та екологічні властивості, забезпечуючи збереження продукції на всіх етапах логістичного процесу.

2.3 Проектування споживчої та транспортної упаковки

Споживча упаковка для цукру виконується у вигляді пакета з поліпропіленової плівки. Конструктивно він має пласку форму з двома поперечними та одним поздовжнім зварним швом, що забезпечує герметичність і міцність. Такі пакети характеризуються високими механічними властивостями, зручністю у використанні, економічністю та екологічною безпечністю. Завдяки цим перевагам поліпропіленові пакети широко застосовуються у харчовій промисловості, забезпечуючи надійне зберігання та транспортування цукру.

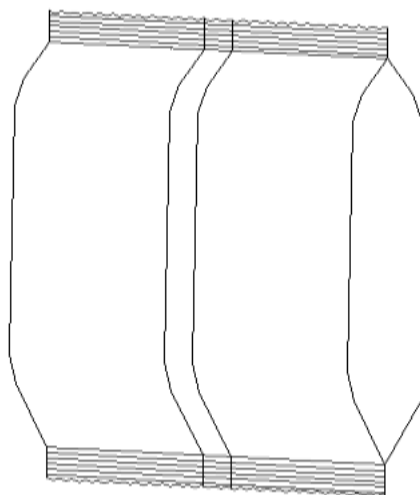


Рисунок 2.1 – Пакет з поліпропілену

Габаритні розміри пакету становлять 120×65×275 мм. Маса наповненого пакета - 1000 г. На пакеті містися наступна інформація: торгівельна марка; назва продукту; завод– виробник та його адреса; маса нетто; умови зберігання; калорійність; вміст вуглеводів; штрихкод; позначення нормативного документу, згідно якого вироблено продукт; дата виготовлення; дата розфасування; термін придатності.

Необхідний тип та вид транспортної тари вибирається із набору стандартних типів коробок, ящиків, лотків, що заданий ДСТУ та європейською системою FEFCO – ASSCO - 0201 . Це складаний ящик спрощеної конструкції (рис. 1.2) виконаний з одного розкрою з клапанами кришки і дна, з боковим швом, що скріплюється клейкою стрічкою. В даному випадку використовується гофр класу Т (тарний і пакувальний картон), що переважно використовується у ролі транспортної тари. Ящики із такого картону зазвичай підбираються для різних продовольчих товарів (ДСТУ 9142: 2019). Транспортна тару поміщає 10 упаковок: 2 рядів по 5 пакети. Габарити споживчої упаковки 120×65×275 мм. Отже транспортної буде – 240×325×550мм. Остаточню приймаємо – 240×330×550 мм.

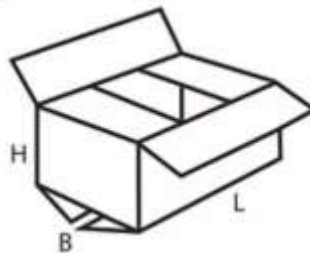


Рисунок 2.2 – Транспортна тара

Визначим загальну масу наповненої транспортної тари :

$$M = n m + g,$$

де M – загальна маса ящика, кг ;

n – кількість упаковок у ящику ;

m – маса нетто продукту у споживчій тарі, кг ;

g – вага порожньої транспортної тари, кг.

$$M = 10 \cdot 1 + 0,300 = 10,3 \text{ кг.}$$

2.4 Розробка технологічної схеми пакування

Технологічний процес пакування цукру є комплексом взаємопов'язаних операцій, що забезпечують формування споживчої тари та її наповнення продуктом. Послідовність дій включає:

Розмотування з ролону – підготовка пакувального матеріалу до роботи.

Контроль покрокової подачі плівки – забезпечення рівномірного руху матеріалу для точного формування пакета.

Дозування продукту – подача необхідної кількості цукру відповідно до заданих параметрів.

Формування плівки в рукав – створення заготовки пакета шляхом згортання плівки.

Зварювання поздовжнього шва з одночасним наповненням продуктом – герметизація пакета та його заповнення цукром.

Утворення поперечного шва з протягуванням рукава на крок – формування завершальної частини пакета та відділення дози.

Відведення готового продукту транспортером – переміщення упакованого цукру для подальшого складування чи транспортування.

Структурна схема процесу фасування і пакування цукру дана на рис. 2.3.

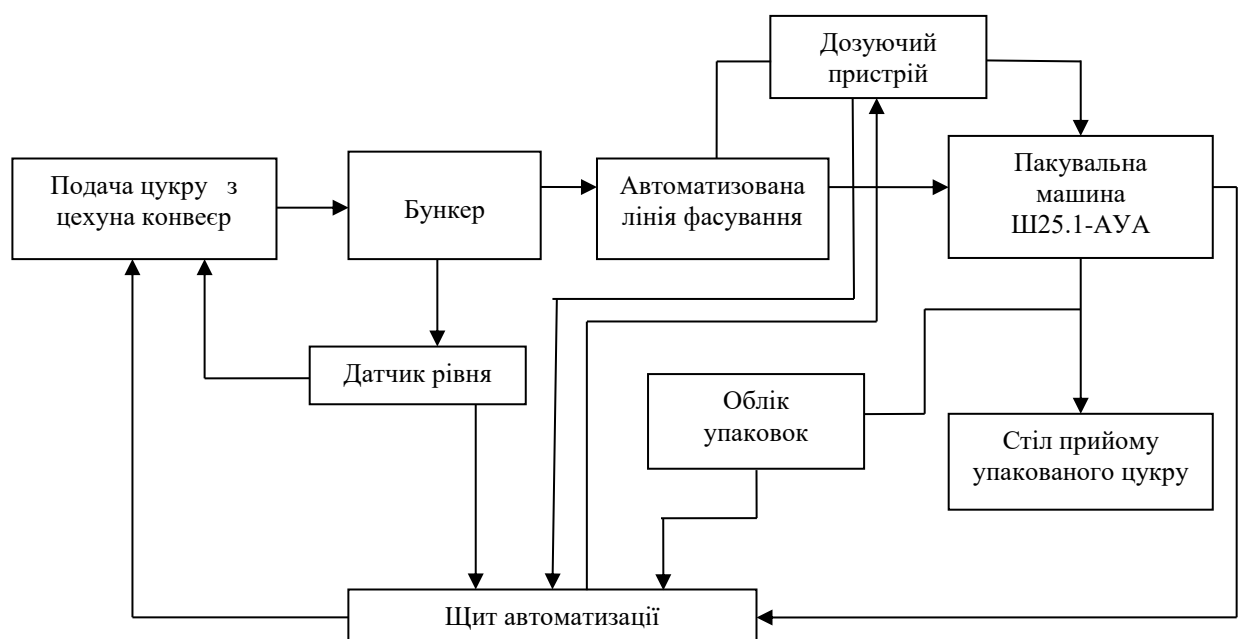


Рисунок 2.3 – Структурна схема процесу фасування і пакування цукру

Технологічний процес фасування та пакування цукру можна представити як чітку послідовність дій, що забезпечує формування готової споживчої продукції:

– Приймальний бункер (3): продукт надходить у бункер, де за допомогою регулюючих заслонок, вібраційного каналу та вагової платформи формується необхідна доза.

– Рулонотримач (1): з нього розмотується поліпропіленова плівка, яка подається на рукавоутворювач.

– Рукавоутворювач (4): надає плівці форми для створення пакета.

– Зварні губки (5): здійснюють зварювання поздовжнього шва з одночасним наповненням пакета продуктом.

– Фасування продукту: доза цукру з проміжного бункера подається у сформований пакет.

– Поперечний шов (6): виконується його зварювання з одночасним відрізанням готового пакета та формуванням дна наступного.

– Готова продукція (7): після завершення пакування пакет падає на відповідний транспортер.

– Відвідний транспортер (8): переміщує готову продукцію на наступні операції (складування, маркування, транспортування).

Таблиця 1.5 – Нормування технологічних операцій пакувальної машини

№	Операція	Тривалість, с
005	Подача конвеєром продукту	1
010	Формування порції	2,4
015	Подача продукту до пакету	1
020	Протягування плівки	1
025	Формування рукава	0,6
030	Зварювання поздовжнього шва	1,2
035	Зварювання поперечного шва	1,2
040	Відвід готової продукції	3
	Всього : t_o	11,4

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Опис конструкції та роботи технологічної лінії

Опис роботи конвеєра VD1k можна подати у вигляді структурованого технологічного процесу: Призначення: транспортування цукру-піску зі складу до бункера фасувального пристрою. Завантажувальний бункер: приймає продукт зі складу та забезпечує його подачу на конвеєр. Регулювання рівня продукту: здійснюється вручну обслуговуючим працівником шляхом вмикання та вимикання приводу транспортера.

Принцип роботи: при зниженні рівня цукру до встановленої межі оператор запускає конвеєр; після наповнення бункера до необхідного рівня конвеєр зупиняється.



Рисунок 3.1 – Конвеєр подачі VD1k

Перед початком роботи встановлюється необхідна швидкість руху транспортера. Продукт до нього потрапляє безперервно.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика

№ п/п	Технічні параметри	Значення
1	Висота підйому продукту мм	до 3000
2	Габаритні розміри мм	2600×1130×3000
3	Напруга В	380
4	Режим роботи	8
5	Маса кг	300
6	Потужність кВт	0,55

Опис роботи пакувальної машини.

Машина пакувальна Ш25.1 – АУА є вертикальним обладнанням, призначеним для фасування сипучих, непильних продуктів у полімерний плівковий матеріал. Її експлуатація здійснюється в закритих, опалюваних і провітрюваних приміщеннях, які повинні відповідати вимогам замовника:

- категорія приміщення по вогнебезпеці – «В»;
- класифікація по ПУ – 11–11а;
- температура навколишнього середовища +20 °С (±7 °С);
- відносна вологість повітря – не більше 60% при +25 °С;
- якість електроенергії – згідно з ДСТУ 13109-87.

Принцип роботи. Пакування здійснюється шляхом формування пакета з рулонного полімерного матеріалу, його наповнення продуктом, запаювання поперечного шва та одночасного відрізання готової упаковки.

Основні конструктивні вузли машини. Вузол розмотування плівки – складається з валу, двох конічних втулок і підшипникових опор. На вал між втулками встановлюється рулон плівки, після чого вал монтується на опори.

Вузол формування рукава – включає комір та трубу, закріплену на кронштейні, які формують плівку у рукав.

Вузол зварювання поздовжнього шва – складається зі зварювального ножа, підкладки, закріпленої на трубі, та механізму притискання.

Вузол зварювання поперечного шва та одночасного відрізання – забезпечує герметизацію пакета і його відділення від рукава.

Наповнюючий пристрій (ваговий дозатор) – відповідає за точне дозування продукту.

Приймальний столик – служить для збору готових пакетів.

Панель керування – забезпечує управління всіма вузлами машини.

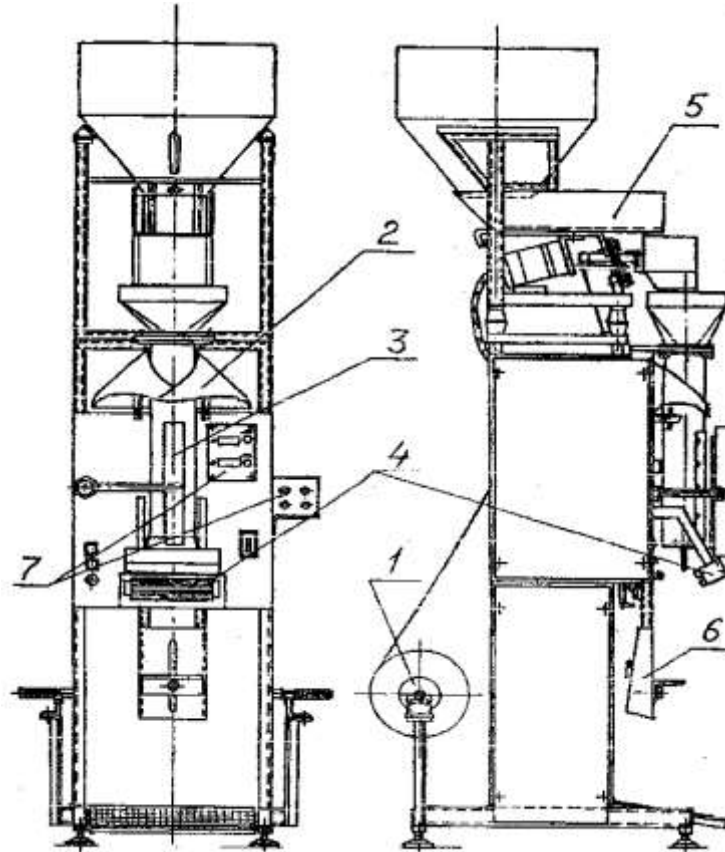


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд вертикальної пакувальної машини

Ш25.1. – АУА: 1- вузол розмотки плівки; 2- вузол формування рукава;

3- вузол зварки повздовжнього шва; 4- вузол зварки поперечного шва;

5- дозатор; 6- приймальний столик; 7- панель керування.

Вузол зварювання поперечного шва складається із зварювальних колодок та підкладок, закріплених на ручках, механізму їх переміщення з ручкою керування. Додатково включає кінцевий вимикач, який забезпечує автоматичне вмикання колодки та зварювальних ножів у потрібний момент. Це гарантує герметичність пакета та точність відділення готової упаковки.

Дозуючий пристрій виконаний у вигляді лінійного вагового дозатора, який забезпечує напівавтоматичне наповнення пакета. Така конструкція

дозволяє досягати високої точності дозування та стабільності процесу фасування.

Таблиця 3.2 – Загальна характеристика вертикальної пакувальної машини

Основні технічні характеристики	Значення
Напруга електромережі	220
Частота струму, Гц	50
Установлена потужність, кВт, не більше	0,7
Зовнішній діаметр рулону, мм	250-350
Габаритні розміри, мм	900×1700×2700
Маса, кг	350
Допустима погрішність наповнення пакету, гр до	1,0
Потужність, пак/хв	до12
Змінні технічні характеристики	
Маса дози, гр	від 25 до 1500
Ширина рулону, мм	250-400
Тип пакувальної плівки	
Поліетилен товщиною, мкм	20-60
Поліпропілен товщиною, мкм	30-50
Розміри пакету:	
Довжина, мм	100-280
Ширина, мм	100-165
Потужність, цикл/год	600

Приймальний столик з регулюючим упором служить для регулювання висоти пакетів при ручній протяжці плівки та прийманні готових виробів. Це забезпечує зручність роботи оператора та правильне розташування продукції для подальших операцій.

Панель керування розташована з правого боку машини і призначена для встановлення оптимальних режимів роботи, зокрема параметрів пайки та обрізки пакетів. Електронний блок керування змонтований збоку на каркасі і забезпечує подачу сигналів до виконавчих механізмів. Для виключення ручного фасування цукру на дозаторі встановлюється електронний дозуючий пристрій типу «Дискет-46». Лінійний ваговий дозатор закріплений над пакувальною машиною та складається з приймального бункера, регулюючої заслонки, вібратора, вібраційного каналу, віброізоляційної підвіски і вагової

платформи із заслінкою. Продукт із конвеєра надходить у приймальний бункер, проходить через віброканал і потрапляє на вагову платформу. Після досягнення заданої дози заслінка відкривається, і відмірена порція через продуктопровід надходить у пакет. Дозування здійснюється у три фази: на першій фазі відбувається грубе дозування з високою продуктивністю вібратора, після досягнення трьох чвертей заданої ваги процес переходить у фазу точного дозування, а на завершальному етапі проводиться корекція маси шляхом досипання або припинення подачі продукту. Запуск роботи здійснюється натисканням кнопки на блоці керування, після чого електричний сигнал надходить на електродвигун дозатора.

Опис відповідного транспортера OD1.



Рисунок 3.3 – Відвідний транспортер OD1

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика

№ п/п	Технічні параметри	Значення
1	Висота підйому продукту, мм	до 1100
2	Напруга, В	230
3	Потужність, кВт	0,4
4	Габаритні розміри, мм	1500×650×870
5	Маса, кг	80

До пакувальної машини приєднується відповідний транспортер, який забезпечує переміщення готових пакетів на наступні технологічні операції. Уся лінія функціонує як єдиний комплекс і підключена до електричного щита керування. На цей щит надходять сигнали від датчика обліку упаковок, що контролює кількість виготовленої продукції, а також сигнали з дозуючого пристрою, які синхронізують процес фасування та пакування. Така інтеграція дозволяє здійснювати централізоване керування лінією, забезпечує узгодженість роботи окремих вузлів і підвищує ефективність виробничого процесу.

3.2 Опис пневматичної та електричної схеми машини

Принцип роботи автомата «Ш25.1 – АУА. Плівка подається на рукавоутворювач, де формується рукав. Переміщення рукава здійснюється механізмом, який відводиться пневмоциліндром, після чого плівка зупиняється. У цей момент виконується повздовжнє зварювання плівки та поперечне зварювання пакета з одночасним його відрізанням. Далі цикл повторюється, забезпечуючи безперервність процесу пакування.

Автомат укомплектований чотирма пневмоциліндрами: один використовується для зварювання вертикального шва, один для переміщення механізму протягування та два для зварювання поперечного шва. Крім того, він містить шість дроселів і три пневморозподільники, що забезпечують регулювання та розподіл потоків стисненого повітря.

Вузол підготовки повітря включає кран, фільтр-вологорозділювач, стабілізатор тиску, манометр та масло розпилювач. Така система гарантує стабільну роботу пневматичних елементів, підтримання необхідних параметрів тиску та чистоти повітря, що є критично важливим для надійності та довговічності пакувального обладнання.

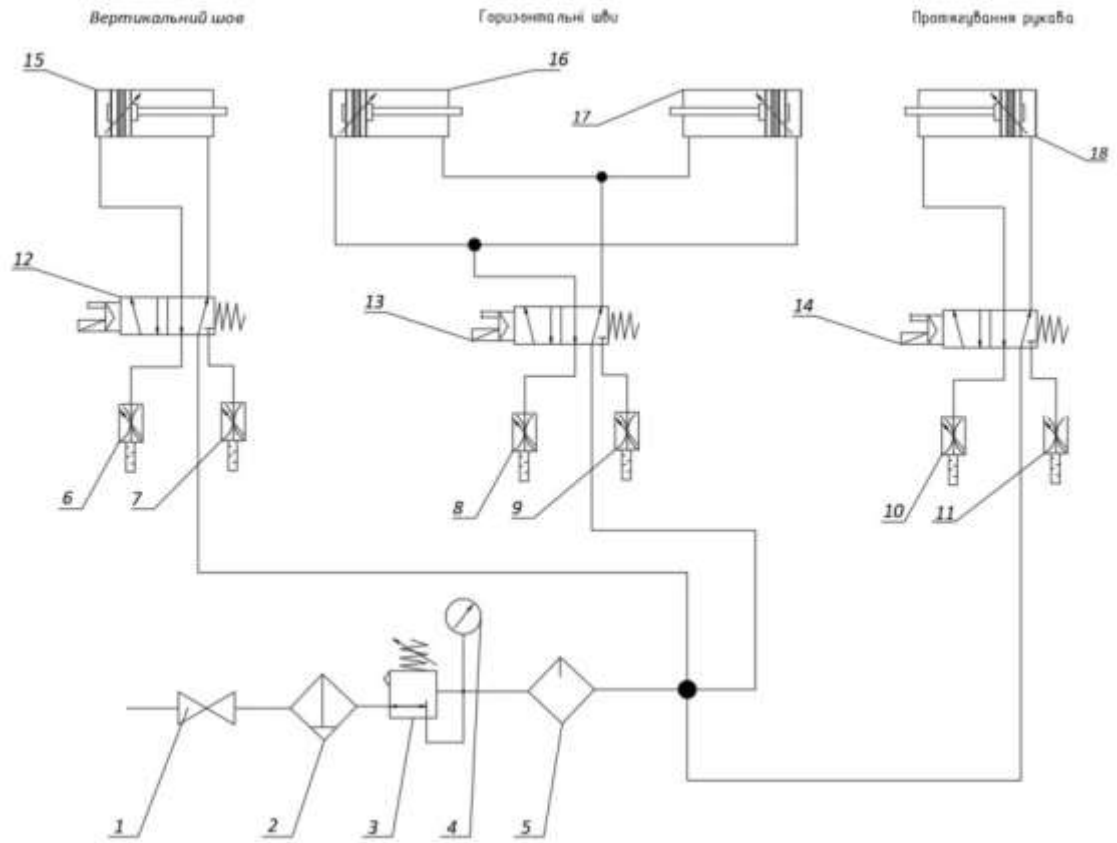


Рисунок 3.4 – Пневматична схема автомату Ш25.1 – АУА

Принципова електрична схема наведена на рис. 3.5.

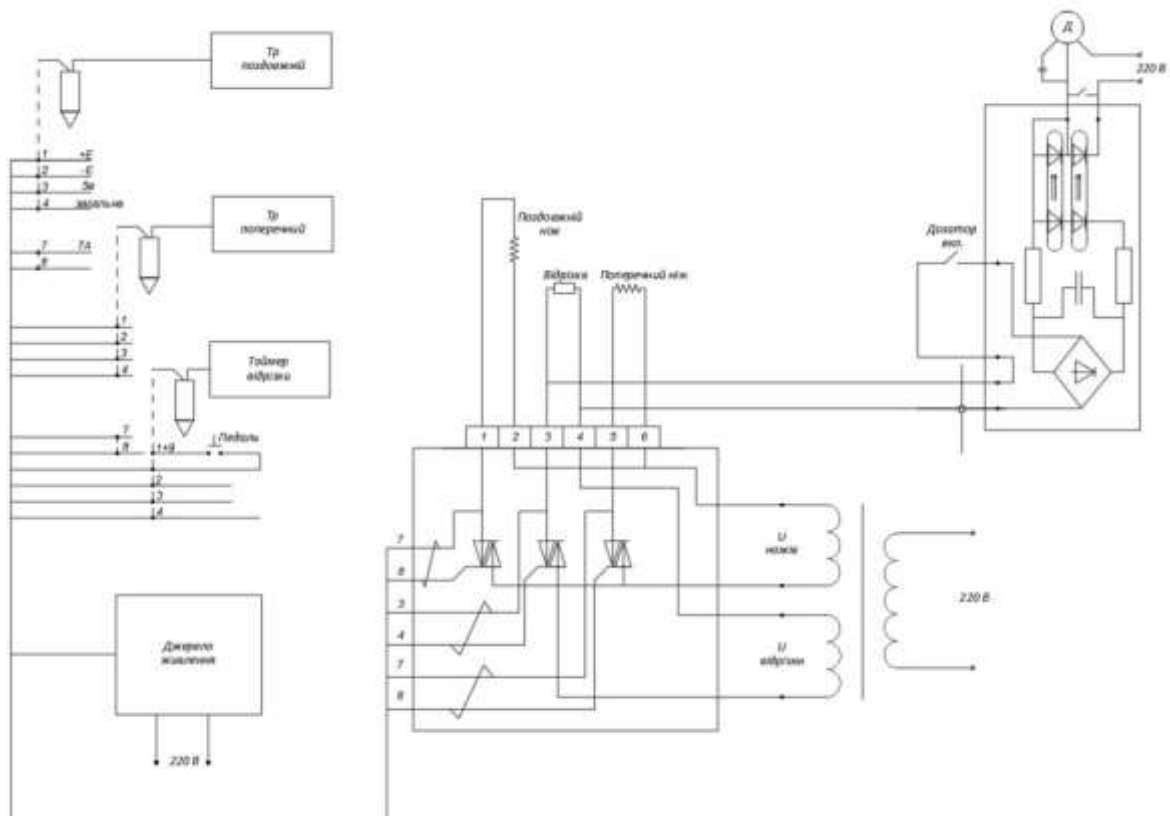


Рисунок 3.5 – Схема електричних з'єднань вертикальної пакувальної машини

Перед початком роботи пневмоциліндри губок поперечного та повздовжнього зварювання, а також механізму протяжки встановлюються у вихідне положення. Цикл пакування розпочинається із зварювання повздовжнього шва. Пневморозподільник 12 подає стиснене повітря в ліву камеру пневмоциліндра вертикального зварювання, який переміщує нагрівач і притискає зварювальну губку до плівки. У кінці ходу поршень активує мікровимикач, що відкриває пневморозподільник 13, який приводить у дію пневмоциліндри 16 та 17 для стискання губок поперечного зварювання.

Після завершення ходу пневмоциліндр 16 вмикає мікровимикач, який подає сигнал на пневморозподільник 12. Той перемикає напрям подачі повітря і відводить пневмоциліндр повздовжнього зварювання у вихідне положення. Далі пневмоциліндр 15 у кінці ходу активує мікровимикач, що запускає пневмоциліндр 14. Останній подає повітря в пневмоциліндр 18, який приводить у рух механізм протягування плівки на один крок.

Тривалість притискання механізму протягування контролюється фотодавачем, який зчитує мітки на плівці. У кінці ходу пневмоциліндр 18 вмикає мікровимикач, що подає сигнал на пневморозподільник №13, і починається подача повітря в пневмоциліндри 16 та 17 для їх розімкнення. Після завершення ходу пневмоциліндр 17 активує мікровимикач, який запускає пневморозподільник 14. Той подає повітря в пневмоциліндр 18, що повертає механізм протягування у початкове положення. Коли спрацьовує фотодавач, пневмоциліндр 17 вмикає мікровимикач, який керує пневморозподільником 14, що подає повітря в іншу камеру пневмоциліндра 17 для його відведення.

3.3 Розрахунок продуктивності лінії

Продуктивність технологічної лінії являє собою кількість продукції, що випускається і одиницю часу.

Циклову продуктивність визначаємо за формулою:

$$Q_u = \frac{P}{T}$$

де P – кількість виробів за один робочий цикл;

T - тривалість технологічного циклу.

Для того, щоб визначити продуктивність лінії, необхідно визначити машину з найменшою продуктивністю. В даній лінії встановлені:

- Завантажувальний конвеєр;
- Ваговий дозатор
- Пакувальна машина ;
- Відвідний транспортер;

Циклові продуктивності даних машин шт/год, утворюють послідовність:

3600 – 1058 – 900 - 1200

Тривалість робочого циклу кожної з технологічних машин складає:

$$1c - 3,4c - 4c - 3c$$

Отже, циклова продуктивність такої лінії буде 900 шт/год.

Визначимо значення коефіцієнта готовності даної лінії: коефіцієнти готовності кожного з автоматів є приблизно рівними і дорівнюють 0,95.

$$\text{Звідси : } K_{\Gamma} = 1 / (1 + n (1 / K_{\Gamma i} - 1)) = 0,83 \quad (3.2)$$

$$K_{\Gamma} = 1 / (1 + 4 (1 / 0,95 - 1)) = 0,83;$$

Технічна продуктивність лінії :

$$Q_{\Gamma} = Q_{\text{ц}} \cdot K_{\Gamma} = 900 \cdot 0,83 = 747 \text{ шт/год}$$

$$(3.3)$$

де $n=4$ - кількість автоматів;

$K_{\Gamma i} = 0,95$ - коефіцієнт готовності i -го автомату ;

$Q_{\text{ц}}$ - циклічна продуктивність лінії.

3.4 Опис конструкції та роботи модернізованого вузла машини

Удосконалення системи керування фасувальним пристроєм здійснено шляхом інтеграції в дозатор пакувальної машини електронного автоматичного дозуючого пристрою типу «Дискрет-46». Це дозволяє автоматизувати процес подачі та дозування цукру, забезпечуючи високу точність і стабільність роботи лінії пакування (рис.3.6).



Рисунок 3.6 – Електронний дозуючий пристрій «Дискрет-46»

Блок керування ваговим дозатором «Дискрет-46» є універсальним програмованим пристроєм, призначеним для автоматизації процесів дозування сипучих продуктів у споживчу тару масою до 5 кг. Він може застосовуватися як у складі дозувальних, так і автоматичних пакувальних машин, забезпечуючи точність і стабільність роботи.

Основні характеристики. Вимірювальна частина: розрахована на підключення тензометричного датчика ваги з номінальним діапазоном до 5 кг і робочим коефіцієнтом передачі 2 мВ/В. Допускається використання датчиків до 10 кг.

Точність: при датчику на 1 кг апаратна точність становить $\pm 0,1$ г. При збільшенні діапазону датчика точність знижується. Оптимізація можлива за рахунок вибору датчиків із меншим діапазоном або більшим РКП.

Стабілізація: протягом перших 30 хвилин після включення відбувається «прогрів» датчика, у цей час калібрування та дозування не проводяться.

Дискретність вимірювання: 0,1 г.

Керування виконавчими пристроями

Має 8 силових каналів для керування зовнішніми пристроями з живленням 24 В та струмом до 3 А.

Канали 1 – 4 – привід розвантажувального пристрою;

Канал 5 – керування вібратором 1;

Канал 6 – керування вібратором 2;

Канал 7 – сигнал «Доза готова» або «Перевага»;

Канал 8 – керування перекриттям потоку продукту або вібратором 3.

Керування можливе через оптосімістори, реле, двигуни постійного та крокові двигуни, а також пневматичні пристрої.

Синхронізація з пакувальним автоматом. Використовуються зовнішні сигнали: «ГОТОВИЙ» (вихідний), «РОЗВАНТАЖЕННЯ» і «БЛОКУВАННЯ» (вхідні).

Сигнал «ГОТОВИЙ» формується після завершення дозування, «РОЗВАНТАЖЕННЯ» – для розвантаження ковша.

Для роботи кількох дозаторів передбачено сигнал «БЛОКУВАННЯ».

Додаткові сигнали «ПУСК» і «СТОП» забезпечують запуск, зупинку та аварійне відключення.

У ручних машинах сигнал «РОЗВАНТАЖЕННЯ» може подаватися від педалі або кнопки.

Відмінності та сумісність

«Дискрет-46» є функціональним аналогом моделі «Дискрет-43», але має вдосконалену вимірювальну схему та цифровий фільтр, що підвищує точність і знижує вплив механічних перешкод.

Сумісний із моделями «Дискрет-4», «Дискрет-40», «Дискрет-41» та «Дискрет-43».

Початкові установки

Привід розвантажувального пристрою – кроковий двигун (можливі варіанти з двигунами постійного/змінного струму, електромагнітами, пневмопристроями).

Подаючий пристрій – електромагнітний вібратор (допускаються альтернативні варіанти).

Калібрування нуля шкали – ручне у режимі очікування (можливе поєднання з автоматичним).

Контрольна перевірка ваги ковша – вимкнена (може бути активована).

Датчик ваги – номінал до 5 кг, максимальна вага продукту 2000 г (налаштування можливе до 10 кг і 5000 г).

Керування шторкою та вібратором 3 – вимкнено (може бути включено).

Затримка дозування щодо сигналу «ПУСК» – вимкнена (або включена).

Максимальний рівень амплітуди вібрації – 100 (в діапазоні 40 – 90).

Сигнал на виході «Доза» – «ДОЗА ГОТОВА» (є сигнал «Перевага»).

Частота зрізу вхідного фільтра – 13 Гц (6,5 або 2,6 Гц).

Цей блок керування забезпечує високу точність дозування, гнучкість налаштувань і сумісність із різними моделями дозаторів, що робить його ефективним рішенням для автоматизованих ліній пакування цукру.

3.5 Розрахунок виконавчого механізму

Основним елементом модернізованої лінії фасування цукру є лінійний ваговий дозатор, який забезпечує точне відмірювання порцій сипкої продукції. Технологічна операція дозування складається з послідовних етапів: спочатку продукція переміщується з бункера-накопичувача (рис. 3.7), далі транспортується живильником до зважувальної ємності, у якій здійснюється набір заданої дози, після чого відбувається розвантаження ємності у пакувальний матеріал.

Для досягнення високої точності дозування застосовується грубо-точна технологічна схема формування дози. Відповідно до цієї схеми маса дози умовно поділяється на дві складові. Основна частина дози M формується при максимальних витратах продукції, що забезпечує швидке наповнення зважувальної ємності – це етап грубого дозування. Завершальна частина дози M_2 набирається при знижених витратах і відносно повільному надходженні продукту, що дозволяє скоригувати масу та досягти необхідної точності.

Таким чином, поєднання грубого та точного дозування забезпечує оптимальну продуктивність фасувального автомату при одночасному дотриманні високих вимог до точності відмірювання цукру.

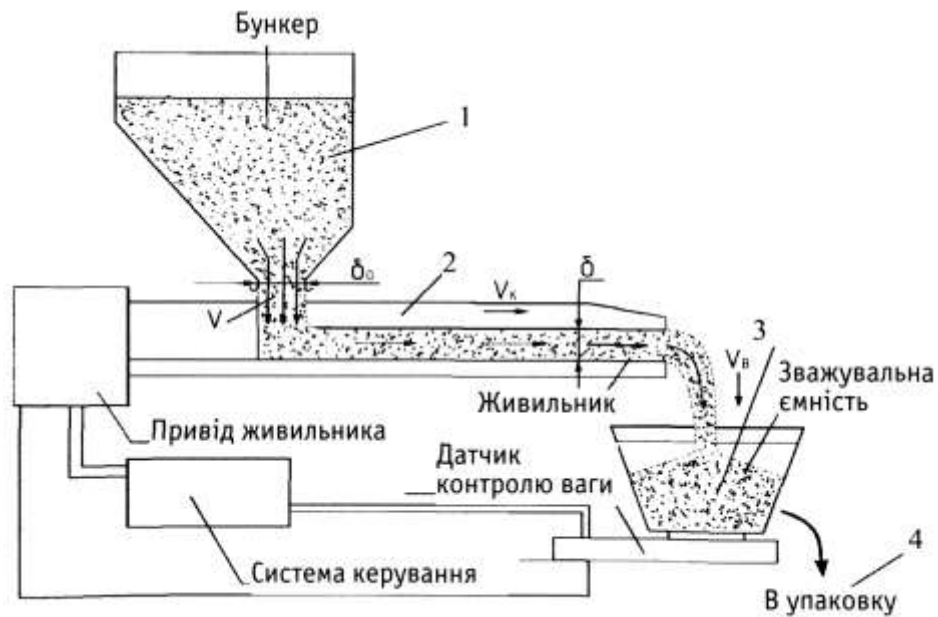


Рисунок 3.7 – Структурна схема вагового дозатора: 1 – бункер-накопичувач; 2 – живильник; 3 – зважувальна ємність; 4 – споживча упаковка

Розрахунок параметра швидкості v витікання сипкої продукції із випускного отвору бункера:

$$v = \lambda \cdot \sqrt{2 \cdot \left[\frac{1+f^2}{f} \cdot \left(R_k \cdot g - \frac{\tau_0}{\rho} \right) - \frac{\tau_0}{\rho} \cdot \sqrt{1+f^2} \right]}$$

де $\lambda=0,65$ - коефіцієнт переміщення продукції, що залежить від структурно-механічних характеристик продукції;

$f=0,85$ - коефіцієнт тертя продукції по бічним стінкам вихідного каналу бункера;

$R_k=0,074$ м - розрахунковий узагальнений лінійний розмір отвору.

$$v = 0,65 \cdot \sqrt{2 \cdot \left[\frac{1+0,85^2}{0,85} \cdot \left(0,074 \cdot 9,8 - \frac{0,05}{800} \right) - \frac{0,05}{800} \cdot \sqrt{1+0,85^2} \right]} = 1,12 \text{ м/с},$$

У конструкції вагових дозаторів отвори випускних каналів бункерів найчастіше виконуються у вигляді прямокутної щілини довжиною B_0 та шириною δ_0 . При цьому довжина щілини відповідає ширині вантажонесучого елемента живильника, що забезпечує рівномірний розподіл потоку сипкої продукції.

У дозаторах ширина δ_0 регулюється автоматично за допомогою заслінки. Така конструкція дозволяє змінювати пропускну здатність живильника не лише шляхом коригування швидкості переміщення тягового елемента, але й за рахунок параметрів самого потоку продукції. Це забезпечує більш точне дозування, стабільність роботи до різних умов подачі матеріалу.

Розрахунковий лінійний розмір R_K отвору вихідного каналу бункера визначається із залежності:

$$R_K = \frac{(B_0 - a) \cdot (\delta_0 - a)}{2 \cdot (B_0 + \delta_0 - 2 \cdot a)}$$

де $a = 0,0005$ - найбільший лінійний розмір твердої частинки продукції

$B_0 = 0,25$ м – довжина

$\delta_0 = 0,36$ м - ширина

$$R_K = \frac{(0,36 - 0,0005) \cdot (0,255 - 0,0005)}{2 \cdot (0,36 + 0,255 - 2 \cdot 0,0005)} = 0,074 \text{ м}$$

Переміщення продукції від бункера до зважувальної ємності дозатора характеризується інтенсивністю подачі P .

$$P = B \cdot \delta \cdot \rho \cdot v_k$$

де $B = 0,36$ м - ширина вантажонесучого елемента живильника;

$\delta = 0,02$ - товщина шару продукції:

v_k - швидкість переміщення продукції живильником.

$$P = 0,36 \cdot 0,02 \cdot 800 \cdot 1,88 = 10,85$$

Для забезпечення високої точності дозування необхідно досягти стабільності подачі сипкої продукції. Це конструктивно реалізується застосуванням у живильниках вантажонесучих елементів вібраційного типу з багатоступінчастою системою (дві або три ступені). Така система дозволяє регулювати інтенсивність подачі матеріалу на різних етапах дозування – від грубого до точного. В цьому випадку швидкість переміщення продукції v_k можна визначити:

$$v_k = (K_1 \pm K_2 \cdot \sin \alpha) \cdot A \cdot \omega \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{K_p^2} \cdot \cos \beta}$$

$$v_k = (0,5 \pm 2,0 \cdot \sin 10) \cdot 0,01 \cdot 120 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{5,34^2} \cdot \cos 70} = 1,88 \text{ м/с}$$

де $K_1=0,5$ і $K_2=2,0$ - емпіричні коефіцієнти, що залежать від фізико-механічних і реологічних характеристик продукції, приймаються за таблицями;

$A=0,01$ - амплітуда і $\omega=120$ - частота коливання елемента;

$\alpha=10^\circ$ - кут нахилу вантажонесучого органу до горизонту;

$\beta=70^\circ$ - кут між вектором прикладання силового імпульсу до продукції і горизонтом;

$K_p=5,34$ - коефіцієнт режиму роботи вантажонесучого органу. Значення безрозмірного коефіцієнта K_p визначається залежністю:

$$K_p = \frac{A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\beta - \alpha)}{g \cdot \cos \alpha}$$

$$K_p = \frac{0,01 \cdot 120^2 \cdot \sin(70 - 10)}{9,8 \cdot \cos 10} = 5,34$$

Аналізуючи формулу, приходимо до висновку, що змінювати інтенсивність потоку продукції P можна за рахунок зміни або геометричних параметрів B і δ , або кінематичних – v_k і K_p .

Інтенсивність подачі продукції до зважувальної ємності є ключовим параметром дозування. Вага продукту, який надходить у зважувальну ємність, реєструється датчиком і контролюється системою керування дозатором. При досягненні дози, система автоматично зупиняє рух вантажонесучого елемента живильника, відсікаючи порцію продукції від суцільного потоку.

У процесі формування дози датчик ваги сприймає навантаження двох складових: постійну вагу самої зважувальної ємності та змінну вагу продукції, яка поступово надходить у ємність. Такий принцип роботи забезпечує точність дозування і стабільність функціонування фасувального автомату, оскільки система керування реагує на зміну маси в реальному часі та синхронізує роботу живильника з процесом пакування. Повне зусилля що діє на датчик визначиться виразом (рис. 3.8):

$$F_\Sigma = F_c + F_D \quad (3.9)$$

$$F_{\Sigma} = 5 + 7,41 = 12,41H$$

де $F_c = 5$ Н- статичне навантаження на датчик від ваги мірної ємності;

F_D - повне динамічне навантаження від продукції в ємності.

Контроль набору дози у вагових дозаторах фактично зводиться до визначення повного динамічного навантаження, яке діє на вимірювальний датчик. Це навантаження складається з двох складових: значення ваги продукції, що знаходиться в ємності, і динамічного зусилля від тиску потоку продукції, яка переміщається в ємності:

$$F_D = m_t \cdot g + F_t \quad (3.10)$$

$$F_D = 0,756 \cdot 9,8 + 0,101 = 7,41H,$$

де m_t - миттєве значення маси продукції в ємності, $0 \leq m_t \leq m_k$;

$m_k=1$ - задана маса дози;

F_t - динамічне зусилля від тиску продукції, що переміщається.

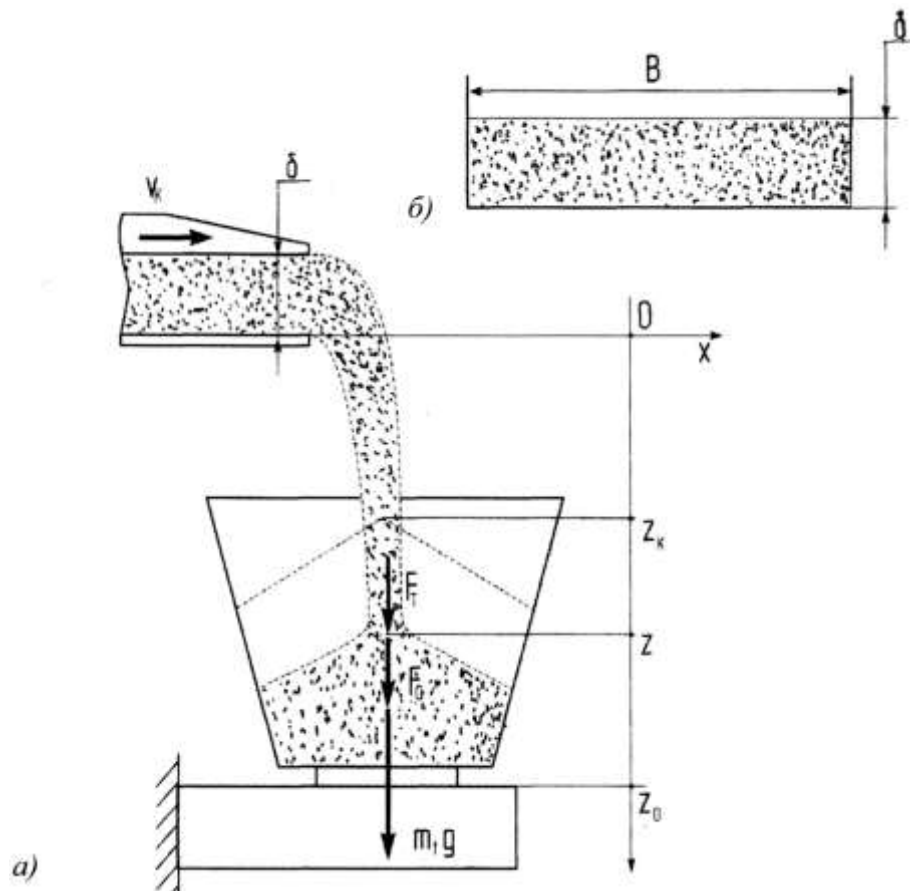


Рисунок 3.8 – Схема навантаження датчика контролю ваги: а) загальний вигляд схеми зважування; б) поперечний переріз потоку продукції, що подається живильником.

Величина динамічного зусилля визначиться за формулою:

$$F_t = p \cdot v_g = B \cdot \delta \cdot \rho \cdot v_k \cdot C_p \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(z + \frac{\delta}{2} \right)}$$

$$F_t = p \cdot v_g = 0,36 \cdot 0,2 \cdot 800 \cdot 1,88 \cdot 0,06 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot \left(0,008 + \frac{0,2}{2} \right)} = 0,101H$$

де $v_B = 0,0035$ м/с- середня миттєва швидкість падіння потоку продукції в момент його контакту з поверхнею масиву продукції, що знаходиться у зважувальній ємності;

$z = 0,06$ м- поточне значення координати точки контакту по осі OZ;

$C_p = 0,008$ - аеродинамічний коефіцієнт опору повітря потоку продукції, що переміщається.

Миттєве значення величини маси продукції в ємності визначиться:

$$m_t = p \cdot t = B \cdot \delta \cdot \rho \cdot v_k \cdot t,$$

$$m_t = p \cdot t = 0,36 \cdot 0,2 \cdot 800 \cdot 1,88 \cdot 1 = 0,756 \text{ кг},$$

де $t = 1$ с- поточне значення часу формування дози, $0 \leq t \leq t_k$

$t_k = 2,4$ с - тривалість формування дози, $t_k = T = 2,4$ с

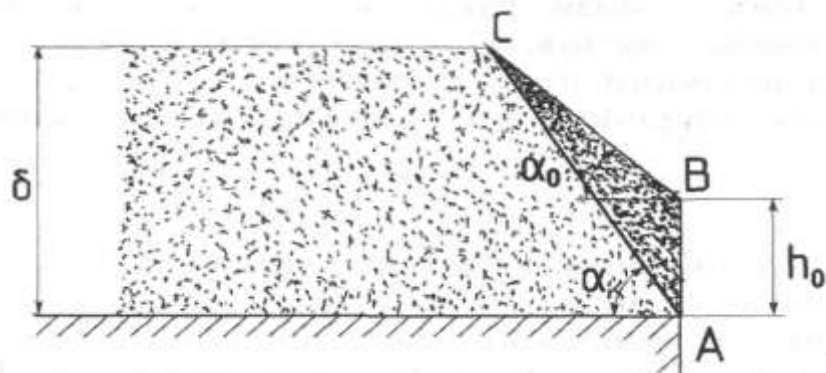


Рисунок 3.9 – Схема межового обвалювання Δm_{\min} продукції з несучої поверхні живильника

Мінімальна маса продукції, що обвалюється з несучого елемента живильника, визначається розмірами межового ΔABC і дорівнює:

$$\Delta m_{\min} = \frac{B \cdot \delta \cdot h_0 \cdot \rho}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_k}$$

$$\Delta m_{\min} = \frac{0,36 \cdot 0,255 \cdot 0,0000357 \cdot 800}{2 \cdot \operatorname{tg} 50} = 0,0037 \text{ кг}$$

де $h_0 = 0,008 \text{ м}$ - висота вертикальної стінки вільно розташованої продукції на несучій поверхні в момент зупинки живильника;

$\alpha_k = 50^\circ$ - динамічний кут природного відкосу продукції.

Висота вертикальної стінки h_0 визначиться виразом:

$$h_0 = \frac{2 \cdot \tau_0}{\rho \cdot g} \cdot \frac{\cos \alpha_0}{1 - \sin \alpha_0}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot 0,05}{800 \cdot 9,8} \cdot \frac{\cos 70}{1 - \sin 70} = 0,000035 \text{ м}$$

де $\alpha_0 = 70^\circ$ - статичний кут природного відкосу продукції.

Швидкість переміщення продукції живильником, за якої забезпечується найвища точність дозування:

$$v_k = \frac{h_0}{2 \cdot C_p \cdot \sqrt{2g \left(z + \frac{\delta}{2} \right)} \cdot \operatorname{tg} \alpha_k}$$

$$v_k = \frac{0,0000357}{2 \cdot 0,06 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot \left(0,008 + \frac{0,255}{2} \right)} \cdot \operatorname{tg} 50} = 0,0005 \text{ м/с}$$

Останнім етапом технологічної операції дозування є розвантаження зважувальної ємності. У цей момент відкриваються заслінки її дна, що забезпечує вихід відміряної порції продукту. Переміщення сипкого матеріалу відбувається переважно під дією сили тяжіння по похилій поверхні, при цьому продукт долає сили опору тертя, які виникають з боку бічних стінок ємності. Такий принцип розвантаження є простим і надійним, оскільки не потребує додаткових механічних зусиль, а ефективність процесу визначається конструкцією заслінок, геометрією ємності та властивостями сипкого матеріалу.

Цей етап завершує цикл дозування, забезпечуючи подачу точно відміряної дози у пакувальний матеріал або на наступну технологічну операцію.

Швидкість v_p переміщення продукції визначиться виразом:

$$v_p = \sqrt{2 \cdot g \cdot l \cdot \left[\sin \varphi - f_1 \cdot \cos \varphi \cdot \left(1 + \frac{n \cdot h_c}{b} \right) \right]}$$

$$v_p = \sqrt{2 \cdot 9.8 \cdot 0.15 \cdot \left[\sin 70 - 0.85 \cdot \cos 70 \cdot \left(1 + \frac{0.7 \cdot 0.05}{0.36} \right) \right]} = 0.423 \text{ м/с},$$

де $l = 0.05 \text{ м}$ - довжина похилих площин ємності;

$\varphi = 70^\circ$ - кут нахилу бічних поверхонь ємності до горизонту;

$h_c = 0.05 \text{ м}$ - висота шару продукції біля бічних стінок ємності;

$n = 0.7$ - коефіцієнт тиску продукції на бічні стінки;

$b = 0.36 \text{ м}$ - відстань між бічними стінками;

$f_1 = 0.085$ - коефіцієнт тертя продукції по несучим поверхням і бічним стінкам ємності.

Складовими частинами дозуючого пристрою, що автоматизується, являється: кроковий електродвигун, електродвигуни вібраторів, електродвигун конвеєрного транспортера, автоматичний вимикач, магнітні пускачі, теплові реле захисту, трансформатор кола керування, кнопочні станції, сигнальні лампи. Дані складових елементів вибираються з довідника за даними характеристиками дозатора. Характеристики двигунів задані заводом-виробником обладнання цього технологічного процесу, а саме:

Електродвигун – дозатора, $P_n = 2.2 \text{ кВт}$, 750 об/хв. , $\text{ККД} = 0.825$.

Електродвигун – вібратора 1, $P_n = 0.8 \text{ кВт}$, 750 об/хв.

Електродвигун – вібратора 2, $P_n = 1.1 \text{ кВт}$, 750 об/хв.

Електродвигун – конвеєрної лінії, $P_n = 0.8 \text{ кВт}$, 750 об/хв.

Автоматичний вимикач АЕ-2046 380-440В, 50 Гц $I_n = 12.5 \text{ А}$, струм відсікання $I_b = 14 \text{ А}$. Вмикає живлення в силове коло і коло керування. Здійснює захист електрообладнання від пере навантажень та струмів короткого замикання.

Магнітний пускач призначений для дистанційного пуску двигуна дозатора; ПМЕ-111, $U=380$ В, $I_H=5,6$ А без теплового реле, захищає двигун при пониженні напруги в мережі.

Магнітний пускач призначений для дистанційного пуску двигунів ПМЕ-042, $U=380$ В, $I_H=5$ А, з тепловим реле ТРН, захищає двигуни при пониженні напруги в мережі.

Теплове реле - ТРН-25, $I_H=25$ А, захищає двигун дозатора від перенавантажень.

Теплове реле – ТРН-10, $I_H=10$ (А), захищає двигуни від перевантажень.

Трансформатор ТБФ-0,16, $U_1=380-400$ В, 50 Гц, $U_2=110$ В. Забезпечує коло керування живленням змінним струмом, напругою 110В, 50 Гц.

Кнопки пуску КНП-КЕ-031-250 В

Для розрахунку електрохарактеристики автоматизуючих пристроїв, необхідно знайти номінальні та пускові сили струму електродвигунів.

Визначаємо номінальні струми електродвигунів, для цього скористаємось формулою:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \times U \cos \varphi \times \eta}$$

$$I_{HД} = \frac{2,2 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,825 \times 0,83} = 4,88(A)$$

$$I_{HВ1} = \frac{0,8 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,745 \times 0,78} = 2,09(A)$$

$$I_{HВ2} = \frac{1,1 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,78 \times 0,8} = 2,68(A)$$

де: $P_H=2200$ Вт – номінальна потужність двигуна;

$U=380$ В – напруга;

$\eta =0,83$ – ККД;

$P_H=0,8$ кВт – номінальна потужність двигуна;

$\eta_1=0,745$ – ККД двигунів;

$\eta =0,78$ – ККД двигуна.

Визначаємо відповідно пускові струми електродвигунів. З каталогових даних відомо, що для цих марок асинхронних двигунів відношення: $I_n = I_{ном} = 7$, звідси впливає формула: $I_n = 7 \times I_n$; $I_{nД} = 7 \times 4.88 = 34.16$ (А); $I_{nВ1} = 7 \times 2.09 = 14.63$ (А); $I_{nВ2} = 7 \times 2.68 = 18.76$ (А);

де: $I_n = (34.16; 14.63; 18.76)$ – пускові струми двигунів;

$I_n = (4.88; 2.09; 2.68)$ – номінальні струми двигунів.

Визначаємо номінальні струми плавких запобіжників для захисту двигунів:

$$I_{зап} = \frac{I_n}{2.5};$$

$$I_{ЗАПД} = \frac{34.16}{2.5} = 13.66(A), I_{ЗАПВ1} = \frac{14.63}{2.5} = 5.85(A), I_{ЗАПВ2} = \frac{18.76}{2.5} = 7.5(A)$$

де: I_n - пускові струми двигунів;

$I_{зап}$ - номінальні струми плавних запобіжників.

Визначаємо струм плавких вставок для захисту живильного кабелю:

$$I_{зап.к} = \frac{1}{2.5} \times I_{n_{max}} + \sum_1^n I_n;$$

$$I_{зап.к} = \frac{1}{2.5} \times 34.16 + 4.88 + 2.09 + 2.68 + 2.09 = 25.4(A)$$

Таким чином для захисту живильного кабелю необхідно взяти плавкий запобіжник на номінальний струм $I_{за} = 25.4(A)$. У випадку відсутності стандартних плавких вставок підбираємо діаметр мідного дроту плавкої вставки по струму плавлення:

$$I_{пл} = (1.25 \div 1.3) I_{зап} = 1.3 \times 25.4 = 33.06 (A)$$

Із довідкових таблиць вибираємо мідний дріт діаметром 0,6 мм на струм плавлення 38 А.

Виходячи з розрахунків приведених вище вибираємо автоматичний вимикач та електропроводку увімкнення електричних двигунів. Згідно правил експлуатації і нормального функціонування електроустановки не може виникати довготривале пере навантаження. Тому вимоги ПЕЕ можна виразити наступним чином:

$$\frac{I_{н.роз.}}{I_{н.доп.Пр}} \leq 1; \text{ або } I_{н.доп.Пр} \geq I_{н.роз.}$$

де: $I_{н.роз.}$ – номінальний струм розчеплювача автомата;

$I_{н.доп.Пр}$ – довготривалий допустимий струм навантаження провідника.

Очевидно, ці дві величини струмів повинні бути рівними або більшими від номінального струму електродвигуна.

Звідси вираз набуває такого вигляду:

$$I_{н.доп.Пр} \geq I_{н.розщ.} \geq I_{н.ел.д.} \quad (3.23)$$

де: $I_{н.ел.д.}$ – номінальний струм електродвигуна.

Як відомо із вище проведених розрахунків, найбільший номінальний струм на двигуні. Із каталогу вибираємо автоматичний вимикач (АЕ-2046, $I_{н.рощ}=12,5$ (А)); провід АПВ 4×2,

Із співвідношення $I_{н.доп.Пр} \geq I_{н.розщ.} \geq I_{н.д.}$ видно, що $15 > 12,5 > 5$ (А), тобто, нерівність дійсна, відповідно електричний двигун і електропровода захищені.

Перевіримо чи не спрацює автомат при пуску електродвигуна.

Як відомо, практичний термін пуску асинхронних двигунів, з нормальним пуском, складає не менше 2 с.

В відповідності до (А) – секундної (часово-струмової) характеристики автоматичного вимикача АЕ 2046 з комбінованим розщеплювачем кратність відношення пускового струму двигуна до струму розщеплювача складає $K_a = 3,5$.

В нашому випадку:

$$K_p = \frac{I_n}{I_{н.розщ.}} = \frac{34,2}{12,5} = 2,7; \quad (3.24)$$

Як бачимо ($K_a > K_p$) кратність автомата більша від розрахункової, тому автомат не спрацює при пуску двигуна.

Для дистанційного ввімкнення електричних двигунів використовуємо магнітні пускачі: для електродвигуна Д₁ – ПМЕ – 111, $I_n = 10$ А;

і теплове реле ТРН – 25, $I_n = 25$ А;

для електродвигунів Д₂, Д₃, Д₄, - ПМЕ – 042,

$I_n = 5$ (А) з тепловим реле ТРН – 10, $I_n = 10$ (А).

РОЗДІЛ 4

ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

4.1 Монтаж, ремонт і умови експлуатації машини, особливості експлуатації модернізованого вузла

Автоматичні системи контролю та регулювання у фасувальному обладнанні формуються як універсальні взаємозамінні або комплектні пристрої. Вони складаються з трьох основних ланок: датчика, проміжного перетворювача та вторинного приладу. Датчик виконує функцію перетворення вимірюваної величини у сигнал, придатний для дистанційної передачі та подальшої обробки. Проміжний перетворювач узгоджує вихід датчика з входом вторинного приладу за видом і рівнем сигналів, а також може виконувати додаткові функції – корекцію, фільтрацію перешкод, формування сигналів за заданими законами та проведення розрахунків. Вторинний прилад перетворює інформацію у форму, зручну для сприйняття оператором, виконуючи функції індикації, реєстрації, інтегрування, сигналізації, регулювання та перетворення сигналів.

Система регулювання включає датчик, регулятор, виконавчий механізм та допоміжні пристрої. Регулятор може мати пости дистанційного керування, індикатори регулюючої величини та помилки, а також давачі. У складі системи застосовуються вторинні вимірювальні прилади з вбудованими регуляторами або функціями давача.

Монтаж приладів залежить від їх призначення та конструктивного виконання. Вони встановлюються на щитах, пультах, технологічному обладнанні чи комунікаціях. Прилади, що не є конструктивними елементами фасувального обладнання, монтують після завершення його встановлення, але місця для їх монтажу повинні бути передбачені заздалегідь. Монтаж допускається лише у приміщеннях, де забезпечено безпечні умови роботи та захист від опадів, низьких температур, пари агресивних речовин і механічних пошкоджень.

Прийом у монтаж включає зовнішній огляд і лабораторні випробування. При огляді перевіряють відповідність технічних характеристик проектній документації, наявність гарантійних тавр, паспортів, інструкцій, запасних частин та цілісність корпусів. Випробування проводять для підтвердження відповідності паспортним даним: перевіряють вихідні сигнали, опір ізоляції, герметичність, точність показів та роботу регулюючої частини. Прилади з дефектами до монтажу не допускаються.

Після прийняття прилади встановлюють на місце експлуатації відповідно до проекту, забезпечуючи точність вимірювання, доступність для обслуговування та наладки, а також зручність огляду. До встановлених приладів підключають живлення, пневматичні та гідравлічні лінії. Повністю змонтовані системи проходять випробування та наладку, після чого здаються в експлуатацію.

Схеми зовнішніх електричних і трубних провідок відображають склад вимірювальних комплектів, їх взаємне розташування та способи з'єднання. На схемах позначають відбірні пристрої, запірну арматуру, марку кабелів і труб, їх переріз, матеріал та протяжність. Кабелі маркуються номерами жил, які зберігаються на всіх з'єднаннях від первинного пристрою до щита. Нумерація труб відрізняється від кабельної тим, що перед цифрою ставиться «0». Схеми виконуються без масштабу, але з повним зазначенням характеристик кабельних і трубних ліній, що виключає дублювання номерів у межах одного проекту.

Умови експлуатації та діагностика можливих неполадок БКВД «Дискрет-46». Умови експлуатації:

Температура навколишнього середовища: від +5 до +40 °С

Відносна вологість повітря: 40–80% при +25 °С

Атмосферний тиск: 83,5–106 кПа (630–800 мм рт. ст.)

Типові неполадки та методи їх усунення:

1. Відсутність індикації при включенні живлення. Перевірити зовнішні кола підключення живлення та елементи комутації.

2. Повідомлення на дисплеї при тестуванні вузлів. «Uc180b» – напруга мережі нижче 180 В.

Перевірити напругу мережі. Якщо вона в межах 190–240 В, несправність внутрішня, потрібен ремонт виробником.

«---- 01», «---- 02», «---- 04», «---- 08», «---- 10», «---- 20» – залипання клавіш («ПУСК», «ВЕС», «СТОП», «ПАМ'ЯТЬ/КАЛІБР», «РЕЖИМ», «РОЗВАНТАЖЕННЯ»).

Причина: механічне ушкодження панелі або дефект клавіші. Якщо повернути клавішу у вихідне положення неможливо – потрібна заміна виробником.

«---- 40», «---- 80» – активний сигнал у ланцюгах зовнішніх кнопок «ПУСК» або «СТОП».

Причина: помилки монтажу або несправність кнопок.

«Р-ВАНТАЖ» – активний сигнал на вході «РОЗВАНТАЖЕННЯ».

Можлива несправність у ланцюзі розвантажувальної педалі або подачі зовнішнього сигналу.

«ПЗУ», «ОЗУ» – несправність пам'яті програми або оперативного запам'ятовуючого пристрою мікроконтролера.

Вимагає ремонту виробником.

3. Калібрування нуля шкали. Тривалість калібрування – близько 60 с.

Якщо після цього показання дисплея змінюються довільно – обрив сигнальних ланцюгів тензометричного датчика або його відсутність.

4. Короткочасні повідомлення «Uc180b» під час роботи. Викликані мережевими перешкодами (провали напруги нижче 180 В).

Джерела: електродвигуни, контактори тощо.

Усунення: визначити джерело перешкоди та придушити її безпосередньо, або підключити БКВД через зовнішній мережевий фільтр.

5. Індикатор «перевага». Може короткочасно вмикатися під час роботи.

Як правило, не призводить до порушення функціонування БКВД.

Таблиця 4.1 – Параметри для програмування додаткових функцій в початковому положенні

№ з/п	Назва параметра	Позначення	Одиниця виміру	Діапазон даних
1	Вага	b.990	г	Від 0 до 2000
2	Вага грубого дозування	b.920	г	Від 0 до 2000
3	Вага контрольної перевірки ковша	b.п.	г	Від 0 до 200,0
4	Потужність (енергія) вібратора 1. В режимі точного дозування	40	кВт	Від 0 до 100
8	Поправка компенсації кінетичної енергії в режимі точного дозування	п	г	Від 0 до 200,0
9	Позитивний допуск	d	г	Від 0 до 200,0
10	Негативний допуск	-d	г	Від 0 до 200,0
11	Час стабілізування ваги перед контрольним вимірюванням	с. b.	С	Від 0 до 10,0
12	Час стабілізування ковша після розвантаження	с. Р.	С	Від 0 до 10,0
13	Час стабілізування пристрою перекриття потоку	с. п. п.	с	Від 0 до 10,0
14	Час розгрузки ковша (для кроковогодвигуна)	Р.	с	Від 0 до 10,0
15	Час прямого ходу приводу розвантажувального пристрою (для інших приводів)	Р. П.	с	Від 0 до 10,0
16	Кут повертання вала приводу розгрузочного пристрою (для крокового двигуна)	У. п.	-	Від 0 до 125
17	Час зворотнього ходу приводу розвантажувального пристрою (для інших приводів)	Р. о.	с	Від 0 до 10,0
18	Коефіцієнт, визначаючий час відкриття ковша (для крокового двигуна)	В. о.	-	Від 0 до 20
19	Період включення автоматичної калібровки нуля шкали (період установки нуля)	п. У.	-	Від 0 до 2000

4.2 Розрахунок кількості обслуговуючого персоналу

Визначимо кількість персоналу, яка необхідна для обслуговування лінії:

Обслуговування пакувальної машини здійснюється на двох рівнях.

Перший рівень складають наладчики та оператори (не нижче 3-го розряду).

Другий рівень утворюють слюсарі-ремонтники та електрики.

Функції, які виконуються цими працівниками, наведені в таблиці.

Таблиця 4.2 – Розподіл функцій обслуговуючого персоналу

Персонал		Функції обслуговування		Загальна кількість робочих
		Основні	Додаткові	
I-й рівень	Оператор технологічного обладнання	Технічна підготовка до пуску. Виконання неавтоматизованих операцій.	Участь у наладці та регулюванні обладнання. Контроль	1
	Майстер верстатів і маніпуляторів з програмним керуванням	Технічна підготовка до пуску. ТО. Спостереження за працюючою лінією. Відновлення роботи. Реєстрація відмов	Участь у ремонті обладнання, контролі виробів, перепровірці бракованих виробів	1
II-й рівень	Слюсар-ремонтник	Виконання планового ТО і позапланових ремонтів. Регістр ремонтних робіт. Періодичний огляд обладнання. Пошук з оператором і налагоджувальником дефектів.	Участь у планових ремонтах обладнання	1
	Налагоджувальник-електрик	Спостереження за станом електрообладнання і за дотримання правил його експлуатації. Усунення відмов електрообладнання. Інструктаж по ТБ. Регістр відмов і основних робіт з ТО електрообладнання.	Участь в планових ремонтах електрообладнання і наладці систем керування машинами	1

4.3 Розрахунок матеріальних потоків

Для живлення енергоспоживачів в даній атестаційній роботі магістра використовується змінний струм 50Гц, напругою 380-220В. Трьохфазним струмом напругою 380В частотою 50Гц живляться: двигун дозатора, $P_n = 2,2\text{кВт}$, $\eta = 0,825$; двигун пакувальної машини, $P_n = 0,8\text{кВт}$, $\eta = 0,745$; двигун конвеєра, $P_n = 1,1\text{кВт}$; $\eta = 0,78$; змінним струмом напругою 220В, частотою 50Гц живиться двигун вібратора, $P_n = 0,56\text{кВт}$, $\eta = 0,82$. Живлення системи освітлення змінним струмом частотою 50Гц, напругою 220В.

Проведемо розрахунки витрат електроенергії на один технологічний цикл:

$$W = P_n \times t / \eta \times \eta_1, \text{ звідки (4.1.)}$$

$$W_1 = \frac{2,2 \times 2}{0,825 \times 0,95} = 5,6 \text{ (кВт/год)}$$

$$W_2 = \frac{0,8 \times 48}{0,745 \times 0,95} = 54,3 \text{ (кВт/год)}$$

$$W_3 = \frac{1,1 \times 12}{0,78 \times 0,95} = 17,8 \text{ (кВт/год)}$$

$$W_4 = \frac{0,56 \times 12 \times 0,7}{0,82 \times 0,95} = 6,04 \text{ (кВт/год)},$$

де: P_n – номінальна потужність двигуна (кВт),

t – фактичний час роботи електродвигуна (год),

η – коефіцієнт корисної дії двигуна,

η_1 – коефіцієнт корисної дії електромережі.

Загальні витрати електричної енергії на один цикл складає:

$$W_{\text{цикл}} = \sum_1^5 W_n, \text{ (кВт/год), звідки (4.2.)}$$

$$W_{\text{цикл}} = 54,3 + 17,8 + 5,6 + 6,04 = 83,73 \text{ (кВт/год)}.$$

Затрати електроенергії на освітлення приміщення визначається за формулою:

$$W_{\text{ос}} = K_e \times P \times t \times S \times 10^{-3};$$

$$W_{\text{ос}} = 0,8 \times 15 \times 6,2 \times 72 \times 10^{-3} = 54 \text{ (кВт/год)},$$

де: $K_e = 0,8$ – коефіцієнт освітлення

t – час освітлення, год.;

S – площа приміщення ($S=72\text{м}^2$);

P – потужність ламп ($P=15\text{Вт/м}^2$).

Для визначення загальних витрат використовуємо формулу:

$$W_{\text{заг}} = W_{\text{заг}} + W_{\text{ос}} \text{ (кВт/год.)}$$

$$W_{\text{заг}} = 83,73 + 54 = 137,73 \text{ (кВт/год.)}$$

За рік виконується 1100 циклів,

$$W_p = 137,73 \times 1100 = 151503 \text{ (кВт/год.)}$$

4.4 Розрахунок періодичності поповнення запасів матеріалів

Періодичність поповнення бункера для даного продукту визначається як:

$$n = \frac{V}{Q_u \cdot e} = \frac{M}{Q_w \cdot m}, \text{ де} \quad (4.3.)$$

$Q_u = 747$ - продуктивність машини, упаковок за годину;

$V = 0,06 \text{ м}^3$ – ємність резервуару;

$M = 62 \text{ кг}$ – маса матеріалу в резервуарі, кг;

$e = 0,001$ – розхід об'єму матеріалу на одну упаковку, м^3 ;

$m = 0,02$ – розхід маси матеріалу на одну упаковку, кг.

$$n = \frac{62}{747 \cdot 0,02} = 3,14 \text{ год.}$$

Таким чином бункер потрібно поповнювати кожні 4,14 год.

Періодичність заміни рулонних матеріалів

Визначимо періодичність заміни рулону плівки, що використовується для формування пакета. Рулон поліпропіленової плівки шириною 270 мм і товщиною 30 мкм намотаний на гільзу діаметром 70 мм і має зовнішній діаметр намотки 350 мм.

Визначаємо спочатку довжину плівки в рулоні за формулою:

$$L = 2 \cdot \pi \cdot R_m \cdot n, \quad (4.4.)$$

де n – кількість шарів плівки в рулоні

R_m – середній радіус рулона, мм.

Середній радіус рулона можна визначити за формулою:

$$R_m = \frac{R + r}{2} = \frac{350 + 70}{2} = 210 \text{ мм}, (4.5.)$$

де R – зовнішній радіус рулону ,

r – радіус гільзи.

Кількість шарів плівки в рулоні визначиться, як

$$n = \frac{R - r}{h} = \frac{0.5 \cdot (350 - 70)}{0,03} = 4666, (4.6)$$

де $h = 0,03$ мм – товщина плівки.

Довжина плівки в рулоні:

$$L = 2 \cdot \pi \cdot R_m \cdot n = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,210 \cdot 4666 = 6153,5 \text{ м}$$

Швидкість використання плівки буде становити:

$$v = Q_u \cdot l, (4.7.)$$

де Q_u – теоретична продуктивність машини

l – довжина плівки необхідна для утворення одного пакету.

Пакувальна машина має продуктивність 747 пак./год ; довжина одного пакета складає 275 мм. Тоді швидкість розмотування рулону визначиться за формулою:

$$v = Q_u \cdot l = 747 \cdot 0,275 = 205,4 \text{ м/год}$$

Тривалість використання одного рулону складає:

$$T_{\text{ЗАМ}} = \frac{L}{v} = \frac{6153.5}{205.4} = 29.9 \text{ год.} (4.8.)$$

Кількість пакетів N з одного рулону :

$$N = \frac{L}{l} = \frac{6153.6}{0,275} = 22376 \text{ пакетів.} (4.9)$$

Отже, заміну рулону потрібно проводити кожні 29,9 години роботи машини.

РОЗДІЛ 5

РОЗРОБКА ТРАНСПОРТНО- СКЛАДСЬКОЇ СИСТЕМИ ДІЛЬНИЦІ

Описана дільниця являє собою комплексну систему фасування та пакування цукру, що включає кілька взаємопов'язаних складів і технологічних вузлів.

Структура дільниці:

Склад I – приймання напівфабрикату (цукор у мішках).

Склад II – зберігання плівки для споживчої упаковки.

Склад III – зберігання плівки для групової упаковки.

Склад IV – зберігання плівки для транспортної упаковки.

Склад V – зберігання палетів.

Склад VI – готова продукція.

Дільниця VII – фасувально-пакувальний автомат.

Логістика та технологічні операції. Подача напівфабрикату: цукор у мішках надходить на склад I, звідки транспортером подається до фасувально-пакувального автомату дільниці VII.

Подача пакувальних матеріалів:

зі складу II електрокар доставляє рулони плівки до фасувального автомату;

зі складу III – до термоусадочної машини;

зі складу IV – до палетайзера.

до другого термоусадочного автомату рулон плівки після доставки електрокаром подається підвісним транспортером.

Подача палет: зі складу V піддони електрокаром переміщуються до місця укладання транспортної упаковки.

Формування транспортної упаковки: палета з готовою продукцією обгортається стреч-плівкою на палетайзері.

Відправка готової продукції: транспортна упаковка масою 528,2 кг електрокаром доставляється до складу VI, звідки продукція відправляється на реалізацію.

Система побудована за принципом послідовної інтеграції складів і автоматів, де кожен елемент виконує свою функцію: від приймання напівфабрикату до формування готової транспортної упаковки. Така організація забезпечує безперервність виробничого процесу, оптимальну логістику та високу продуктивність.

Площа складів, необхідна для функціонування даного виробництва можна розрахувати за формулою:

$$S_{ck} = \frac{m_z \cdot t}{D \cdot g_1 \cdot K_B},$$

де S_{ck} – площа складу;

m_z – маса тари, напівфабрикату і готової продукції, що проходить через це на протязі року, (т);

t – нормативний час збереження вантажів на складі;

g_1 – середня вантажонапруженість площі складу, (т/м²);

D – число календарних днів в році (365);

K_B - коефіцієнт використання площі, враховує наявність переходів для транспортних засобів і площадок прийому комплектації вантажів.

Площа складу напівфабрикату:

$$S_{ck} = \frac{14000 \cdot 7}{365 \cdot 1.2 \cdot 0.85} \approx 260 \text{ м}^2$$

Площа складу плівки для споживчої упаковки:

$$S_{ck} = \frac{112 \cdot 14}{365 \cdot 1.2 \cdot 0.6} \approx 20 \text{ м}^2$$

Площа складу термоусадочної плівки

$$S_{ck} = \frac{315 \cdot 7}{365 \cdot 1.2 \cdot 0.6} \approx 9 \text{ м}^2$$

Площа складу для стреч-плівки

$$S_{ck} = \frac{33.6 \cdot 14}{365 \cdot 1.2 \cdot 0.85} \approx 1.5 \text{ м}^2$$

Площа складу паллетів

$$S_{ck} = \frac{420 \cdot 14}{365 \cdot 1.2 \cdot 0.85} \approx 15. \text{м}^2$$

Площа складу готової продукції

$$S_{ck} = \frac{14880.6 \cdot 7}{365 \cdot 1.2 \cdot 0.6} \approx 400. \text{м}^2$$

Для живлення енергоспоживачів в даному проекті використовується змінний струм 50Гц, напругою 380-220В. Трьохфазним струмом напругою 380В частотою 50Гц живляться: двигун дозатора, $P_n = 2,2 \text{кВт}$, $\eta = 0,825$; двигун пакувальної машини, $P_n = 0,8 \text{кВт}$, $\eta = 0,745$; двигун конвеєра, $P_n = 1,1 \text{кВт}$; $\eta = 0,78$; змінним струмом напругою 220В, частотою 50Гц живиться двигун вібратора, $P_n = 0,56 \text{кВт}$, $\eta = 0,82$. Живлення системи освітлення змінним струмом частотою 50Гц, напругою 220В.

Проведемо розрахунки витрат електроенергії на один технологічний цикл:

$$W = P_n \times t / \eta \times \eta_1, \text{ звідки}$$

$$W_1 = \frac{2,2 \times 2}{0,825 \times 0,95} = 5,6 \text{ (кВт/год)}$$

$$W_2 = \frac{0,8 \times 48}{0,745 \times 0,95} = 54,3 \text{ (кВт/год)}$$

$$W_3 = \frac{1,1 \times 12}{0,78 \times 0,95} = 17,8 \text{ (кВт/год)}$$

$$W_4 = \frac{0,56 \times 12 \times 0,7}{0,82 \times 0,95} = 6,04 \text{ (кВт/год)},$$

де: P_n – номінальна потужність двигуна (кВт),

t – фактичний час роботи електродвигуна (год),

η – коефіцієнт корисної дії двигуна,

η_1 – коефіцієнт корисної дії електромережі.

Загальні витрати електричної енергії на один цикл складає:

$$W_{\text{цикл}} = \sum_1^5 W_n, \text{ (кВт/год)}, \text{ звідки} \quad (6.2.)$$

$$W_{\text{цикл}} = 54,3 + 17,8 + 5,6 + 6,04 = 83,73 \text{ (кВт/год)}.$$

Затрати електроенергії на освітлення приміщення визначається за формулою:

$$W_{oc} = K_e \times P \times t \times S \times 10^{-3};$$

$$W_{oc} = 0,8 \times 15 \times 6,2 \times 72 \times 10^{-3} = 54 \text{ (кВт/год)},$$

де: $K_e = 0,8$ – коефіцієнт освітлення

t – час освітлення, год.;

S – площа приміщення ($S = 72 \text{ м}^2$);

P – потужність ламп ($P = 15 \text{ Вт/м}^2$).

Для визначення загальних витрат використовуємо формулу:

$$W_{заг} = W_{заг} + W_{oc} \text{ (кВт/год.)}$$

$$W_{заг} = 83,73 + 54 = 137,73 \text{ (кВт/год.)}$$

За рік виконується 1100 циклів,

$$W_p = 137,73 \times 1100 = 151503 \text{ (кВт/год.)}$$

Періодичність поповнення бункера для даного продукту визначається

як:

$$n = \frac{V}{Q_u \cdot e} = \frac{M}{Q_w \cdot m},$$

де $Q_u = 747$ – продуктивність машини, упаковок за годину;

$V = 0,06 \text{ м}^3$ – ємність резервуару;

$M = 62 \text{ кг}$ – маса матеріалу в резервуарі, кг;

$e = 0,001$ – розхід об'єму матеріалу на одну упаковку, м^3 ;

$m = 0,02$ – розхід маси матеріалу на одну упаковку, кг.

$$n = \frac{62}{747 \cdot 0,02} = 3,14 \text{ год.}$$

Таким чином бункер потрібно поповнювати кожні 4,14 год.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У атестаційній роботі магістра на тему: «Вдосконалення автомату Ш25.1-АУА для фасування цукру-піску».

У технічній частині виконано аналіз вихідних даних, наведено опис фасувальних автоматів, визначено їх переваги та недоліки, а також сформульовано постановку задачі магістерської роботи.

У другому розділі здійснено вибір пакувального матеріалу для фасування цукру-піску, спроектовано споживчу та транспортну тару, розроблено технологічний процес і окремі операції пакування, визначено технологічні режими та проведено нормування операцій.

У конструкторській частині подано опис роботи технологічної лінії, виконано розрахунок її продуктивності, наведено електричну схему пакувальної машини та конструкцію основних вузлів. Проведено розрахунок виконавчих механізмів удосконаленої системи керування, зокрема фасувального автомата, до якого підключено блок керування ваговим дозатором «Дискрет-46» (БКВД). БКВД забезпечує регулювання безперервної подачі цукру в бункер фасувального пристрою за допомогою подаючого конвеєра, отримуючи сигнали від датчика рівня, встановленого у накопичувальному бункері, та здійснюючи керування електродвигуном конвеєра. Крім того, блок керування ваговим дозатором отримує дані від тензометричного датчика ваги, відповідно до яких керує електродвигунами вібраторів дозуючого пристрою, забезпечуючи точне фасування продукту згідно із заданою програмою та підтримуючи високу продуктивність роботи. Це підвищує коефіцієнт корисної дії робочої гілки та збільшує показники виробництва.

У експлуатаційній частині наведено вимоги до монтажу та ремонту обладнання, визначено умови його експлуатації. Виконано розрахунок кількості обслуговуючого персоналу, матеріальних потоків та періодичності поповнення запасів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизація виробництва в машинобудуванні. Частина II : навчальний посібник / Ю. І. Муляр, С. В. Репінський. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 123 с.
2. Іскович-Лотоцький, Р. Д. Обладнання автоматизованих виробництв. Частина 1. Верстати-автомати : навчальний посібник / Р. Д. Іскович-Лотоцький, О. Д. Манжілевський – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 91 с.
3. Проць Я.І. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. /Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Лящук – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. – 344 с.
4. Гідропневмоприводи та пристрої автоматики: Навчальний посібник / А. В. Люта, Є. Ф. Чекулаєв. – 2-е видання (перероблене). – Краматорськ: ДДМА, 2020. – 172 с
5. Abduganiyeva Yulduzoy Shakhabidinovna. (2022). AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES. European Journal of Humanities and Educational Advancements, 3(12), 130-131. Retrieved from <https://scholarzest.com/index.php/ejhea/article/view/3077>.
6. Davim J. P., Markopoulos A. P., Markopoulos A. Advanced Machining Processes: Innovative Modeling Techniques. Taylor & Francis Group, 2017. 327 с.
7. Кодра Ю. В., Стоцько З. А. Технологічні машини. Розрахунок і конструювання: навч. посіб.; за ред. З. А. Стоцька. – Львів: Бескид Біт, 2004. – 466 с.
8. Сирохман І.В. Товарознавство продовольчих товарів: підручник / І.В. Сирохман, І.М. Задорожній, П.Х. Пономарьов. - 4-е вид., переробл. і допов. К.: Лібра, 2017. 660 с.
9. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: Навч. посібник/ О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик, Ю.П. Рогач, М.М. Сердюк. – К.: Вища освіта. 2006. – 479 с.
10. Бровко О. Г. Товарознавство. Продовольчі товари: навчальний

посібник. – К.: Кондор, 2010. – 730 с

11. Шляхи вдосконалення автомату для фасування цукру-піску/ Левков В., Валецький Б. // Тези V студентської науково-технічної конференції факультету транспорту та механічної інженерії «Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії». Луцьк: ЛНТУ – 2025р.– С.184-187

12. Валецький Б.П. Автоматизовані розрахунки параметрів складів// Тези доповідей ІХ Міжнародної науково-практичної конференції з проблем вищої освіти і науки «Інформаційні технології в освіті, науці і виробництві (ІТОНВ-2023) 25-26 травня 2023 р. . Луцьк: відділ іміджу та промоції ЛНТУ, 2023. С.148-150.

13. Валецький Б.П. Механотроніка складу / Б.П. Валецький // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. – Випуск 66 . – Луцьк, 2019. – С.46-52.

14. Автоматизоване групове пакування / Б.П. Валецький // Тези доповідей ІV Всеукраїнської науково-технічної конференції «Актуальні проблеми конструювання, експлуатації та ремонту обладнання лісового комплексу» (16-17 листопада 2017 року). – Луцьк: інф. -вид. відділ Луцького НТУ, 2017. – с.7-9.

15. Bohdan Valetskyi, Mykola Tolstushko, Nataliya Tolstushko, Yurii Fedorus. RESEARCH ON OVERSIZED LOAD PACKAGING. 23 rd International Scientific Conference «ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT» Proceedings, Volume 23, May 22-24, 2024, pp.927-932/
<https://doi.org/10.22616/ERDev.2024.23.TF185>

16. Оптимізація характеристик автоматизованого керування процесом великогабаритного пакування / Б.П. Валецький, Т.І. Четвержук, Ю.В. Федорусь, С.П. Шимчук // Міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ». Луцьк, 2025, №81 с.87-91
<https://doi.org/10.36910/775.24153966.2025.81.13>.

ДОДАТКИ